

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1157032	Современное высоковольтное оборудование в электроэнергетике и электротехнике

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Высоковольтное оборудование и установки	<b>Код ОП</b> 1. 13.04.02/33.08
<b>Направление подготовки</b> 1. Электроэнергетика и электротехника	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 13.04.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Лопатин Иван Евгеньевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	электротехники
2	Лузгин Владислав Игоревич	к.т.н., доцент	Доцент	Кафедра электротехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Современное высоковольтное оборудование в электроэнергетике и электротехнике

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает в себя следующие дисциплины «Высоковольтные электронные аппараты и преобразователи в электроэнергетике», «Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в высоковольтном оборудовании», «Проектирование высоковольтного оборудования», «Современные высоковольтные электрические аппараты в электроэнергетике». Модуль формирует знания по перспективным методам разработки и проектирования высоковольтных коммутационных аппаратов, измерительных аппаратов, токоограничивающих реакторов и ограничителей перенапряжения, комплектно распределительных устройств. Программа модуля изучает принципы построения электронных устройств на мощных управляемых полупроводниковых вентилях потоками электроэнергии и методами управления преобразователей электроэнергии, обеспечивающих требуемое ее качество. В программе модуля рассматриваются вопросы моделирования коммутационных электромагнитных процессов при управлении электрическими аппаратами и методы ограничения перенапряжений в электрических системах.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Проект по модулю Современное высоковольтное оборудование в электроэнергетике и электротехнике	1
2	Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в высоковольтном оборудовании	4
3	Высоковольтные электронные аппараты и преобразователи в электроэнергетике	5
4	Современные высоковольтные электрические аппараты в электроэнергетике	5
5	Проектирование высоковольтного оборудования	6
ИТОГО по модулю:		21

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Основы научных исследований в электроэнергетике и электротехнике
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	1. Технология изготовления и управление высоковольтным оборудованием

#### 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Высоковольтные электронные аппараты и преобразователи в электроэнергетике	ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p>
	ПК-2 - Способен проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных	<p>З-4 - Определять способы проведения поиска информации при разработке новых видов электронных аппаратов и преобразователей</p> <p>У-4 - Систематизировать информацию патентного поиска в области электроаппаратостроения</p> <p>П-4 - Иметь практический опыт разработки прикладных программ для расчета процессов в электронных аппаратах и преобразователях</p>
	ПК-4 - Способен выполнять расчет и проектирование высоковольтного оборудования в	З-4 - Перечислить методы и программные пакеты расчета электромагнитных процессов электронных аппаратов и преобразователей

	соответствии с техническим заданием	<p>У-4 - Анализировать методы расчета характеристик электронных аппаратов и преобразователей</p> <p>П-4 - Иметь практический опыт расчета характеристик высоковольтных электронных аппаратов и преобразователей</p>
	ПК-5 - Способен моделировать работу высоковольтного электрооборудования, преобразователей энергии, высоковольтных электронных аппаратов и установок на базе стандартных пакетов прикладных программ	<p>З-6 - Определять сосредоточенные элементы электрической цепи, источник тока и напряжения</p> <p>У-6 - Анализировать результаты расчета и снятия основных характеристик в пакетах Simulink, OrCad</p> <p>П-6 - Разработать модель электрической схемы в Simulink, OrCad</p>
Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в высоковольтном оборудовании	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	<p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общетеоретических наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общетеоретических наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общетеоретических наук</p>
	ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной</p>

	деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ
ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта	<p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
ОПК-7 - Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации	<p>З-1 - Изложить принципы имитационного моделирования для принятия инженерных решений</p> <p>У-3 - Использовать программные пакеты при построении имитационной модели разрабатываемой системы или использующей системы</p> <p>П-4 - Разработать технические задания на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов, включая выбор оборудования и технологической оснастки</p>
ПК-2 - Способен проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных	<p>З-5 - Перечислить основные характеристики и параметры переходного восстанавливающегося напряжения</p> <p>У-5 - Оценивать нормирование параметров ПВН</p> <p>П-5 - Выполнять оценку основных параметров ПВН</p>

