

**ПРОГРАММА**  
**Федерального Интернет-экзамена**  
**для выпускников бакалавриата (ФИЭБ)**  
**Направление подготовки**  
**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**  
**Уровень высшего образования**  
**БАКАЛАВРИАТ**

Федеральный интернет-экзамен для выпускников бакалавриата (ФИЭБ) – внешняя независимая оценка качества подготовки бакалавров.

Цель ФИЭБ – оценка индивидуальных результатов освоения основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) на соответствие требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) по направлениям подготовки бакалавриата.

ФИЭБ проводится в вузах – базовых площадках, в оборудованных компьютерами аудиториях в режиме online. Продолжительность экзамена составляет 180 минут.

В рамках ФИЭБ студент получает экзаменационный билет, состоящий из двух частей. Экзаменационный билет представлен педагогическими измерительными материалами (ПИМ) в тестовой форме.

**Первая часть ПИМ** представляет собой полидисциплинарное тестирование. В первой части студенту предлагается 20 тестовых заданий по определенному перечню дисциплин (предметных полей). Для определения конкретных дисциплин (предметных полей), которые войдут в этот перечень, студенту необходимо самостоятельно осуществить выбор дисциплин (предметных полей) из предложенного списка. Студент должен **выбрать не менее 4 дисциплин (предметных полей)** из предложенных. Комплект заданий первой части ПИМ формируется методом случайной выборки.

**Вторая часть ПИМ** включает междисциплинарные кейс-задания, которые соответствуют типам задач профессиональной деятельности, определенным в Федеральном государственном образовательном стандарте по данному направлению подготовки (уровень высшего образования – бакалавриат).

Кейс-задание представлено общим фрагментом, в котором обозначена практико-ориентированная ситуация, и заданиями в тестовой форме, выполняя которые студент демонстрирует готовность к решению профессиональных задач в соответствии с конкретным типом задач профессиональной деятельности. Общий фрагмент может содержать дополнительные материалы – документы в виде файлов для скачивания и последующей работы с ними. Студенту необходимо самостоятельно **выбрать 3 типа задач профессиональной деятельности ФГОС** в соответствии с программой экзамена по направлению подготовки, ориентируясь на конкретную ОПОП, по которой он завершает обучение.

Результаты ФИЭБ оцениваются следующим образом. Каждое правильно выполненное задание первой части позволяет набрать студенту 2 балла. Результаты выполнения первой части ПИМ оцениваются с учетом частично выполненных заданий. Максимальное количество баллов, которое может получить студент, правильно выполнивший задания первой части, составляет **40 баллов**. Максимальное количество баллов за правильное выполнение конкретной подзадачи междисциплинарного кейса устанавливается с учетом его сложности. Правильно выполненные кейс-задания второй части ПИМ позволяют набрать студенту **60 баллов**. За верное выполнение всех заданий экзаменационного билета (ПИМ) можно получить максимально **100 баллов**.

## Часть 1 ПИМ

Студенту предлагается 20 тестовых заданий по определенному перечню дисциплин (предметных полей). Студентом должно быть выбрано **не менее 4 дисциплин** (предметных полей) из предложенных.

### Безопасность жизнедеятельности

#### Теоретические основы безопасности жизнедеятельности

Основные понятия, термины и определения. Опасности и их источники, количественная характеристика опасности, концепция приемлемого риска. Системы безопасности. Характеристика человека как элемента системы «человек – среда обитания».

#### Безопасность жизнедеятельности на производстве

Предмет, понятия, основные задачи безопасности жизнедеятельности на производстве. Основные законодательства Российской Федерации об охране труда. Техника безопасности на производстве. Производственная санитария, гигиена труда и личная гигиена.

#### Негативные факторы производственной среды и условий трудовой деятельности

Классификация негативных факторов. Вредные вещества. Световой и воздушно-тепловой режимы помещений. Вибрация и шум. Электрический ток. Постоянное магнитное поле. Электромагнитное поле промышленной частоты. Электромагнитное поле радиочастотного диапазона. Излучения. Ионизирующие излучения. Статическое электричество.

#### Основы электробезопасности

Общие требования к электробезопасности. Защита от электромагнитных излучений, статических электрических и магнитных полей. Контроль уровня излучений и напряженности полей различного частотного диапазона. Методы и средства обеспечения электробезопасности. Индивидуальные средства защиты от поражения электрическим током. Защита от статического электричества. Технические способы обеспечения безопасности эксплуатации электроустановок. Молниезащита зданий и сооружений – типы молниеотводов, устройство молниезащиты и требования к ее выполнению.

#### Первая медицинская помощь

Понятие о первой медицинской помощи и ее объемах в чрезвычайных ситуациях различного характера. Действие электрического тока на человека. Оказание первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

#### Список литературы

1. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техногенная безопасность) : учеб. для академического бакалавриата / С. В. Белов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2015. – 701 с.
2. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / под ред. Л. А. Михайлов. – СПб. : Питер, 2012. – 461 с.
3. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учеб. пособие / В. А. Акимов, Ю. Л. Воробьев, М. И. Фалеев [и др.]. – М. : Абрис, 2012. – 592 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / Я. Д. Вишняков [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 304 с.

