

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

Код модуля	Модуль
1157008	Изоляция высоковольтного оборудования

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	Шалина Елена Павловна	к.пед.н., без ученого звания	Доцент	Кафедра электротехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Изоляция высоковольтного оборудования

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает в себя следующие дисциплины «Коммутационные процессы в системах электроснабжения», «Проектирование изоляционных конструкций высоковольтного оборудования» Модуль формирует знания изоляционных конструкций высоковольтного оборудования и основных принципов их проектирования. Программа модуля посвящена изучению электрофизических основ процессов коммутации токов короткого замыкания в системах. Рассматриваются методы и средства коммутационных испытаний выключателей.

## 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	Проектирование изоляционных конструкций высоковольтного оборудования	3
2	Коммутационные процессы в системах электроснабжения	3
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Основы научных исследований в электроэнергетике и электротехнике
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Высоковольтные установки и диагностика электроэнергетического оборудования

## 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
Коммутационные процессы в системах	ПК-1 - Способен планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы	3-5 - Изложить основные требования ГОСТ при расчете токов короткого замыкания

электроснабжение	экспериментальной работы, интерпретировать и самостоятельно представлять результаты научных исследований	У-5 - Обосновывать расчеты основных параметров токов короткого замыкания П-5 - Иметь практический опыт расчета токов короткого замыкания
	ПК-4 - Способен выполнять расчет и проектирование высоковольтного оборудования в соответствии с техническим заданием	З-7 - Объяснить технологию моделирования и развития процессов при коммутации У-7 - Анализировать расчеты показателей надежности при коммутации в системах электропитания П-7 - Разрабатывать модель развития процессов при коммутации
	ПК-5 - Способен моделировать работу высоковольтного электрооборудования, преобразователей энергии, высоковольтных электронных аппаратов и установок на базе стандартных пакетов прикладных программ	З-7 - Привести примеры методов проведения экспериментальных исследований по заданной методике У-7 - Анализировать методы моделирования процессов в схемах электрических систем в стационарных и переходных режимах П-7 - Иметь практический опыт пользования современными методиками
Проектирование изоляционных конструкций высоковольтного оборудования	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
	ПК-2 - Способен проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту	З-8 - Изложить требования к изоляции высоковольтного оборудования

	<p>разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных</p>	<p>У-8 - Обосновывать требования ГОСТов при проектировании изоляционных конструкций</p> <p>П-8 - Иметь практический опыт работы с ГОСТами</p>
	<p>ПК-3 - Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства</p>	<p>З-6 - Перечислить требования к изоляции высоковольтного оборудования</p> <p>У-6 - Анализировать требования ГОСТов при проектировании изоляционных конструкций</p> <p>П-6 - Иметь практический опыт работы с ГОСТами</p>
	<p>ПК-4 - Способен выполнять расчет и проектирование высоковольтного оборудования в соответствии с техническим заданием</p>	<p>З-8 - Изложить правила составления технических заданий при проектировании изоляционных конструкций</p> <p>У-8 - Анализировать методы расчета в соответствии с техническим заданием</p> <p>П-8 - Оформлять технические задания на проектирование изоляционных конструкций</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Проектирование изоляционных**  
**конструкций 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	Шалина Елена Павловна	к.пед.н., без ученого звания	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	Внутренняя и внешняя изоляция. Классификация конструкций по исполнению и размещению	Внешняя изоляция высоковольтных конструкций. Виды внутренней изоляции. Особенности расчета газовой и вакуумной изоляции. Стандартизация в области классификации изоляционных конструкций.
P2	Методы электрического расчета конструкций. Конденсаторная изоляция	Основные задачи расчета изоляционных конструкций. Методы расчета конструкции по испытательным напряжениям. Расчет конструкции по заданному сроку службы и номинальному напряжению. Гипотеза А.Ф. Иоффе. Конденсаторная изоляция. Конденсатор В.Роговского.
P3	Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляционной технике	Материалы и современные технологии для изготовления изоляторов. Опорные изоляторы с различной заделкой арматуры для внутренней и наружной установки. Влияние параметров арматуры на разрядные характеристики опорных изоляторов. Расчет габаритных размеров изоляторов. Проходные изоляторы и их электрический расчет. Конструкции силовых узлов. Расчет габаритных размеров.
P4	Высоковольтные вводы. Электрический и тепловой расчет	Высоковольтные вводы, назначения, классификация, элементы конструкции. Конденсаторная изоляция ввода. Электрический расчет внутренней и внешней изоляции, числа ребер и длин их вылета, разрядных напряжений ввода. Тепловой расчет ввода при номинальных параметрах. Расчет напряжения при электрическом пробое. Применение современных изоляционных материалов.