	<p>вычислительных машин и баз данных</p>	
	<p>ПК-5 - Способен моделировать работу высоковольтного электрооборудования, преобразователей энергии, высоковольтных электронных аппаратов и установок на базе стандартных пакетов прикладных программ</p>	<p>З-7 - Привести примеры методов проведения экспериментальных исследований по заданной методике</p> <p>У-7 - Анализировать методы моделирования процессов в схемах электрических систем в стационарных и переходных режимах</p> <p>П-7 - Иметь практический опыт пользования современными методиками</p>
<p>Проект по модулю Современное высоковольтное оборудование в электроэнергетике и электротехнике</p>	<p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общинженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общинженерных наук</p>
	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p>

<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p> <p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>
<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и</p>



		<p>информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>

		Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности
ОПК-7 - Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации		<p>З-1 - Изложить принципы имитационного моделирования для принятия инженерных решений</p> <p>З-3 - Перечислить принципы и возможные ролевые модели управления командой инженерного проекта</p> <p>У-2 - Определять основные потребности стейкхолдеров (заинтересованных сторон) и формулировать требования к эффективности инженерных продуктов и технических объектов</p> <p>У-4 - Выбрать оборудование и технологическую оснастку при разработке технических заданий на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт планирования и управления жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов</p> <p>П-4 - Разработать технические задания на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов, включая выбор оборудования и технологической оснастки</p> <p>Д-1 - Проявлять настойчивость в достижении цели; Внимательность; Аналитические умения</p>
ПК-1 - Способен планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и самостоятельно представлять результаты научных исследований		<p>З-3 - Определять современные изоляционные материалы дугогасительных камер</p> <p>У-3 - Выбирать материалы изоляции для уменьшения массы конструкции, оценивать давление и вид дугогасительной среды</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт разработки итеративными методами расчета температуры аппарата и контактного нажатия</p>

	<p>ПК-2 - Способен проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных</p>	<p>З-3 - Определять принцип действия аппарата и его особенности, преимущества и недостатки различных типов аппаратов</p> <p>У-3 - Выбирать устройство и принцип работы высоковольтного электрического аппарата</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт создания чертежей в программных пакетах системы автоматизированного проектирования</p>
	<p>ПК-3 - Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства</p>	<p>З-3 - Описать нормативную базу проектирования ВВО и требования к различным видам ВВО</p> <p>У-3 - Формулировать техническое задание на проектирование и применять систему автоматизированного проектирования при разработке высоковольтного оборудования</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт владения прикладными программами при конструировании высоковольтного оборудования</p>
	<p>ПК-4 - Способен выполнять расчет и проектирование высоковольтного оборудования в соответствии с техническим заданием</p>	<p>З-3 - Классифицировать методы и программные пакеты системы автоматизированного проектирования высоковольтного оборудования</p> <p>У-3 - Обосновывать расчеты характеристик систем и агрегатов высоковольтного оборудования</p> <p>П-3 - Выполнять, в рамках проектных заданий, конструкторские расчеты высоковольтного оборудования</p>
	<p>ПК-5 - Способен моделировать работу высоковольтного электрооборудования, преобразователей энергии, высоковольтных электронных аппаратов и установок на базе</p>	<p>З-5 - Перечислить пакеты для численного моделирования физических процессов</p> <p>У-5 - Анализировать результаты расчета аппарата по численной модели</p> <p>П-5 - Разрабатывать модель аппарата для численного расчета</p>

	стандартных пакетов прикладных программ	
Проектирование высоковольтного оборудования	ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>
	ПК-1 - Способен планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и самостоятельно представлять результаты научных исследований	<p>З-4 - Изложить требования, предъявляемые ГОСТ к электрическим аппаратам</p> <p>У-4 - Соизмерять элементы конструкции аппарата в соответствии с ГОСТ</p> <p>П-4 - Иметь практический опыт расчета токовых характеристик коммутационных электрических аппаратов</p>
	ПК-2 - Способен проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных	<p>З-6 - Характеризовать устройство аппаратов отечественных и зарубежных фирм производителей</p> <p>У-6 - Выбрать оптимальное техническое решение под исходные данные и поставленные задачи</p> <p>П-6 - Иметь практический опыт проектирования конструкции аппарата с учетом современных тенденций развития</p>
	ПК-3 - Способен формулировать технические задания, разрабатывать и	З-4 - Перечислить особенности свойств и характеристик проводниковых, изоляционных, конструкционных

	использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства	материалов, контактных и дугогасительных сред и материалов  У-4 - Формулировать требования к параметрам и свойствам материалов аппарата  П-4 - Осуществлять обоснованный выбор материалов для всех систем аппарата
	ПК-4 - Способен выполнять расчет и проектирование высоковольтного оборудования в соответствии с техническим заданием	З-5 - Сформулировать методы и перечислить программные пакеты системы автоматизированного проектирования высоковольтного оборудования  У-5 - Устанавливать последовательность выполнения расчетов характеристик систем и агрегатов высоковольтного оборудования  П-5 - Иметь практический опыт автоматизированного проектирования высоковольтного оборудования
Современные высоковольтные электрические аппараты в электроэнергетике	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук  У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук  П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук  Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы
	ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов  У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов  П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов,

		систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений
ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности		<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p>
ПК-2 - Способен проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных		<p>З-7 - Сформулировать современные тенденции построения электрических аппаратов</p> <p>У-7 - Оценивать преимущества и недостатки от использованных технических решений</p> <p>П-7 - Разрабатывать рекомендации по компенсации недостатков при применении тех или иных технических решений</p>
ПК-3 - Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства		<p>З-5 - Сформулировать требования ГОСТов, ТУ и других нормативных документов при проектировании высоковольтных электрических аппаратов</p> <p>У-5 - Формулировать техническое задание на проектирование высоковольтного электрического аппарата</p>

		П-5 - Иметь практический опыт автоматизированного проектирования высоковольтных электрических аппаратов
	ПК-4 - Способен выполнять расчет и проектирование высоковольтного оборудования в соответствии с техническим заданием	З-6 - Сформулировать методы расчета электрофизических процессов высоковольтных электрических аппаратов У-6 - Обосновывать расчеты характеристик высоковольтных электрических аппаратов П-6 - Разработать модель расчета характеристик электрического аппарата

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной форме.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Моделирование электромагнитных**  
**коммутационных возмущений в**  
**высоковольтном оборудовании**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Поповцев Владислав Викторович	без ученой степени	Ассистент	Электротехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Работа выключателей в электрических системах	Общие сведения о работе аппаратов высокого напряжения (АВН) в электрических системах и установках. Короткие замыкания (КЗ) в электрических системах и работа АВН. Взаимодействие выключателей и системы. Технико-экономические показатели, надежность и требования к выключателям.
P2	Нормирование параметров переходного восстанавливающегося напряжения (ПВН)	Работа выключателей при отключении коротких замыканий. Процессы гашения дуги и влияние на них параметров сети. Основные характеристики и параметры ПВН. Нормированные параметры ПВН согласно IEEE C37.011-2011: IEEE Guide for the Application of Transient Recovery Voltage for AC High-Voltage Circuit Breaker; IEEE C37.06-2009: IEEE Standard for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis - Preferred Ratings and Related Required Capabilities for Voltages Above 1000; IEC 62271-100: High-Voltage switchgear and control gear – Part 100: Alternating-current circuit-breaker. Edition 2.0, 2008-04; ГОСТ Р 52565-2006.
P3	Расчеты восстанавливающихся напряжений при симметричном трёхфазном коротком замыкании	Расчеты восстанавливающихся напряжений в системах. Применение метода встречного тока (теорема Тевенена) и операционного исчисления для исследования ПВН. Расчеты восстановления напряжения в схемах с сосредоточенными параметрами, многочастотные схемы. Расчеты восстанавливающихся напряжений в электрических схемах с длинными линиями. Особенности ПВН при отключении не удаленных коротких замыканий. Расчет восстановления напряжения и анализ его характеристик в трехфазных схемах.

