

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 |
|------------|---|
| 1156639 | Силовая электроника и устройства защиты в энергетических системах |

Екатеринбург

| Перечень сведений о рабочей программе модуля | Учетные данные |
|---|---|
| Образовательная программа 1. Электроэнергетика и электротехника | Код ОП 1. 13.03.02/33.01 |
| Направление подготовки 1. Электроэнергетика и электротехника | Код направления и уровня подготовки 1. 13.03.02 |

Программа модуля составлена авторами:

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

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Силовая электроника и устройства защиты в энергетических системах

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает в себя дисциплины «Высоковольтная силовая электроника», «Устройства защиты энергооборудования и управления электрических аппаратов». Изучаются принципы построения высоковольтных электрических аппаратов. Рассматриваются вопросы проектирования преобразователей параметров электрической энергии. Изучаются методы анализа электромагнитных процессов устройств силовой электроники. В модуле рассматриваются назначение, принципы выполнения, способы технической реализации методов расчета параметров защиты высоковольтных 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 | Высоковольтная силовая электроника | 3 |
| 2 | Устройства защиты энергооборудования и управления электрических аппаратов | 3 |
| ИТОГО по модулю: | | 6 |

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

| | |
|---|--|
| Пререквизиты модуля | 1. Материаловедение 2. Теория электрических аппаратов 3. Основы техники высоких напряжений |
| Постреквизиты и кореквизиты модуля | 1. Диагностика силового 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 |
| Высоковольтная силовая | ПК-24 - Способен применять знание | 3-12 - Объяснить принцип управления диодом, транзистором и тиристором |

| | | |
|---|---|---|
| электроника | технологии, аппаратуры, приборов и приспособлений для диагностики, испытаний и измерений высоковольтного оборудования | У-13 - Оценивать измерительные приборы для снятия ВАХ П-12 - Выполнять сборку измерительных схем для снятия ВАХ |
| | ПК-25 - Способен применять знание устройства и принципы трансформаторов, разъединителей, выключателей, реакторов, заземляющих устройств, устройств молниезащиты, релейной защиты и автоматики, кабельных и воздушных линий электропередачи, газовых защит | З-13 - Привести примеры применения высоковольтной силовой электроники У-13 - Обосновать применение силовой электроники на объектах энергетики П-13 - Сделать вывод о применении высоковольтной силовой электроники в энергетике |
| Устройства защиты энергооборудования и управления электрических аппаратов | ПК-24 - Способен применять знание технологии, аппаратуры, приборов и приспособлений для диагностики, испытаний и измерений высоковольтного оборудования | З-13 - Объяснять принцип действия устройства защиты У-14 - Различать особенности средств защиты электрических аппаратов П-13 - Сделать вывод о средствах защиты электрических аппаратов |
| | ПК-25 - Способен применять знание устройства и принципы трансформаторов, разъединителей, выключателей, реакторов, заземляющих устройств, устройств молниезащиты, релейной защиты и автоматики, кабельных и воздушных линий электропередачи, газовых защит | З-14 - Характеризовать устройства защиты электрическими аппаратами У-14 - Анализировать устройства защиты электрооборудования П-14 - Оформить презентацию по устройствам защиты электрических аппаратов |

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Высоковольтная силовая электроника

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|------------------------------|--|------------------|---------------------------|
| 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 | Введение | Перспективы использования силовых электронных аппаратов и преобразователей для управления потоками энергии в современной электроэнергетике |
| P2 | Силовые электронные ключи | |
| P2, T1 | | 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 | Статические коммутационные аппараты и регуляторы постоянного тока | |
| P3, T1 | | Транзисторные реле и контакторы. Тиристорные контакторы. Гибридные аппараты постоянного тока. |
| P3, T2 | | 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 | Генераторы постоянного высокого напряжения | Преобразование переменного напряжения в высокое постоянное. Простые выпрямительные схемы. Умножители напряжения. Каскадные генераторы постоянного напряжения. |
| P5 | Дальние электропередачи постоянного тока высокого напряжения | |
| P5, T1 | | 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. |
| P5, T2 | | Инверторный режим работы преобразователя тока. Процессы коммутации и условия опрокидывания инвертора. Внешние характеристики инвертора тока. |
| P5, T2 | | Современная работа выпрямителя и инвертора: <input type="checkbox"/> в нерегулируемом режиме ($\alpha=\text{const}$, $\beta=\text{const}$) <input type="checkbox"/> при стабилизации угла выключения $\delta=\text{const}$ <input type="checkbox"/> 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 |
|---|---|--|---|---|
| Профессиональное воспитание | профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы | ПК-24 - Способен применять знание технологии, аппаратуры, приборов и приспособлений для диагностики, испытаний и измерений высоковольтного оборудования | З-12 - Объяснить принцип управления диодом, транзистором и тиристором У-13 - Оценивать измерительные приборы для снятия ВАХ П-12 - Выполнять сборку измерительных схем для снятия ВАХ |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Высоковольтная силовая электроника

Электронные ресурсы (издания)

1. 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)
2. Семенов, Б. Ю.; Силовая электроника: профессиональные решения; ДМК Пресс, Москва; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=129699> (Электронное издание)
3. Белоус, А. И.; Полупроводниковая силовая электроника; Техносфера, Москва; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273783> (Электронное издание)

Печатные издания

1. 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.)
2. , 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.)

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.phpr=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.

