

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»
(ВятГУ)

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕМОЙ ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

**2.4.3 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Киров 2023

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки) разработана В.Г. Басмановым, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой электроснабжения ВятГУ.

Рецензент – В.В. Черепанов, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электроснабжения ВятГУ

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки) утверждена на заседании кафедры электроснабжения ВятГУ, протокол от «22» декабря 2023 г. № 5.

Программа предназначена для лиц, обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – аспирантов) и лиц, прикрепленных для сдачи кандидатских экзаменов (далее вместе – соискатели).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Кандидатский экзамен представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки) (далее – программа, кандидатский экзамен) разработана в соответствии с пунктом 3 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Содержание кандидатского экзамена по специальной дисциплине определяется содержанием паспорта научной специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки).

2. СОДЕРЖАНИЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Раздел 1. Исследование физических закономерностей и разработка методов расчета электрических разрядов в условиях, характерных для электроустановок высокого напряжения (молнии и другие возмущающие воздействия)

Разряд в сильно неоднородном поле. Лавинная, стримерная, лидерная формы разряда. Развитие разряда в длинных воздушных промежутках. Зависимость пробивного напряжения от типа воздействующего напряжения, длины промежутка, степени неоднородности электрического поля, параметров окружающей среды. Коронный разряд при различных видах воздействующего напряжения. Потери на корону при переменном напряжении. Развитие разряда при импульсных напряжениях. Разряд в газе по поверхности твердого диэлектрика. Стримерный и скользящий разряды по поверхности диэлектрика. Высокопрочные и электроотрицательные газы. Механизм пробоя в элегазовой и вакуумной изоляции. Электропроводность жидкостей в сильных электрических полях. Явления в разрядных промежутках. Предразрядные процессы в жидкости при постоянном, переменном, и импульсном напряжениях. Влияние примесей материала электродов, давления и температуры жидкостей на их электрическую прочность. Пробой жидких диэлектриков на переменном напряжении. Пробой жидких диэлектриков, содержащих жидкие и твердые примеси. Пробой тщательно очищенных и дегазированных жидкостей диэлектриков. Электрическая прочность жидких диэлектриков. Электрический пробой твердых диэлектриков. Теория теплового пробоя. Электрический пробой твердых диэлектриков в неоднородном поле. Зависимость пробоя от неоднородности, краевых эффектов, толщины диэлектрика и времени. Скользящий разряд по поверхности твердых диэлектриков в жидкостях. Частичные разряды в газовых включениях. Влияние неоднородностей.

Раздел 2. Разработка принципов выбора, формирования заданных свойств и испытаний изоляции электроустановок высокого напряжения. Общие сведения о свойствах электроизоляционных материалов. Виды внутренней изоляции и материалы, используемые для их изготовления. Требования, предъявляемые к электрической изоляции. Внешняя изоляция. Зависимость электрической прочности внутренней изоляции от длительности воздействия напряжения. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции и поведение изоляции при воздействии перенапряжений. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Старение изоляции под воздействием частичных разрядов. Тепловое старение внутренней изоляции. Системы контроля качества изоляционных конструкций. Испытания изоляции повышенным напряжением. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции электрооборудования и

электроустановок на напряжение 3 кВ и выше.

Раздел 3. Разработка методов расчета электрических и магнитных полей, исследование закономерностей воздействия сильных токов, электрических и магнитных полей на диспергированные и другие материалы, среды и изделия

Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле. Электрическое поле постоянного тока. Магнитное поле постоянного тока. Воздействие электрических и магнитных полей на структурообразование. Электрические, электромеханические и электротепловые эффекты в диэлектриках. Общие сведения о полевых задачах и методах расчета полей. Область применения программы Elcut. Двумерная постановка полевой задачи в программе Elcut. Задача магнитостатики. Задача магнитного поля переменных токов. Задачи электростатики и растекания токов.

Раздел 4. Разработка научных основ использования высоких напряжений для технологических процессов, конструирования оборудования для технологий, использующих высокое напряжение.

Направления применения высоких напряжений в технологических процессах. Технологические процессы, основанные на силовом действии электрических полей на материалы. Зарядка частиц. Силы, действующие на частицы в электрических полях. Движение заряженных частиц. Коллективные процессы в заряженном аэрозоле. Применение коронного разряда. Очистка газов от частиц в электрофильтрах. Нанесение покрытий в электрическом поле. Электросепарация. Электропечать. Нейтрализация зарядов статического электричества. Обезвоживание нефтепродуктов. Электропечать. Плазмохимические реакции в газовом разряде. Электрогидродинамические и магнитно-импульсные технологии.