		Преобразование расчетных схем. Расчет восстановления напряжения при коротких замыканиях в сложных системах с длинными линиями. Особенности изменения токов и восстанавливаемых напряжений однофазных и трехфазных не удаленных КЗ. Расчет восстановления напряжения при отключении КЗ на линии на некотором расстоянии от выключателя. Методы снижения характеристик ПВН. Расчеты ПВН на выключателях с шунтирующими сопротивлениями. Сопоставление характеристик ПВН при однофазных и трехфазных КЗ.
<b>Р4</b>	Расчёт переходных восстанавливаемых напряжения на контактах выключателей в пакетах численного моделирования	Постановка задачи электростатики. Уравнение Пуассона для электрического поля. Уравнение Лапласа. Граничные и начальные условия. Влияние остаточной проводимости дуги отключения на процесс восстановления напряжения.
<b>Р5</b>	Испытания выключателей на отключающую способность	Лаборатории для испытания выключателей. Устройство и схемы машинных, сетевых и смешанных лабораторий для испытания аппаратов на отключающую способность. Лаборатории с колебательным контуром профессора Горева, их особенности, выбор параметров. Методы и схемы синтетических испытаний аппаратов. Пути снижения стоимости установок для испытания мощных выключателей. Синтетические схемы с различными источниками отключаемого тока и восстанавливаемого напряжения. Требования к синтетическим схемам. Методы выполнения синтетических схем. Обеспечение необходимой длительности горения дуги и автоматическое повторное включение (АПВ) при испытаниях по синтетическим схемам. Искажение отключаемого тока в синтетических схемах. Методы уменьшения искажения отключаемого тока и увеличения эквивалентной мощности испытаний. Методы синхронизации контуров в синтетических схемах испытания выключателей. Достоинства и недостатки различных методов. Измерительные схемы и устройства, применяемые при испытаниях выключателей. Примеры и анализ схем установок для испытания выключателей на отключающую способность. Автоматизация испытаний аппаратов и обработка результатов испытаний с применением теории вероятности и статистических оценок. Оценки надежности аппаратов и результатов испытаний.
<b>Р6</b>	Методы снижения характеристик ПВН	Методы снижения характеристик ПВН. Расчеты ПВН на выключателях с шунтирующими сопротивлениями. Сопоставление характеристик ПВН при однофазных и трехфазных КЗ. Предвключаемые резисторы. Контроль коммутации с целью уменьшения вероятности электрического или теплового пробоя. Качественная оценка вероятности пробоя.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в высоковольтном оборудовании

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ : профессиональное руководство.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57229> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Агафонов, Г. Е., Бабкин, И. В., Берлин, Б. Е., Вишневецкий, Ю. И.; Электрические аппараты высокого напряжения с элегазовой изоляцией; Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, Санкт-Петербург; 2002 (43 экз.)
2. Акодис, М. М.; Определение восстанавливающегося напряжения на контактах выключателя.; Энергия, Москва; 1968 (16 экз.)
3. Мещеряков, В. П.; Электрическая дуга большой мощности в выключателях Ч. 1. ; Контакттор, Ульяновск; 2006 (5 экз.)
4. Куффель, Е., Цаенгль, В., Куффель Д, ж., Смольский, С. М., Кужекин, И. П.; Техника и электрофизика высоких напряжений : [учеб.-справ. рук.]; Интеллект, Долгопрудный; 2011 (10 экз.)
5. , Дьяков, А. Ф., Сорокин, А. В., Юргеленас, Ю. В.; Физические основы электрического пробоя газов; Издательство МЭИ, Москва; 1999 (2 экз.)
6. , Акимов, Е. Г., Белкин, Г. С., Бурман, А. П., Ведешенков, Н. А., Годжелло, А. Г., Розанов, Ю. К.; Электрические и электронные аппараты : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" : в 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты ; Академия, Москва; 2010 (10 экз.)
7. , Васильев, А. А.; Электрическая часть станций и подстанций : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (49 экз.)
8. Асиновский, Э. И.; Нетрадиционные методы исследования термодинамических свойств веществ при высоких температурах; Янус-К, Москва; 1997 (2 экз.)
9. Александров, А. Ф.; Основы электродинамики плазмы : [учебник для физических специальностей университетов].; Высшая школа, Москва; 1988 (3 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<https://digital-library.theiet.org/>

