

Министерство просвещения Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра энергетики и транспорта

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.02«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ»**

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Профиль программы «Цифровые технологии в электроэнергетике и транспорте (по элективным модулям\*)»

Автор(ы): ст. преп. В.В. Ипполитов

Одобрена на заседании кафедры энергетики и транспорта. Протокол от «25» января 2022 г. №6.

Рекомендована к использованию в образовательной деятельности научно-методической комиссией института ИПО РГППУ. Протокол от «26» января 2022 г. №6.

Екатеринбург  
2022

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Электрические и электронные аппараты»: обеспечение понимания студентами физических явлений и закономерностей, положенных в основу электрических и электронных аппаратов; изучение основных типов электронных и электрических аппаратов, их назначения и области применения.

Задачи:

- систематизировать и использовать знания, полученные студентами при изучении электротехнических дисциплин в приложении к актуальным практическим задачам современных электрических аппаратов;
- дать основные сведения по устройству и принципу действия различных аппаратов;
- выработать у студентов навыки творческого использования приобретенных знаний на практике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Электрические и электронные аппараты» относится к формируемой участниками образовательных отношений части учебного плана.

Для изучения учебной дисциплины необходимы знания, умения и владения, формируемые следующими дисциплинами:

1. Электроника.
2. Основы электрических измерений и цифровой измерительной техники.
3. Электротехническое и конструкционное материаловедение.

Перечень учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и владения, формируемые данной учебной дисциплиной:

1. Электроснабжение промышленных предприятий.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения.
3. Цифровые технологии автоматизации и управления в электроэнергетике.

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- ПКО-8 Способен выполнять деятельность и (или) демонстрировать элементы осваиваемой обучающимися деятельности, предусмотренной программой учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:



Знать:

31. Электрические аппараты: особенности конструкции, принцип работы, предельные параметры;

32. Типы дугогасительных устройств, особенности коммутационных процессов в электрических аппаратах;

33. Основные принципы построения систем управления на базе электрических и электронных аппаратов.

Уметь:

У1. Выбирать, применять и эксплуатировать электрические и электронные аппараты.

Владеть:

В1. Технологиями работы с различного рода источниками информации;

В2. Технологиями работы и наладки различного рода, типа электрических и электронных аппаратов;

В3. Навыками получения профессиональной информации из различных типов источников, включая интернет.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4зач. ед. (144 час.), семестр изучения – 5, распределение по видам работ представлено в табл. № 1.

Таблица 1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид работы	Форма обучения
	очная
	Семестр изучения
	5 сем.
	Кол-во часов
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144
Контактная работа, в том числе:	48
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные работы	16
Самостоятельная работа студента	96
Промежуточная аттестация, в том числе:	
Экзамен	5 сем.



*\*Распределение трудоемкости по видам контактной работы для заочной формы обучения (при наличии) корректируется в соответствии с учебным планом заочной формы обучения.*

#### **4.2 Содержание и тематическое планирование дисциплины**

Таблица 2. Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Сем.	Всего, час.	Вид контактной работы, час.			СРС
			Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	
1. Введение	5	12	1	2	-	9
2. Физические явления в электрических аппаратах	5	15	2	2	2	9
3. Термическая стойкость электрических аппаратов	5	12	1	2	-	9
4. Дугогашение и дугогасительные устройства	5	15	2	2	2	9
5. Электрический аппарат как средство управления режимами, защиты и регулирования параметров системы	5	13	2	-	2	9
6. Выбор, применение и эксплуатация электрических аппаратов	5	15	2	2	2	9
7. Электромеханические аппараты автоматики, управления, распределительных устройств и релейной защиты	5	12	2	-	2	8
8. Силовые электронные ключи: силовые диоды, транзисторы, традиционные и запираемые тиристоры	5	14	1	2	2	9
9. Гибридные статические аппараты постоянного тока	5	11	1	2	-	8
10. Быстродействующие аппараты защиты полупроводниковых преобразователей	5	14	1	2	2	9
11. Система управления силовыми электронными аппаратами	5	11	1	-	2	8

*\*Распределение часов по разделам (темам) дисциплины для заочной формы обучения осуществляется научно-педагогическим работником, ведущим дисциплину.*



## **4.3 Содержание разделов (тем) дисциплин**

### **Раздел 1. Введение**

Место дисциплины в учебном процессе. Основные этапы развития электрических и электронных аппаратов. Пути их развития, роль и место в ряду современных управляющих устройств и в системах переработки информации. Перспективы усовершенствования силовых электрических и электронных аппаратов и их применение.

### **Раздел 2. Физические явления в электрических аппаратах**

2.1 Электромеханические и электронные процессы и их использование в аппаратуре. Электродинамические усилия в электрических аппаратах: методы расчета электродинамических усилий, электродинамическая стойкость аппаратов. Связь электродинамической стойкости с включающей способностью электрического аппарата. Основы тепловых расчетов. Нагрев при прохождении длительного тока, нагрев при прохождении токов короткого замыкания. Допустимая температура нагрева различных частей электрических аппаратов. Выбор размеров токоведущих контактов при прохождении номинальных токов. Расчет теплового импульса электрических аппаратов. Периодические режимы работы аппаратов управления. Нагрев в этих режимах, определение эквивалентных длительных токов. Понятие термической стойкости, расчет термической стойкости аппарата.