5. Беляков, Г. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. для вузов / Г. И. Беляков. – СПб. : Лань, 2009. – 512 с.
6. Макашев, В. А. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них : учеб. пособие / В. А. Макашев, С. В. Петров. – М. : ЭНАС, 2008. – 224 с.
7. Охрана труда : справочник / сост. проф. Э. А. Арустамов. – М. : Дашков и К°, 2008. – 588 с.

## **Общая энергетика**

### **Тепловые и атомные станции**

Типы тепловых и атомных электростанций. Теоретические основы преобразования энергии в тепловых двигателях. Паровые котлы и их схемы.

### **Гидроэнергетика**

Основы использования водной энергии. Регулирование речного стока водохранилищами Гидроэлектростанция (ГЭС). Гидротехнические сооружения ГЭС. Энергетическая система, графики нагрузки, роль гидроэнергетических установок в формировании и функционировании единой энергетической системы (ЕЭС) России. Оборудование гидроэнергетических установок. Управление агрегатами ГЭС.

### **Ядерная энергетика**

Ядерные энергетические установки, типы ядерных реакторов. Паровые турбины. Энергетический баланс тепловых и атомных электростанций. Тепловые схемы тепловой электростанции (ТЭС) и атомной электростанции (АЭС). Вспомогательные установки и сооружения тепловых и атомных электростанций

### **Нетрадиционные источники энергии**

Нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). Малая гидроэнергетика, солнечная, ветровая, волновая, приливная и геотермальная энергетика, биоэнергетика. Источники энергопотенциала. Основные типы энергоустановок на базе НВИЭ и их основные характеристики. Методы расчета энергоресурсов основных видов НВИЭ. Накопители энергии. Использование низкопотенциальных источников энергии. Энергосберегающие технологии. Перспективы использования НВИЭ.

## **Список литературы**

1. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент / А. А. Андрижиевский. – М. : Наука, 2005. – 294 с.
2. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика. Основное оборудование : учеб. для академического бакалавриата / Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасангаджиев, В. С. Кожиченков. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 416 с.
3. Гольстрем, В. А. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов. – М. : Техника, 2007. – 384 с.
4. Григорьев, Л, Салихов, М. Энергетический баланс России : анализ и оценка /Л. Григорьев, М. Салихов // Экономическое обозрение. 2007. – № 6. – С. 47–55.
5. Кузовкин, А. И. Реформирование электроэнергетики и энергетическая безопасность / А. И. Кузовкин. – М. : Институт микроэкономики, 2006. – 388 с.
6. Петкин, А. М. Экономия энергоресурсов : резервы и факторы эффективности / А. М. Петкин. – М. : Владос, 2007. – 350 с.
7. Розенгарт, Ю. И. Вторичные энергетические ресурсы и их использование / Ю. И. Розенгарт. – М. : Высшая школа, 2008. – 328 с.

## **Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем**

### **Общие вопросы выполнения релейной защиты (РЗ) электроэнергетических систем (ЭЭС)**

Основные виды повреждений и ненормальных режимов работы ЭЭС. Краткая характеристика. Векторные диаграммы токов и напряжений при коротких замыканиях (КЗ). Расчет токов КЗ и остаточных напряжений. Назначение и функции релейной защиты. Требования к устройствам РЗ. Селективность защиты. Способы ее обеспечения. Характеристики защит с абсолютной и относительной селективностью. Быстродействие и чувствительность защит. Требования, оценка. Основные принципы выполнения РЗ. Необходимость резервирования. Ближнее и дальнее резервирование.

### **Токовые ступенчатые защиты линии в радиальных сетях с односторонним питанием**

Принцип действия, структура. Характеристик выдержек времени. Назначение ступеней. Выбор параметров срабатывания и оценка трехступенчатой токовой защиты от междуфазных КЗ. Неселективные отсечки. Использование симметричных составляющих тока обратной (ОП) и нулевой (НП) последовательности. Преимущества защит. Особенности выполнения и выбора параметров срабатывания токовой защиты НП от КЗ на землю в сетях с напряжением  $U_{г.ном} \geq 110$  кВ. Область применения и оценка токовых ступенчатых защит.

### **Направленные защиты с относительной селективностью для сетей с двусторонним питанием**

Требования и особенности выполнения защит с относительной селективностью на линиях с двусторонним питанием. Органы направления мощности (ОНМ). Выбор параметров срабатывания токовых направленных защит в радиальной сети с двумя источниками питания и в кольцевой сети с одним источником питания. Принцип действия дистанционной защиты. Структура трехступенчатой дистанционной защиты. Характеристики измерительных органов сопротивления (ИОС). Выбор параметров срабатывания трехступенчатой дистанционной защиты с учетом характеристик ИОС. Учет влияния качаний на работу токовой направленной и дистанционной защит. Сравнение и оценка защит. Область применения.

### **Защита с абсолютной селективностью**

Способы выполнения защит с абсолютной селективностью. Виды каналов связи. Принцип действия дифференциальной токовой продольной защиты. Применение дифференциального принципа при выполнении защит линии. Параметры срабатывания защит. Принцип действия и выполнения дифференциально-фазной токовой защиты линий (ДФЗ) с высокочастотной блокировкой. Выбор параметров срабатывания пусковых органов. Оценка защиты. Принцип действия направленных защит с высокочастотной блокировкой. Дифференциальная поперечная токовая направленная защита параллельных линий. Принцип действия и структура защиты. Выбор параметров срабатывания. Оценка защиты.