<https://onlinelibrary.wiley.com/>

<https://link.springer.com/>

<https://www.sciencedirect.com/>

<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<https://www.scopus.com>

<https://www.tstu.ru/r.php?r=obuch.book.elib1>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Не используются

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://lib.urfu.ru> Библиотека УрФУ

<http://ldjvu-inf.narod.ru/telib.htm> Библиотека электротехника и электроэнергетика

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

### **Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в высоковольтном оборудовании**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Mathematica 11 Network Increment Standard 15-Users Bundled List Price with Service</p> <p>COMSOL Multiphysics</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad 14</p> <p>Matlab+Simulink</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Matlab+Simulink</p> <p>Mathcad 14</p> <p>GoogleChrome</p> <p>MozillaFirefox</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>GoogleChrome</p> <p>MozillaFirefox</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>GoogleChrome</p> <p>MozillaFirefox</p>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Высоковольтные электронные аппараты и**  
**преобразователи в электроэнергетике**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Лузгин Владислав Игоревич	к.т.н., доцент	Доцент	Кафедра электротехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Лузгин Владислав Игоревич, Доцент, Кафедра электротехники

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Перспективы использования силовых электронных аппаратов и преобразователей для управления потоками энергии в современной электроэнергетике
P2, T1	Силовые электронные ключи	Режимы работы идеальных ключей. Силовые диоды, статические и динамические характеристики. Силовые транзисторы. Характеристики биполярных и полевых транзисторов.
P2, T2		Однооперационные тиристоры. Статические и динамические характеристики. Двухоперационные запираемые тиристоры. Развитие тиристорных структур.
P3, T1	Статические коммутационные аппараты и регуляторы постоянного тока	Транзисторные реле и контакторы. Тиристорные контакторы. Гибридные аппараты постоянного тока.
P3, T2	Статические коммутационные аппараты и регуляторы переменного тока	Статические и гибридные коммутационные аппараты переменного тока. Тиристорные преобразователи с естественной и искусственной коммутацией. Реле и контакторы переменного тока на полностью управляемых ключах. Гибридные аппараты.
P4, T1	Генераторы постоянного высокого напряжения	Преобразование переменного напряжения в высокое постоянное. Простые выпрямительные схемы. Умножители напряжения. Каскадные генераторы постоянного напряжения.

<b>P5, T1</b>	Дальние электропередачи постоянного тока высокого напряжения	Электропередачи и вставки постоянного тока. Преобразователь тока в системе передачи постоянного тока высокого напряжения. Выпрямительные режимы работы ПТ. Семейство внешних характеристик ПТ в выпрямительном режиме работы.
<b>P5, T2</b>		Инверторный режим работы преобразователя тока. Процессы коммутации и условия опрокидывания инвертора. Внешние характеристики инвертора тока.
<b>P5, T3</b>		Современная работа выпрямителя и инвертора: -в нерегулируемом режиме ( $\alpha=\text{const}$ , $\beta=\text{const}$ ) -при стабилизации угла выключения $\delta=\text{const}$ -при действии основных регуляторов

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Высоковольтные электронные аппараты и преобразователи в электроэнергетике

#### Электронные ресурсы (издания)

- Семенов, Б. Ю.; Силовая электроника: от простого к сложному : практическое пособие.; СОЛОН-ПРЕСС, Москва; 2009; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117706> (Электронное издание)
- , Правосудов, П.; Силовая электроника: тематическое приложение к журналу "Компоненты и технологии" : журнал.; Медиа КиТ, Санкт-Петербург; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=139677> (Электронное издание)

#### Печатные издания

- Розанов, Ю. К., Рябчицкий, М. В., Кваснюк, А. А.; Силовая электроника : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии".; МЭИ, Москва; 2009 (30 экз.)
- Розанов, Ю. К., Соколова, Е. М.; Электронные устройства электромеханических систем : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 551300, 654500 "Электромеханика, электротехника и электротехнологии".; Академия, Москва; 2004 (48 экз.)
- , Бурман, А. П., Кваснюк, А. А., Коробков, Ю. С., Розанов, Рябчицкий, М. В.; Электрические и электронные аппараты : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" : в 2 т. Т. 2. Силовые электронные аппараты



; Академия, Москва; 2010 (29 экз.)