2.2 Процессы коммутации в электрических аппаратах. Электрические контакты и физические явления в них. Переходное сопротивление контактов. Нагрев контактов при длительном токе и определение контактного нажатия. Сваривающий ток.

2.3 Магнитоуправляемые аппараты и контакты. Основные понятия определения, параметры магнитоуправляемых контактов. Принцип действия и классификация герметизированных, магнитоуправляемых контактов (герконов). Основные параметры механической, электрической и магнитной систем магнитоуправляемого контакта. Способы управления герконами. Способы увеличения контактных нажатий и коммутационной способности герконов.

### **Раздел 3. Термическая стойкость электрических аппаратов**

3.1 Понятие о предельных параметрах электрических аппаратов. Адиабатический режим нагрева, понятие термической стойкости. Закон Джоуля. Допустимые температуры нагрева токоведущих частей при прохождении токов короткого замыкания.

### **Раздел 4. Дугогашение и дугогасительные устройства**

4.1 Дугогасительные устройства выключателей выше 1000 В. Способы гашения дуги: охлаждение дуги посредством перемещения ее в окружающей



среде; обдувание дуги воздухом или холодными неионизированными газами; расщепление дуги на несколько параллельных дуг малого сечения; удлинение, дробление и соприкосновение дуги с твердым диэлектриком; создание высокого давления в дуговом промежутке; размещение контактов в интенсивной деионизирующей среде.

4.2 Особенности коммутационных процессов в низковольтных цепях. Включение низковольтной цепи на постоянное и синусоидальное напряжение, характерные значения постоянной времени и ударного коэффициента. Отключение цепей постоянного и переменного тока. Дугогасительные устройства: открытый разрыв, скорость движения дуги. Щелевые камеры. Перенапряжения при отключении дуги постоянного тока. Процесс дугогашения на переменном токе. Возвращающееся напряжение, восстанавливающееся напряжение и восстанавливающаяся прочность дугового промежутка.

## **Раздел 5. Электрический аппарат как средство управления режимами, защиты и регулирования параметров системы**

5.1 Общие понятия об электрических и электронных аппаратах. Применение и эксплуатация электрических и электронных аппаратов.

5.2 Аппараты ниже 1000 В. Классификация электронных и электрических аппаратов. Эволюция их конструктивных решений.

5.3 Аппараты выше 1000 В. Классификация электронных и электрических аппаратов. Эволюция их конструктивных решений. Тенденции развития выключателей с элегазовой и вакуумной изоляцией. На примере современных выключателей. Развитие и область применения измерительных трансформаторов.

5.4 Основные требования, предъявляемые к электрическим и электронным аппаратам. Действующие ГОСТы на электрические и электронные аппараты. Номинальные параметры аппаратов. Условия окружающей среды и пределы изменения основных параметров, при которых должны работать электрические и электронные аппараты. Требования к изоляции электрических и электронных аппаратов. Допустимое число включений. Основные эксплуатационные требования; безопасность обслуживания: взрывобезопасность, пожаробезопасность, удобство коммутации, ремонтпригодность.

## **Раздел 6. Выбор, применение и эксплуатация электрических аппаратов**

6.1 Выбор коммутационной аппаратуры. Принципы выбора электрических низковольтных и высоковольтных аппаратов для реализации электромеханических систем при проектировании систем и устройств низкого и высокого напряжения. Особенности эксплуатации низковольтных и высоковольтных аппаратов.

6.2 Выбор разрядников и токоограничивающих реакторов. Выбор аппаратов выше 1000 В.

6.3 Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения. Выбор аппаратов ниже 1000 В.



## **Раздел 7. Электромеханические аппараты автоматики, управления, распределительных устройств и релейной защиты**

7.1 Устройство и принципы действия. Основные параметры автоматических выключателей, контакторов, предохранителей, электромагнитных и тепловых реле, электромеханических аппаратов управления, реле защиты, индукционные реле, поляризованные реле.

7.2 Защита электрических и электронных аппаратов в аварийных режимах. Назначение релейной защиты и автоматики. Основные требования, предъявляемые к релейной защите и автоматике. Автоматические и телемеханические системы регулирования, контроля и управления. Защита силовых электрических и электронных аппаратов от перенапряжений с помощью снятия управляющих импульсов, шунтирующих цепей, разрядников, нелинейных ограничителей перенапряжения.

## **Раздел 8. Силовые электронные ключи: силовые диоды, транзисторы, традиционные и запираемые тиристоры**

Статические и динамические вольтамперные характеристики силовых электронных ключей. Коммутация электронными ключами электрических цепей, имеющих активный, активно-индуктивный и емкостной характер. Области безопасной работы силовых электронных ключей и их обеспечение. Особенности работы пассивных компонентов - дросселей, конденсаторов, силовых электронных аппаратов в импульсных режимах работы на повышенных частотах. Отвод тепла от силовых электронных приборов.