### **Особенности выполнения комплексов релейной защиты силового оборудования электрических станций и подстанций**

Общие требования к выполнению комплексов защит энергообъектов в соответствии с действующими нормативно-техническими документами. Релейная защита синхронных генераторов. Основные виды повреждений и ненормальных режимов работы. Основные и резервные защиты. Действие защит. Релейная защита трансформаторов и автотрансформаторов. Основные и резервные защиты и их действие. Особенности выполнения дифференциальной защиты. Релейная защита блоков генератор-трансформатор. Требования к защитами. Состав комплекса. Некоторые вопросы выполнения релейной защиты шин разного уровня напряжения.

### Список литературы

1. Дьяков, А. Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов / А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. 2-е издание, стер. М. : Издательский дом МЭИ, 2010. – 336 с.
2. Захаров, О.Г. Цифровые устройства релейной защиты электродвигателей. Алгоритмы и уставки (Часть 1). – М. : НТФ «Энергопрогресс», 2012 г., – 82с: ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 12 (168)].
3. Захаров, О.Г. Цифровые устройства релейной защиты электродвигателей. Алгоритмы и уставки (Часть 2). – М. : НТФ «Энергопрогресс», 2013 г., – 82с: ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 12 (168)].
4. Кривенков, В. В. Релейная защита и автоматика энергосистем : учеб. пособие /В. В. Кривенков; под ред. А. Ф. Дьякова. – М. : Издательство МЭИ, 2012. – 164 с.
5. Шабад, М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М. А. Шабад. – 5-е изд., испр. и доп. – СПб. : ПЭИПК, 2012. – 350 с.
6. Электротехнический справочник. В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. В. Г. Герасимова [и др.]. – 8-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 964 с.

### Силовая электроника

#### Электронные устройства и элементная база силовой электроники

Основные этапы развития силовой электроники и ее место в современной технике. Силовые полупроводниковые приборы, их основные типы и характеристики. Применение пассивных компонентов в силовых электронных устройствах. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии и их применение.

#### Преобразователи с сетевой коммутацией

Основные схемы однофазных выпрямителей, принцип их действия и характеристики. Трехфазные выпрямители, принцип работы и характеристики (регулируемые, нагрузочные и энергетические). Искажение входного тока выпрямителей и пульсации выпрямленного напряжения, выходные фильтры. Работа выпрямителей на противо-ЭДС и емкостный фильтр.

#### Автономные инверторы

Однофазная мостовая схема инвертора напряжения. Однофазный инвертор тока на полностью управляемых ключах. Регулирование выходного напряжения и тока в инверторах, широтно-импульсная модуляция. Трехфазный инвертор напряжения, способы управления и характеристики.

#### Преобразователи частоты и регуляторы переменного тока

Прямые тиристорные преобразователи частоты. Тиристорные регуляторы напряжения, принцип действия и характеристики. Компенсаторы реактивной мощности на встречноключенных тиристорах. Преобразователи переменного / постоянного тока на полностью управляемых электронных ключах и их функциональные возможности.

#### Импульсные регуляторы постоянного тока

Принцип действия импульсных преобразователей постоянного тока, понижающий транзисторный регулятор. Повышающий и инвертирующий регуляторы, режимы их работы и характеристики. Регулирование выходного напряжения в схемах регуляторов.

### Список литературы

1. Основы преобразовательной техники : учеб. пособие для вузов / О.З. Попков. – 3-е изд. – М. : Издательский дом МЭИ, 2010. – 200 с.
2. Силовая электроника : учеб. для вузов / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. – 2-е изд., стереотипное – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 632 с.

3. Справочник по силовой электронике / Ю. К. Розанов [и др.]; под ред. Ю. К. Розанова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 472 с.
4. Силовая электроника : учеб. пособие для бакалавров / Г. С. Зиновьев. 5-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2012. – 667 с.
5. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 2. Силовые электронные аппараты : учеб. для студентов высших учеб. заведений / Е. Г. Акимов [и др.]; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М. : Академия, 2010. – 352 с.

## **Теоретические основы электротехники**

### **Основные понятия и законы электрических и магнитных цепей, физические основы электротехники**

Физические основы электротехники. Элементы электрических цепей. Топологические понятия. Основные законы электрических цепей.

### **Методы анализа электрических и магнитных цепей**

Эквивалентные преобразования линейных электрических цепей. Метод контурных токов. Метод эквивалентного генератора. Баланс мощностей. Методы анализа нелинейных резистивных цепей постоянного тока. Методы анализа магнитных цепей с постоянными магнитными потоками.

### **Теория электрических и магнитных цепей переменного тока**

Способы представления синусоидальных электрических величин. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока. Резонансные явления в линейных электрических цепях синусоидального тока. Расчет электрических цепей при периодических несинусоидальных воздействиях. Трехфазные цепи. Нелинейные цепи переменного тока.