4. Чунихин, А. А.; Электрические аппараты. Общий курс : учеб. для студентов электротехн. и электроэнергет. специальностей вузов.; Альянс, Москва; 2008 (31 экз.)

5. Веников, В. А., Рыжов, Ю. П.; Дальние электропередачи переменного и постоянного тока : Пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (35 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

<https://digital-library.theiet.org/>

<https://onlinelibrary.wiley.com/>

<https://link.springer.com/>

<https://www.sciencedirect.com/>

<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<https://www.scopus.com>

<https://www.tstu.ru/r.php?r=obuch.book.elib1>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Не используются

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://lib.urfu.ru> Библиотека УрФУ

<http://ldjvu-inf.narod.ru/telib.htm> Библиотека электротехника и электроэнергетика

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

### **Высоковольтные электронные аппараты и преобразователи в электроэнергетике**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad 14</p> <p>Matlab+Simulink</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<b>Не требуется</b>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad 14</p> <p>Matlab+Simulink</p>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>GoogleChrome</p> <p>MozillaFirefox</p>
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad 14</p> <p>Matlab+Simulink</p> <p>GoogleChrome</p> <p>MozillaFirefox</p>



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Современные высоковольтные**  
**электрические аппараты в**  
**электроэнергетике**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Лузгин Владислав Игоревич	к.т.н., доцент	Доцент	Кафедра электротехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Лузгин Владислав Игоревич, Доцент, Кафедра электротехники

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Перспективы развития и способы совершенствования коммутационного оборудования. Современные требования к коммутационному оборудованию
P2	Современные коммутационные электрические аппараты	Высоковольтные выключатели нового типа с управляемой коммутацией. Перспективные элегазовые и вакуумные выключатели. Комбинированные коммутационные аппараты с объединенными функциями разъединителя и заземлителя
P3	Высоковольтные комплектные распределительные устройства	Современные конструкции КРУ и ГРУ средних классов напряжения. Герметизированные комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией высших классов напряжения
P4	Ограничители токов короткого замыкания в электроэнергетических системах	Экономические основы использования ОТКЗ. Пассивные и активные ОТКЗ. Требования к ОТКЗ по условиям функционирования энергосистем. ОТКЗ с использованием силовой электроники. Полупроводниковый ОТКЗ с быстродействующим вакуумным выключателем (сверхбыстродействующий выключатель). ОТКЗ в схемах продольной компенсации линий электропередачи. Коммутационные ограничители тока
P5	Защитные аппараты от грозовых перенапряжений	Нелинейные ограничители перенапряжений (металлооксидные разрядники). Длинно-искровые разрядники и изолятор-

		разрядник для повышения грозоупорности воз-душных линий электропередачи
<b>Р6</b>	Реакторы в системах электроснабжения	Режимы работы линий электропередачи и роль реакторов. Управляемые реакторы в системах электроснабжения. Реакторы, управляемые подмагничиванием. Управляемые реакторы с переменным эффективным сечением
<b>Р7</b>	Высоковольтные измерительные трансформаторы тока	Конструкции ВИТТ с литой полимерной и элегазовой изоляцией. Методы улучшения характеристик ВИТТ
<b>Р8</b>	Высоковольтные измерительные трансформаторы напряжения	Перспективные конструкции ВИТН с литой и элегазовой изоляцией. Способы улучшения характеристик ВИТН в цепях высших классов напряжения

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Современные высоковольтные электрические аппараты в электроэнергетике

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ : профессиональное руководство.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57229> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. ; Проектирование электрических аппаратов : Учебник для студ. вузов.; Энергоатомиздат, Ленинград; 1985 (47 экз.)

2. Чунихин, А. А., Жаворонков, М. А.; Аппараты высокого напряжения : Учеб. пособие для студ. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (34 экз.)

3. Буткевич, Г. В., Дегтярь, В. Г., Сливинская, А. А.; Задачник по электрическим аппаратам : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1987 (16 экз.)

4. , Агафонов, Г. Е., Бабкин, И. В., Берлин, Б. Е., Вишневский, Ю. И.; Электрические аппараты высокого напряжения с элегазовой изоляцией; Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, Санкт-Петербург; 2002 (43 экз.)