## **Раздел 9. Гибридные статические аппараты постоянного тока**

Сравнительный анализ электромеханических, статических и гибридных аппаратов постоянного тока.

## **Раздел 10. Быстродействующие аппараты защиты полупроводниковых преобразователей**

Фильтрация высших гармоник и быстродействующая защита от перенапряжений и аварийных токов в системах преобразователей. Источники бесперебойного питания.

## **Раздел 11. Система управления силовыми электронными аппаратами**

11.1 Основные принципы построения систем управления электронными аппаратами. Типовые структуры и основные функциональные узлы систем управления. Современная элементная база реализации функциональных узлов (дискретные элементы, аналоговые и цифровые интегральные микросхемы).

Блок-схема системы управления тиристора. Тиристорные контакторы и регуляторы переменного тока с естественной и принудительной коммутацией.



Статические аппараты коммутаций и регулирования на полностью управляемых силовых электронных ключах. Электромагнитные регуляторы на основе дросселей насыщения с подмагничиванием и самоподмагничиванием. Магнитополупроводниковые ключи. Применение развязывающих трансформаторов и оптоэлектронных приборов в схемах управления.

11.2 Датчики и микропроцессоры в системах управления. Датчики неэлектрических величин в системах управления. Применение микропроцессоров в системах управления. Структура и функции микропроцессоров. Микропроцессорные контроллеры. Примеры применения микропроцессоров в системах управления контроля, защиты и диагностики электрических и электронных аппаратов.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для изучения дисциплины используются различные образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии представлены комбинацией объяснительно-иллюстративного и репродуктивного методов обучения. Осуществляются с использованием информационных лекций, семинаров, практических занятий или лабораторных работ. При использовании данных методов деятельность учащегося направлена на получение теоретических знаний и формирования практических умений по дисциплине.

2. Для поддержки самостоятельной работы обучающихся использованы информационно-коммуникационные образовательные технологии, в частности, облачные технологии, электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС), электронные средства обучения и электронно-библиотечные системы. При этом результативность организации самостоятельной работы обучающихся существенно повышается за счет доступности материалов, упорядоченности работ и возможности получения консультации преподавателя.

3. Кейс-технологии применяются как способ обучать решению практико-ориентированных неструктурированных образовательных научных или профессиональных проблем. Применяется как при чтении лекций, так и при проведении семинарских, практических и лабораторных занятий.

4. При реализации образовательной программы с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения:

- состав видов контактной работы по дисциплине (модулю), при необходимости, может быть откорректирован в направлении снижения доли занятий лекционного типа и соответствующего увеличения доли консультаций (групповых или индивидуальных) или иных видов контактной работы;

- информационной основой проведения учебных занятий, а также организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) являются представленные в электронном виде методические, оценочные и иные материалы, размещенные в электронной информационно-образовательной среде





(ЭИОС) университета, в электронных библиотечных системах и открытых Интернет-ресурсах;

- взаимодействие обучающихся и педагогических работников осуществляется с применением ЭИОС университета и других информационно-коммуникационных технологий (видеоконференцсвязь, облачные технологии и сервисы, др.);

- соотношение контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю) может быть изменено в сторону увеличения последней, в том числе самостоятельного изучения теоретического материала.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### ***6.1 Основная литература***

1. Основы теории электрических аппаратов [Электронный ресурс] : учеб. / Е.Г. Акимов [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 592 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61364>. — Загл. с экрана.

2. Гордеев-Бургвиц М. А. Общая электротехника и электроснабжение : учебное пособие. - Москва : Московский государственный строительный университет, 2017. - 470 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65651>.

3. Аполлонский, С. М. Электрические аппараты управления и автоматики : учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев, В. Я. Фролов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-4601-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123467>

### ***6.2 Дополнительная литература***

1. Сипайлова Н. Ю. Основы проектирования электротехнических изделий. Вопросы расчета электрических аппаратов : учебное пособие. - Саратов : Профобразование, 2017. - 167 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66396>.

2. Попов Е. В. Устройство и эксплуатация электрических аппаратов. Часть 1. Коммутационные электрические аппараты : учебное пособие. - Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2015. - 49 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46877>.

3. Аполлонский, С. М. Надежность и эффективность электрических аппаратов : учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1130-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167900>

### ***6.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы***

Интернет-ресурсы:



1. Научная электронная библиотека. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотека. Режим доступа: <http://stratum.pstu.as.ru>
3. Публичная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.plib.ru/>

Программное обеспечение:

1. Операционная система Windows.
2. Офисная система Office Professional Plus.

Информационные системы и платформы:

1. Система дистанционного обучения «Moodle».
2. Информационная система «Таймлайн».
3. Платформа для организации и проведения вебинаров «MirapolisVirtualRoom».

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Перечень материально-технического обеспечения для реализации образовательного процесса по дисциплине:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа.
2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского (практического) типа, проведения групповых и индивидуальных консультаций, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.
3. Лаборатория моделирования электромеханических систем.
4. Помещения для самостоятельной работы.