### **Переходные процессы в линейных электрических цепях и методы их расчета**

Основные понятия и законы. Расчет переходных процессов в  $R-L$  цепях первого порядка. Расчет переходных процессов в  $R-C$  цепях первого порядка. Расчет переходных процессов в цепях второго порядка.

### **Методы анализа линейных цепей с многополюсными элементами и цепей с распределенными параметрами**

Основные определения и классификация четырехполюсников. Уравнения и режимы работы четырехполюсников. Характеристические параметры и передаточные функции четырехполюсников. Цепи с распределенными параметрами.

### **Теория электромагнитного поля**

Уравнения электромагнитного поля. Электростатическое поле. Стационарные электрические и магнитные поля. Переменные электромагнитные поля в проводящей среде и диэлектрике.

### **Электромагнитные устройства и основы электроники**

Трансформаторы. Электрические машины. Элементная база современных электронных устройств. Электронные устройства.

## **Список литературы**

1. Атабеков, Г. И. Основы теории цепей : учеб. / Г. И. Атабеков. – СПб. : Лань, 2017 – 424 с.
2. Башарин, С. А. Теоретические основы электротехники. Теория электрических цепей и электромагнитного поля / С. А. Башарин, В. В. Федоров. – М. : Академия, 2008. – 304 с.
3. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 1. Электрические цепи : учеб. для академического бакалавриата / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп.

- М. : Юрайт, 2019. – 831 с.
4. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 2. Электромагнитное поле : учебник для академического бакалавриата / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2019. – 389 с.
  5. Евдокимов, Ф. Е. Теоретические основы электротехники / Ф. Е. Евдокимов. – М. : Академия, 2008. – 560 с.
  6. Нейман, Л. Р. Теоретические основы электротехники. В 3т. Т. 1 / Л. Р. Нейман, К. С. Демирчян. – М. : Феникс, 2007. – 536 с.

## **Теория автоматического управления**

### **Основные понятия теории автоматического управления, классификация систем управления**

Основные понятия управления. Функциональная схема. Законы автоматического управления. Принципы автоматического управления.

### **Математическое описание линейных непрерывных систем управления**

Структурные схемы систем управления и их преобразования. Линеаризация. Преобразования Лапласа. Типовые воздействия. Типовые звенья, их передаточные функции и переходные характеристики. Частотные характеристики. Амплитудно-частотные характеристики, фазо-частотные характеристики, амплитудно-фазовые частотные характеристики.

### **Устойчивость линейных систем автоматического управления**

Устойчивость по Ляпунову. Критерий Гурвица. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста, запас устойчивости. Метод Д-разбиения.

### **Качество процессов регулирования**

Прямые показатели качества. Косвенные показатели качества.

### **Дискретные системы управления**

Основные характеристики дискретных систем управления.

### **Нелинейные системы управления**

Основные характеристики нелинейных систем управления.

## **Список литературы**

1. Бурьян, Ю. А. и др. Теория автоматического управления: линейные системы : учеб. пособие / Ю. А. Бурьян, М. В. Силков, В. Н. Сорокин, Д. В. Ситников. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2005. – 76 с.
2. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления : учеб. для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)» (направление подготовки дипломированных специалистов «Автоматизированные технологии и производства») / А. Р. Гайдук. – Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2009. – 432 с.
3. Лысов, В. Е. Теория автоматического управления : учеб. пособие / В. Е. Лысов. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 454 с.
4. Мирошник, И. В. Теория автоматического управления. Линейные системы / И. В. Мирошник – СПб : Питер, 2005. – 336 с.
5. Мирошник, И. В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы / И. В. Мирошник. – СПб : Питер, 2006. – 271 с.
6. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления : учебник для вузов / В. Я. Ротач. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.

## **Техника высоких напряжений**

### **Внешняя изоляция электрооборудования высокого напряжения**

Развитие электрического разряда в газах. Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи. Изоляция воздушных линий электропередачи. Учет атмосферных условий при определении разрядных напряжений.

### **Внутренняя изоляция электрооборудования высокого напряжения**

Регулирование электрических полей во внутренней изоляции (градирование). Регулирование электрических полей во внутренней изоляции (полупроводящие покрытия). Изоляционные конструкции с однородным и неоднородным электрическим полем. Электроизоляционные конструкции высокого напряжения.

### **Контроль состояния изоляции электрооборудования ВН**

Контроль состояния установок высокого напряжения по сопротивлению изоляции. Тангенс угла диэлектрических потерь изоляционных конструкций. Частичные разряды во внутренней изоляции.

### **Защита от внутренних перенапряжений**

Перенапряжения при отключении малых индуктивных токов. Повышение напряжения в конце разомкнутой линии. Перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью. Перенапряжения при включении разомкнутой линии.

### **Молниезащита и защита от грозовых перенапряжений**

Молния и грозовая деятельность. Молниезащита подстанций. Защитное действие молниеотвода. Молниезащита воздушных линий электропередачи. Защита подстанций от грозовых перенапряжений.