5. , Черных, И. В.; Исследование высоковольтных электрических аппаратов : учебно-методическое пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (15 экз.)

6. Кукеков, Г. А.; Выключатели переменного тока высокого напряжения; Энергия, Ленинград; 1972 (23 экз.)
7. Афанасьев, В. В., Вишневыский, Ю. И.; Воздушные выключатели; Энергоиздат, Ленинград; 1981 (25 экз.)
8. , Афанасьев, В. В.; Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения; Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, Ленинград; 1987 (40 экз.)
9. , Акимов, Е. Г., Белкин, Г. С., Бурман, А. П., Ведешенков, Н. А., Годжелло, А. Г., Розанов, Ю. К.; Электрические и электронные аппараты : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" : в 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты ; Академия, Москва; 2010 (10 экз.)
10. , Алексеев, Б. А., Белкин, Г. С., Бурман, А. П.; Перспективы развития основного электрооборудования ЕЭС России; МЭИ, Москва; 2006 (1 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

<https://digital-library.theiet.org/>

<https://onlinelibrary.wiley.com/>

<https://link.springer.com/>

<https://www.sciencedirect.com/>

<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<https://www.scopus.com>

<https://www.tstu.ru/r.php?r=obuch.book.elib1>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Не используются

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://lib.urfu.ru> Библиотека УрФУ

<http://ldjvu-inf.narod.ru/telib.htm> Библиотека электротехника и электроэнергетика

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

### **Современные высоковольтные электрические аппараты в электроэнергетике**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	COMSOL Multiphysics Mathcad 14 AutoCAD 2014
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	COMSOL Multiphysics Mathcad 14 AutoCAD 2014
4	Консультации	Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES GoogleChrome MozillaFirefox
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc



		соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES GoogleChrome MozillaFirefox
--	--	---	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Проектирование высоковольтного**  
**оборудования**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Лузгин Владислав Игоревич	к.т.н., доцент	Доцент	Кафедра электротехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Общие вопросы проектирования ВВО	Современное состояние разработок ВВО и требования к различным его видам. Основные принципы проектирования ВВО. Этапы проектирования ВВО
P2, T1	Проектирование изоляционных конструкций ВВО	Последовательность проектирования ВВО. Расчет общей электрической изоляции методом эквивалентных разрядных промежутков.
P2, T2		Расчет общей электрической изоляции бакового элегазового выключателя. Определение длины изоляционных промежутков внешней и внутренней изоляции
P2, T3		Расчет одиночного кольцевого экрана колонны опорных изоляторов. Расчет изоляционных промежутков колонны опорных изоляторов с экраном.
P2, T4		Расчет общей электрической изоляции колонкового газового выключателя. Определение длины изоляционных промежутков внешней и внутренней изоляции
P2, T5		Расчет распределения напряжения по разрывам многоразрывных аппаратов с защитными экранами и шунтирующими конденсаторами
P3, T1	Проектирование токоведущих систем ВВО. Тепловые расчеты токоведущей системы ВВО	Роль тепловых явлений в ВВО. Потери энергии на теплоту в токоведущих, ферромагнитных и диэлектрических материалах. Теория теплопроводности