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

Высоковольтная силовая электроника

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 |
|-------|---|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 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 Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES GoogleChrome MozillaFirefox |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет | GoogleChrome MozillaFirefox |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет | GoogleChrome MozillaFirefox |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов | GoogleChrome MozillaFirefox |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет | |
|--|--|--|--|

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Устройства защиты энергооборудования и
управления электрических аппаратов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|--------------------------------|--|------------------------------|----------------------|
| 1 | Яковенко Светлана Равилевна | без ученой степени | старший преподават ель | Электротехники |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Яковенко Светлана Равилевна, старший преподаватель, 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 | Принципы построения сетей и требования к применяемой аппаратуре | 1.1. Структура распределительных сетей низкого напряжения, особенности и требования каждого уровня системы электроснабжения 1.2. Функциональные возможности аппаратуры низкого напряжения: секционирование, управление, защита, измерения. 1.3. Основные виды аппаратов низкого напряжения. Классификация. Технологические и конструктивные особенности оборудования. Стандартизуемые параметры и характеристики. |
| P2 | Координация защит | 2.1. Классификация и основные электрические характеристики автоматических выключателей. 2.2. Категории применения выключателей 2.3. Токоограничение автоматических выключателей 2.4. Селективность автоматических выключателей, основные виды селективности: токовая, временная, логическая, энергетическая. 2.5. Каскадное соединение выключателей |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | 2.6. Практические способы согласования характеристик выключателей по селективности. Выбор выключателей по селективности. |
| Р3 | Основные виды защит в электроустановках. Оборудование и особенности организации защиты. | 3.1. Защита установок от сверхтоков: перегрузка и ток короткого замыкания. 3.2. Защита двигателей 3.3. Защита от замыканий на землю 3.4. Защита персонала от поражения электрическим током при прямом и косвенном прикосновении 3.5. Защита оборудования от перенапряжений. |
| Р4 | Автоматические выключатели | Конструкция воздушного выключателя и его основные элементы: дополнительные контакты и расцепители, устройства управления, цифровые блоки управления. Исполнения и конструктивные особенности выключателей Управление выключателем: отключение, включение, возврат в исходное состояние. Защита от замыканий на землю и дифференциальная защита, схемы применения Микропроцессорные блоки контроля и управления. Коммуникационные функции блоков управления. Возможности использования с цифровыми станциями. . Подключение выключателей в сети передачи данных Выключатели нагрузки Предохранители. Классификация. Время-токовые характеристики. Дифференциальная защита. Выбор устройства. Дифференциальные блоки. Дифференциальные выключатели нагрузки. Дифференциальные выключатели. Автоматические выключатели модульные и дополнительное оборудование к ним. Автоматические устройства повторного включения. Автоматические выключатели со встроенным дистанционным управлением |
| Р5 | Оборудование защиты, управления и контроля: контакторы, пускатели, реле, датчики, ограничители перенапряжений | 1. Контакторы, магнитные пускатели. Основные параметры, режимы работы. Основные функциональные узлы контакторов. Конструкция контакторов постоянного и переменного тока. Электромагнитный привод, контактные системы. Выбор контакторов и магнитных пускателей. Многофункциональные устройства управления и защиты Координация системы автоматический выключатель - контактор. 2. Реле. Принцип действия и классификация. Основные параметры реле и требования к ним |

| | | |
|-----------|---------------------|---|
| | | <p>Электромагнитные реле напряжения и тока. Регулирование уставки электромагнитных реле.</p> <p>Тепловые реле. Принцип действия, конструкция, время-токовые характеристики. Импульсные реле. Реле времени. Реле отключения неприоритетной нагрузки.</p> <p>3. Элементы управления и контроля.</p> <p>Кнопки. Переключатели. Сумеречные выключатели. Таймеры. Диммеры. Термостаты. Световые индикаторы</p> |
| Р6 | Цифровое управление | <p>Принципы цифрового управления системами защиты сетей низкого напряжения. Сети Модбас и оборудование для подключения к сетям. Интерфейс связи Смартлинк.</p> <p>Цифровизация распределительных сетей низкого напряжения и перспективы развития цифровых технологий в защите и управлении автоматическими выключателями.</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 |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | <p>учебно-исследовательская, научно-исследовательская</p> <p>профориентационная деятельность</p> | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-25 - Способен применять знание устройства и принципы трансформаторов, разъединителей, выключателей, реакторов, заземляющих устройств, устройств молниезащиты, релейной защиты и автоматики, кабельных и воздушных линий электропередачи, газовых защит | <p>З-14 - Характеризовать устройства защиты электрическими аппаратами</p> <p>У-14 - Анализировать устройства защиты электрооборудования</p> <p>П-14 - Оформить презентацию по устройствам защиты электрических аппаратов</p> |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Устройства защиты энергооборудования и управления электрических аппаратов

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ : практическое руководство.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57229> (Электронное издание)
2. Титков, В. В.; Перенапряжения и молниезащита : учебное пособие.; Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363061> (Электронное издание)

Печатные издания

1. 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

Руководство по селективности и каскадированию:
<https://www.se.com/ru/ru/download/document/LVPED318033RU/>

Руководство по устройству электроустановок: <https://www.se.com/ru/ru/download/document/MKP-CAT-ELGUIDE-19/>

Умный щит: https://www.se.com/ru/ru/download/document/LV_ENLX_ACQEN/

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.

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

Устройства защиты энергооборудования и управления электрических аппаратов

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 |
|-------|--------------|---|---|
|-------|--------------|---|---|

| | | | |
|---|---|--|--|
| 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>Периферийное устройство</p> | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> | Не требуется |
| 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> | GoogleChrome MozillaFirefox |
| 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> | GoogleChrome MozillaFirefox |