## **Список литературы**

1. Бортник, И. М. Электрофизические основы техники высоких напряжений : учеб. для вузов / И. М. Бортник. – М. : Издательский дом МЭИ, 2010. – 704 с.
2. Дьяков, А. Ф. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике : учеб. для вузов / А. Ф. Дьяков [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2011. – 544 с.
3. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений : учеб.-справочное руководство / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель; пер. с англ. – Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 520 с.
4. Соколова, М. В. Поверхностный электрический разряд в электротехнологических устройствах и в изоляционных конструкциях : учеб. пособие / М. В. Соколова, С. А. Кривов, А. Г. Темников. – М. : Изд. дом МЭИ, 2012. – 83 с.
5. Частичные разряды и методы их измерения / А. М. Андреев [и др.]; под ред. А. И. Таджибаева. – СПб. : ПЭИПК, 2010. – 48 с.

## **Электрические и электронные аппараты**

### **Электрические аппараты распределения электрической энергии**

Электрические аппараты, их основные виды, назначение и место в системах передачи электрической энергии. Предохранители. Автоматические выключатели: назначение и устройство. Автоматические выключатели: технические параметры и характеристики.

Выбор автоматических выключателей. Устройства защитного отключения, их элементы, их выбор и схемы включения.

### **Электрические аппараты управления и их электромагнитный привод**

Схема прямого пуска двигателя и применяемые аппараты. Контактторы и пускатели. Устройство. Категории применения и выбор. Тепловые реле, устройства и характеристики. Электромагнитный привод постоянного тока контакторов и реле. Электромагнитный привод переменного тока контакторов и реле.

## **Процессы и явления в электрических аппаратах**

Тепловые процессы. Стационарный и переходный режим. Адиабатический нагрев и термическая стойкость при КЗ. Контактные явления в электрических аппаратах. Дуговые процессы и условия гашения дуги при постоянном и переменном токе.

## **Электронные ключи и периодическая коммутация активно-реактивных цепей.**

### **Пассивные компоненты**

Сравнительный анализ электронных ключей и механических контактов на основе понятия идеальный ключ. Периодическая коммутация. Особенности работы электронных ключей при коммутации активно-реактивных нагрузок. Статические потери мощности в электронных ключах и методы аппроксимации вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов для расчета потерь. Динамические потери мощности в электронных ключах и их схемы замещения для расчета потерь. Пассивные компоненты и особенности их работы в импульсных режимах.

## **Прерыватели (электронные и гибридные коммутационные аппараты) и электронные регуляторы**

Тиристорные коммутационные аппараты с естественной и искусственной коммутацией. Коммутационные аппараты на полностью управляемых ключах. Гибридные коммутационные аппараты. Регуляторы постоянного тока. Регуляторы переменного тока.

### **Список литературы**

1. Бойченко, Л. П. Электрические и электронные аппараты : / учеб. пособие / Л. П. Бойченко, П. С. Шичёв. Ухта : УГТУ, 2014. – 166 с.
2. Крицштейн, А. М. Электрические и электронные аппараты : учебное пособие / А. М. Крицштейн. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 106 с.
3. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / Е. Г. Акимов [и др]; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М. : Академия, 2010. – 352 с.
4. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Е. Г. Акимов и др.] ; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.
5. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 2. Электромеханические аппараты : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Е. Г. Акимов и др.] ; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.

## **Электрические машины**

### **Трансформаторы**

Конструкция и принцип действия трансформатора. Работа трансформатора при холостом ходе и под нагрузкой. Основные уравнения и схемы замещения приведенного трансформатора. Схемы и группы соединения обмоток 3-фазных трансформаторов. Основные (паспортные) данные трансформатора и расчет параметров схемы замещения.

### **Асинхронные машины**

Конструкция, принцип действия асинхронной машины (АМ). Ряд синхронных скоростей. Параметры схемы замещения АМ, их физическая сущность. Механические характеристики асинхронного двигателя (АД). Особые точки характеристики. Способы пуска асинхронного двигателя. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя.

### **Синхронные машины**

Конструкция и принцип действия синхронной машины (СМ). Основные характеристики автономного синхронного генератора. Способы и условия синхронизации. Способы пуска синхронного двигателя.

## **Машины постоянного тока**

Конструкция и принцип действия машины постоянного тока. Основные характеристики двигателей постоянного тока (ДПТ). Способы регулирования скорости двигателей постоянного тока. Основные характеристики генераторов постоянного тока.

### **Список литературы**

1. Беспалов, В. Я. Электрические машины: учебник / В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2013. – 319 с.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учеб. для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб. : Питер, 2008. 350 с.
3. Вольдек, А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы : учеб. для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб. : Питер, 2008. – 320 с.
4. Гольдберг, О. Д. Электромеханика : учеб. для вузов / О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская. – М. : Академия, 2007. – 501 с.
5. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. В 2 т. Т.1 : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : МЭИ, 2004. – 652 с.
6. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. В 2 т. Т.2 : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : МЭИ, 2004. – 532 с.
7. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 1 : учеб. для академического бакалавриата / И. П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 267 с.
8. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 2 : учеб. для академического бакалавриата / И. П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 407 с.

## **Электрические станции и подстанции**

### **Современные типы электростанций и подстанций**

Технологические схемы электростанций. Перспективные источники электроэнергии. Распределение нагрузки между электростанциями разных типов. Понятие о графиках нагрузок электростанций и подстанций. Категории надежности электроснабжения потребителей.