<b>P3, T2</b>		Конвективный теплообмен в ВВО. Теория подобия и критерии подобия в задачах конвективного теплообмена. Закономерности теплопередачи
<b>P3, T3</b>		Нестационарный нагрев узлов ВВО. Кратковременный и повторно-временной режим нагрева токоведущих частей и узлов ВВО. Перегрузочная способность ВВО.
<b>P3, T4</b>		Стационарный нагрев узлов ВВО. Модели стационарных задач нагрева однородного проводника. Нагрев плоского изолированного проводника. Нагрев цилиндрического изолированного проводника. Расчет минимального сечения проводника
<b>P3, T5</b>		Нагрев однородного проводника с сосредоточенным источником потерь. Нагрев неоднородного проводника с сосредоточенным источником потерь
<b>P3, T6</b>		Тепловой расчет неоднородного токопровода ВВО. Метод локальных координат расчета распределения температуры нагрева токоведущей системы ВВО
<b>P3, T7</b>		Тепловой расчет неоднородного изолированного токопровода методом эквивалентных тепловых схем. Тепловой четырехполюсник для участка токопровода
<b>P3, T8</b>		Тепловая схема неоднородного проводника с сосредоточенными источниками потерь. Расчет распределения температуры нагрева токоведущей системы ВВО с учетом потерь в контактных соединениях
<b>P4, T1</b>	Силовые расчеты токоведущей системы ВВО	Методы определения величины и направления электродинамических сил в токоведущих системах ВВО. Графо-аналитический метод построения эпюры сил и определение точек приложения равнодействующих
<b>P4, T2</b>		Расчет ЭДУ энергетическим методом. Определение сил сужения тока в проводниках
<b>P4, T3</b>		Расчет ЭДУ в токоведущих системах ВВО в цепи однофазного и трехфазного переменного тока. Механический резонанс токоведущей системы
<b>P4, T4</b>		Расчет электродинамической стойкости токоведущей системы. Определение тока электродинамической стойкости
<b>P5, T1</b>	Проектирование силовых контактных соединений ВВО	Основные параметры, термины и понятия теории контактных соединений. Разновидности электрических контактов и их классификация. Основные параметры контактного узла
<b>P5, T2</b>		Термоэлектрические эффекты в контактах. Тепловые модели контактных площадок. Основные закономерности переходного контактного сопротивления
<b>P5, T3</b>		Нагрев контактов номинальными токами. Расчет температуры контактных площадок и контактного нажатия при протекании номинального тока

<b>P5, T4</b>		Электродинамические силы сужения тока в контактных площадках (силы Двайта). Расчет электродинамической стойкости контактного соединения
<b>P5, T5</b>		Нагрев контактов аварийными токами. Расчет температуры нагрева контактных площадок током короткого замыкания. Термическая стойкость контактного соединения
<b>P5, T6</b>		Тепловая модель контактного узла. Определение параметров теплового четырехполюсника контактного соединения

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Проектирование высоковольтного оборудования

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ : профессиональное руководство.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57229> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Черных, И. В.; Исследование высоковольтных электрических аппаратов : учебно-методическое пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (15 экз.)

2. ; Основы теории электрических аппаратов : учеб. для вузов по специальности "Электр. аппараты".; Высшая школа, Москва; 1987 (20 экз.)

3. , Агафонов, Г. Е., Бабкин, И. В., Берлин, Б. Е., Вишневский, Ю. И.; Электрические аппараты высокого напряжения с элегазовой изоляцией; Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, Санкт-Петербург; 2002 (43 экз.)

4. Александров, Г. Н., Иванов, В. Л.; Изоляция электрических аппаратов высокого напряжения; Энергоатомиздат, Ленинград; 1984 (8 экз.)

5. ; Проектирование электрических аппаратов : Учебник для студ. вузов.; Энергоатомиздат, Ленинград; 1985 (47 экз.)

6. , Александров, Г. Н., Афанасьев, А. И., Борисов, В. В., Каплан, Г. С., Кузнецов, В. Е.; Электрические аппараты высокого напряжения : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электр. и электрон. аппараты".; СПбГТУ, Санкт-Петербург; 2000 (23 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<https://digital-library.theiet.org/>  
<https://onlinelibrary.wiley.com/>  
<https://link.springer.com/>  
<https://www.sciencedirect.com/>  
<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>  
<https://www.scopus.com>  
<https://www.tstu.ru/r.php?r=obuch.book.elib1>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Не используются

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://lib.urfu.ru> Библиотека УрФУ  
<http://ldjvu-inf.narod.ru/telib.htm> Библиотека электротехника и электроэнергетика

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

### **Проектирование высоковольтного оборудования**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		санитарными правилами и нормами	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p> <p>Mathcad 14</p> <p>AutoCAD 2014</p>
3	Лабораторные занятия	Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	<b>Не требуется</b>
4	Консультации	Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>GoogleChrome</p> <p>MozillaFirefox</p>
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p> <p>Mathcad 14</p> <p>AutoCAD 2014</p> <p>GoogleChrome</p> <p>MozillaFirefox</p>