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 изоляционных конструкций 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)
2. Бочаров, Ю. Н.; Техника высоких напряжений : учебное пособие.; Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363032> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Базуткин, В. В., Ларионов, В. П., Пинталь, Ю. С.; Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (21 экз.)
2. Чунихин, А. А.; Электрические аппараты. Общий курс : учеб. для студентов электротехн. и электроэнергет. специальностей вузов.; Альянс, Москва; 2008 (31 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 изоляционных конструкций высоковольтного оборудования

#### 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 Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Mathcad University Department Perpetual - 400 Locked Maintenance Gold ver. 14
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  MozillaFirefox
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc  Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  MozillaFirefox

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Коммутационные процессы в системах**  
**электрообеспечения**

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	Шалина Елена Павловна	к.пед.н., без ученого звания	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	Работа выключателей в электрических системах	Общие сведения о работе АВН в электрических системах и установках. Короткие-замыкания в электрических системах и работа АВН. Взаимодействие выключателей и системы. Техничко-экономические показатели, надежность и требования к выключате-лям.
P2	Восстановление напряжения на выключателях	Работа выключателей при отключении коротких замыканий. Процессы гашения дуги и влияние на них параметров сети. Основные характеристики и параметры переходного восстанавливающегося напряжения. Нормирование параметров ПВН.  Расчеты восстанавливающихся напряжений в системах. Применение метода встречного тока (теорема Тевенена) и операционного исчисления для исследова-ния ПВН. Расчеты восстановления напряжения в схемах с сосредоточенными па-раметрами, многочастотные схемы.  Расчеты восстанавливающихся напряжений в электрических схемах с длинными линиями. Особен-ности ПВН при отключении не удаленных коротких за-мыканий.  Расчет восстановления напряжения и анализ его характеристик в трехфазных схемах. Преобразование расчетных схем. Расчет восстановления напряжения при коротких замыканий в сложных системах с длинными линиями. Особенности изменения токов и восстанавливающихся напряжений однофазных и трехфазных не удаленных коротких замыканий.

		<p>Расчет восстановления напряжения при отключении коротких замыканий на линии на некотором расстоянии от выключателя.</p> <p>Методы снижения характеристик ПВН. Расчеты ПВН на выключателях с шунтирующими сопротивлениями.</p> <p>Сопоставление характеристик ПВН при однофазных и трехфазных к.з.</p>
РЗ	Испытания выключателей на отключающую способность	<p>Лаборатории для испытания выключателей. Устройство и схемы машинных, сетевых и смешанных лабораторий для испытания аппаратов на отключающую способность.</p> <p>Лаборатории с колебательным контуром проф. Горева, их особенности, выбор параметров.</p> <p>Методы и схемы синтетических испытаний аппаратов. Пути снижения стоимости установок для испытания мощных выключателей. Синтетические схемы с различными источниками отключаемого тока и восстанавливающегося напряжения. Требования к синтетическим схемам. Методы выполнения синтетических схем. Обеспечение необходимой длительности горения дуги и АПВ при испытаниях по синтетическим схемам. Искажение отключаемого тока в синтетических схемах. Методы уменьшения искажения отключаемого тока и увеличения эквивалентной мощности испытаний.</p> <p>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.</p> <p>Автоматизация испытаний аппаратов и обработки результатов испытаний. Применение микропроцессорной техники. Оценки надежности аппаратов и результатов испытаний с применением теории вероятности и статистических оценок.</p>

### 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**

### **Коммутационные процессы в системах электроснабжения**

#### **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. Акодис, М. М.; Определение восстанавливающегося напряжения на контактах выключателя.; Энергия, Москва; 1968 (16 экз.)
2. , 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.)
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. Чунихин, А. А.; Электрические аппараты. Общий курс : учеб. для студентов электротехн. и электроэнергет. специальностей вузов.; Альянс, Москва; 2008 (31 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.)

#### **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

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Коммутационные процессы в системах электроснабжения

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 Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  GoogleChrome  MozillaFirefox
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	COMSOL Multiphysics  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Mathcad 14  GoogleChrome  MozillaFirefox

		Подключение к сети Интернет	
3	Лабораторные занятия	Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Wolfram research mathematica COMSOL Multiphysics Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Mathcad 14 Matlab+Simulink
4	Консультации	Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Подключение к сети Интернет	MozillaFirefox
6	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES MozillaFirefox