### **Синхронные генераторы**

Основные параметры и эксплуатационные характеристики. Конструктивные особенности генераторов. Системы охлаждения. Современные системы возбуждения и предъявляемые к ним требования. Способы включения генераторов в сеть.

### **Силовые трансформаторы и автотрансформаторы**

Основные параметры и конструктивные особенности. Системы охлаждения. Тепловые режимы трансформаторов. Особенности автотрансформаторов. Способы изменения коэффициента трансформации.

### **Нагрев проводников и электрических аппаратов**

Общие сведения о токах короткого замыкания. Нагрев проводников и электрических аппаратов в продолжительных режимах, допустимые температуры нагрева. Нагрев проводников и электрических аппаратов при коротких замыканиях, допустимые температуры нагрева. Термическая стойкость проводников и электрических аппаратов. Электродинамическая стойкость проводников и электрических аппаратов.

### **Коммутационные электрические аппараты**

Отключение цепи переменного тока. Процесс гашения электрической дуги в коммутационных аппаратах. Типы выключателей и их конструктивные особенности. Основные параметры и эксплуатационные характеристики современных выключателей, разъединителей и других электрических аппаратов. Измерительные трансформаторы напряжения и тока.

## **Электрические схемы электростанций и подстанций и схемы распределительных устройств электроустановок**

Виды электрических схем. Роль и взаимосвязь элементов. Назначение и особенности структурных и принципиальных схем электростанций разных типов. Типовые группы схем распределительных устройств, их характеристики, условия функционирования и область применения. Заземления в электроустановках и режим нейтрали. Способы электроснабжения собственных нужд.

### **Список литературы**

1. Балаков, Ю. Н. Проектирование схем электроустановок : учеб. пособие для вузов / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. – 3-е изд, стереотип. – М. : Издательство МЭИ, 2009. – 288 с.
2. Коломниец, Н. В. Электрическая часть станций и подстанций : учебное пособие / Н. В. Коломниец, Н. Р. Пономарчук, В. В. Шестакова – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 143 с.
3. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учеб./ Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова . – 2-е изд. – М.: Академия, 2005. – 448 с.
4. СТО 56947007-29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения.
5. Электрическая часть электростанций и подстанций : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» / В. А. Старшинов, М. В. Пираторов, М. А. Козина, под ред. В. А. Старшинова. – М. : Издательство МЭИ, 2015. – 295 с.
6. Электрическая часть атомных электростанций : учеб. пособие / В. П. Васин, В. А. Старшинов. – М. : Издательство МЭИ, 2005 – 208 с.

## **Электрический привод**

### **Механика электропривода**

Виды и математическое описание механического движения элементов электропривода. Расчетные схемы механической части электропривода. Анализ установившегося движения элементов электропривода. Анализ неустановившегося (переходного) движения элементов электропривода. Анализ устойчивости установившегося движения элементов электропривода.

### **Электропривод с двигателем постоянного тока независимого возбуждения**

Схемы включения и характеристики двигателя. Энергетические режимы работы двигателя. Способы и показатели регулирования скорости двигателя. Способы торможения двигателя. Схемы управления электропривода с двигателем независимого возбуждения.

### **Электропривод с двигателями переменного тока**

Схемы включения и характеристики трехфазного асинхронного двигателя. Способы и показатели регулирования скорости асинхронного двигателя. Способы торможения двигателя. Схемы включения и характеристики трехфазного синхронного двигателя.

### **Энергетика электроприводов**

Потери мощности в двигателях в установившемся режиме работы электропривода. Потери энергии в двигателях в неустановившемся режиме работы электропривода. КПД двигателей. Коэффициент мощности  $\cos\varphi$  асинхронных и синхронных двигателей. Электросбережение в электроприводах.

### **Элементы проектирования электроприводов**

Назначение, общая схема и классификация электроприводов. Расчет мощности и предварительный выбор серийного электродвигателя. Методы проверки двигателя по

нагреву. Выбор силовых преобразователей. Выбор механической передачи.

### **Список литературы**

1. Белов, М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : учеб. / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. – М. : Академия, 2007. – 576 с.
2. Епифанов, А. П. Электропривод : учеб. / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гушинский. – СПб. : Лань, 2012. – 400 с.
3. Ильинский, Н. Ф. Электропривод : энерго- и ресурсосбережение : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. Ф. Ильинский, В. В. Москаленко. – М. : Академия, 2008. – 208 с.
4. Кацман, М. М. Электрический привод : учеб. – М. : Академия, 2011. – 384 с.
5. Москаленко, В. В. Электрический привод : учеб. / В. В. Москаленко. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 364 с.
6. Онищенко, Г. Б. Электрический привод : учеб. / Г. Б. Онищенко. – М. : Академия, 2013. – 288 с.

## **Электроснабжение**

### **Общие сведения о системах электроснабжения различных объектов и их характерные особенности**

Напряжения электрических сетей, питающих различные объекты. Структура потребителей, графики электрических нагрузок. Характеристики графиков нагрузки элементов систем электроснабжения. Режимы работы нейтрали в системах электроснабжения. Схемы электрических соединений в системе электроснабжения.

### **Основные типы электроприемников и режимы их работы**

Основные характеристики электроприемников и режимов их работы. Электродвигатели. Осветительные установки. Электроприемники жилых домов. Промышленные электрические печи и нагревательные установки.

### **Методы расчета интегральных характеристик режимов и определения расчетных значений нагрузок**

Основные понятия теории вероятности. Характеристика нагрузки. Методы расчета электрических нагрузок.

### **Методы анализа надежности в системах электроснабжения**

Надежность технических систем. Категории электроприемников. Обеспечение надежности электроснабжения. Анализ надежности электроснабжения.

### **Качество электроэнергии в системах электроснабжения**

Нормы показателей качества электрической энергии согласно ГОСТ 32144-2013. Измерение и контроль показателей качества электрической энергии. Компенсация реактивной мощности.

### **Список литературы**

1. Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учеб. / Т. В. Анчарова, М. А. Рашевская, Е. Д. Стебунова. – М. : Форум : Инфра-М, 2014. – 416 с.
2. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. Электронный ресурс. Доступ из справ.-правовой системы Техэксперт <http://docs.cntd.ru/document/1200136419/>
3. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Электронный ресурс. Доступ из справ.-правовой системы Техэксперт <http://docs.cntd.ru/document/1200104301/>

4. Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение : учеб. пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М.: Радио-Софт, 2014. – 328 с.
5. Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. СПб: Лань, 2012. – 480 с.
6. Шведов, Г. В. Электроснабжение городов : электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети : учеб. пособие / Г. В. Шведов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2012. – 268 с.
7. Шведов, Г. В. Городские распределительные сети электрические сети : схемы и режимы нейтрали : учеб. пособие для вузов / Г. В. Шведов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2011. – 108 с.

## **Электротехническое и конструкционное материаловедение**

### **Общие сведения о строении материалов**

Агрегатные состояния вещества. Природа и типы связей атомов и молекул вещества. Дефекты структуры кристаллов. Элементы зонной теории конденсированных сред.

### **Диэлектрические материалы**

Поляризация диэлектриков. Виды поляризации. Поляризация полярных и неполярных диэлектриков: температурные зависимости диэлектрической проницаемости. Частотные зависимости диэлектрической проницаемости полярных и неполярных диэлектриков. Композиционные диэлектрики

### **Электропроводность диэлектриков**

Электропроводность диэлектриков различных агрегатных состояний. Температурные зависимости подвижности и концентрации носителей тока в твердых диэлектриках. Токи смещения, абсорбции, сквозной проводимости. Удельные объемное и поверхностное сопротивления диэлектриков.

### **Диэлектрические потери**

Виды потерь. Эквивалентные схемы замещения. Потери в диэлектриках различных агрегатных состояний. Температурные зависимости  $\operatorname{tg}\delta$ . Частотные зависимости  $\operatorname{tg}\delta$ .

### **Электрическая прочность диэлектриков**

Пробой газообразных диэлектриков. Виды газового разряда. Электрический пробой твердых диэлектриков. Тепловой пробой твердых диэлектриков. Электрохимический пробой. Старение диэлектриков при воздействии различных факторов. Классификация полупроводниковых материалов.

### **Полупроводниковые материалы**

Собственные и примесные полупроводники. Температурная зависимость удельной электропроводности полупроводников. Электропроводность полупроводников в сильных полях. p-n переход

### **Проводниковые материалы**

Классификация проводниковых материалов. Металлы и сплавы. Температурная зависимость удельного сопротивления проводников. Сверхпроводники.

### **Магнитные материалы**

Классификация магнетиков по значениям относительной магнитной проницаемости. Ферромагнетизм. Зависимости относительной магнитной проницаемости от температуры, напряженности и частоты внешнего магнитного поля. Магнитные потери.

## **Список литературы**

1. Готтштайн, Г. Физикохимические основы материаловедения : учеб. пособие для студентов и аспирантов ун-тов/ Г. Готтштайн. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 403 с.

2. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. – М. : Высшая школа, 2007. – 519 с.
3. Цирельсон, В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела : учеб. пособие для вузов / В. Г. Цирельсон. – 3-е изд. – М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. – 495 с.
4. Шишкин, Г. Г. Электроника : учеб. для бакалавров / Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2019. – 703 с.
5. Шишкин, Г. Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. – М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2011. – 408 с.
6. Электротехническое материаловедение. Сборник лабораторных работ : методическое пособие / В. Н. Бородулин, М. К. Дамбис, Ю. В. Зайцев и др. / . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012. – 64 с. <http://etm.mpei.ru/text/etmlab.pdf>

## **Электроэнергетические системы и сети**

### **Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях**

Состав электроэнергетической системы и электрической сети. Классификация электрических сетей. Классификация напряжения электрических сетей переменного тока.

### **Понятие режима электрической сети. Схемы замещения элементов электрических сетей и их параметры**

Классификация режимов ЭЭС. Схемы замещения основных элементов электрических сетей. Расчет параметров элементов электрических сетей. Характеристики графиков нагрузки.

### **Балансы мощностей в ЭЭС. Компенсация реактивной мощности**

Баланс активной мощности в ЭЭС, связь с частотой в ЭЭС. Баланс реактивной мощности в ЭЭС, связь с уровнем напряжения в узлах электрической сети. Характеристики источников реактивной мощности. Расчет баланса реактивной мощности в электрической сети. Принципы расстановки батарей конденсаторов в электрической сети.

### **Регулирование напряжения и частоты в ЭЭС**

Встречное регулирование напряжения с помощью РПН трансформаторов и автотрансформаторов. Регулирование напряжения с помощью АРВ генераторов. Регулирование напряжения в электрической сети. Принципы регулирования частоты в ЭЭС.

### **Расчет потерь активной мощности и электроэнергии в элементах ЭЭС**

Классификация потерь активной мощности в элементах ЭЭС. Расчет потерь активной мощности. Классификация потерь электроэнергии в ЭЭС. Расчет потерь электроэнергии в элементах ЭЭС. Мероприятия по уменьшению потерь электроэнергии в ЭЭС.

### **Технико-экономические основы проектирования электрических сетей**

Использование дисконтированных затрат при выборе оптимального варианта электрической сети. Расчет издержек на передачу электроэнергии по электрической сети. Дополнительные условия выбора оптимального варианта электрической сети. Составляющие капитальных затрат на сооружение ЛЭП.

### **Выбор конфигурации схем и основных параметров электрических сетей**

Принципы выбора схем электрических сетей. Расчет параметров режима электрической сети методом «в 2 этапа». Расчет параметров режима электрической сети методом «по данным начала». Расчет параметров режима электрической сети методом «по данным конца». Расчет параметров режима электрической сети с помощью специализированных программ.

## **Список литературы**

1. Глазунов, А. А. Проектирование районной электрической сети : методические указания к курсовому проектированию / А. А. Глазунов, Г. В. Шведов. – М. : Издательство МЭИ, 2010. – 72 с.
2. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учеб. для вузов. – М. : ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 592 с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – М. : ЭНАС, 2009. – 392 с.
4. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.
5. Электроэнергетические системы и сети : Конспект лекций : учеб. пособие / С. В. Локтионов, С. В. Шульженко. – М. : Издательство МЭИ, 2013. – 146 с.

## Часть 2 ПИМ

Студенту предлагаются междисциплинарные кейс-задания, которые соответствуют типам задач профессиональной деятельности, определенным в Федеральном государственном стандарте по данному направлению подготовки бакалавра, актуализированным в соответствии с профессиональными стандартами. При формировании заданий части 2 ПИМ *не учитывается перечень дисциплин (предметных полей)*, которые студент выбрал для полидисциплинарного тестирования в части 1 ПИМ.

Студент должен **выбрать 3 типа задач профессиональной деятельности ФГОС** в соответствии с программой экзамена по направлению подготовки, ориентируясь на конкретную ОПОП, по которой он завершает обучение.

**Типы задач профессиональной деятельности**, определенные Федеральным государственным образовательным стандартом по данному направлению подготовки бакалавриата<sup>1</sup>:

«1.12. В рамках освоения программы бакалавриата выпускники могут готовиться к решению задач профессиональной деятельности следующих типов:

- научно-исследовательский;**
- проектный;**
- конструкторский;**
- технологический;**
- эксплуатационный;**
- организационно-управленческий;**
- монтажный;**
- наладочный».**

Междисциплинарные кейс-задания, соответствующие типам задач, разработаны с учетом перечня основных задач профессиональной деятельности, представленного в проекте примерной основной образовательной программы по направлению подготовки.\*\*\*

«2.3. Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников

<b>Типы задач профессиональной деятельности</b>	<b>Задачи профессиональной деятельности</b>
научно-исследовательский	- анализ и обработка научно-технической информации по тематике исследования из отечественных и зарубежных источников; - проведение экспериментов по заданной методике, обработка и анализ результатов исследований; - составление отчетов и представление результатов выполненной работы
проектный	- сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности (ПД); - составление конкурентно-способных вариантов технических решений при проектировании объектов ПД; - выбор целесообразных решений и подготовка разделов предпроектной документации на основе типовых технических решений для проектирования объектов ПД

конструкторский	- разработка конструкторской документации; - контроль соответствия разрабатываемой конструкторской документации нормативным документам
технологический	- расчет показателей функционирования технологического оборудования и систем технологического оборудования объектов ПД; - ведение режимов работы технологического оборудования и систем технологического оборудования объектов ПД
эксплуатационный	- контроль технического состояния технологического оборудования объектов ПД; - техническое обслуживание и ремонт объектов ПД
организационно-управленческий	- организация работы малых коллективов исполнителей; - контроль и обеспечение соблюдения требований охраны труда, техники безопасности и экологической безопасности
монтажный	- монтаж объектов профессиональной деятельности
наладочный	- наладка и испытания объектов профессиональной деятельности.» <sup>***</sup>

<sup>1</sup> Приказ Минобрнауки России от 28 февраля 2018 г. № 144 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника» С изменениями и дополнениями от: 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г., 19 июля 2022 г. (Зарегистрировано в Минюсте России 22.03.2018 № 50467) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203%2B%2B/Bak/130302\\_B\\_3\\_08112022.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203%2B%2B/Bak/130302_B_3_08112022.pdf)

<sup>\*\*\*</sup> [https://fgosvo.ru/uploadfiles/Projects\\_POOP/BAK/130302\\_POOP\\_B.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/Projects_POOP/BAK/130302_POOP_B.pdf)