Раздел 5. Исследование атмосферных и внутренних перенапряжений, разработка методов и устройств для ограничения перенапряжений, изучение проблем электромагнитной совместимости.

Параметры разрядов молнии и их статические характеристики. Грозовые перенапряжения на изоляции воздушных линий электропередачи. Индуктированные перенапряжения и перенапряжения при прямых ударах молнии. Повышение грозоупорности ВЛ с использованием защитных аппаратов, установленных на опорах ВЛ, их эффективность и особенности эксплуатации. Применение длинноискровых разрядников и разрядников с мультикамерными системами для повышения грозоупорности ВЛ среднего и высокого напряжения. Основные принципы молниезащиты воздушных линий электропередачи. Грозозащита открытых распределительных устройств (подстанций) от прямых ударов молнии и от волн, набегающих с воздушных линий. Нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН), устанавливаемые на подстанциях и их зоны защиты. Особенности грозозащиты подстанций с кабельными переключателями. Грозозащита вращающихся машин, непосредственно связанных с ВЛ. Схемы грозозащиты вращающихся машин и их сравнительная эффективность. Основные виды коммутационных перенапряжений и средства защиты от них. Внутренние перенапряжения в электрических сетях при различных способах заземления нейтрали. Перенапряжения при отключении холостых трансформаторов. Перенапряжения при коммутациях вакуумных и элегазовых выключателей. Квазистационарные перенапряжения в сетях с эффективным заземлением нейтрали. Перенапряжения при несимметричных коротких замыканиях. Перенапряжения при отключении холостых трансформаторов. Ограничение внутренних перенапряжений: схемно-режимные мероприятия, меры релейной защиты и системной автоматики, программированное и управляемое включение и отключение ВЛ, аппаратные меры защиты (нелинейные ограничители перенапряжений, шунтирующие сопротивления в выключателях). Основные сведения об электромагнитной совместимости. Защита от влияния электромагнитных излучений и помех.

Раздел 6. Разработка физических и цифровых методов и средств измерения, диагностики, и мониторинга состояния изоляции электроустановок высокого напряжения.

Изоляция воздушных линий электропередачи. Разрядные характеристики линейных изоляторов и гирлянд при напряжении промышленной частоты, коммутационных и грозовых импульсах напряжения. Выбор типа и числа изоляторов в гирлянде. Особенности эксплуатации линейной изоляции на основе полимерных стержневых изоляторов и изолирующих траверс. Внешняя изоляция распределительных устройств. Методика выбора и способы повышения надежности работы изоляции. Разрядные характеристики промежутков, характерных для закрытых распределительных устройств с элегазовой изоляцией при различных формах воздействующего напряжения и давления. Электрическая прочность внутренней изоляции. Обобщенные зависимости срока службы от напряженности и температуры, влияние интенсивности частичных разрядов. Применение комбинированных диэлектриков с различной диэлектрической проницаемостью. Тепловой пробой. Изоляция силовых трансформаторов: структура изоляции, условия эксплуатации, основные элементы конструкции. Частичные разряды в силовых трансформаторах. Изоляция вводов. Трансформаторы с твердой изоляцией. Изоляция силовых кабелей высокого напряжения и кабельной арматуры (кабели с бумажно-пропитанной изоляцией, маслонаполненные кабели, кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена). Газоизолированные линии, особенности их конструкции и эксплуатации. Элегазовые изоляционные конструкции электрооборудования энергосистем: комплектных распределительных устройств, измерительных трансформаторов, выключателей. Изоляция силовых конденсаторов промышленной частоты и импульсных конденсаторов. Изоляция вращающихся машин. Допустимые рабочие и испытательные напряженности электрического поля. Изоляция высоковольтных вводов (бумажно-масляная, RIP-изоляция). Изоляция трансформаторов тока и напряжения. Физические и цифровые методы и средства измерения, диагностики, и мониторинга состояния изоляции электроустановок высокого напряжения.

Раздел 7. Координация и методы испытания изоляции, электрофизические и испытательные установки высокого напряжения.

Координация изоляции электрооборудования высокого напряжения. Принцип координации уровня изоляции электрооборудования, изоляции ВЛ и КЛ с воздействующими перенапряжениями и характеристиками защитных устройств. Методы испытания изоляционных конструкций повышенным напряжением промышленной частоты и импульсами. Измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Методы измерения. Методы измерения характеристик частичных разрядов. Контроль состояния изоляции по сопротивлению и по токам абсорбции. Емкостные методы контроля влажности изоляции. Неэлектрические методы контроля состояния изоляции. Анализ качества минерального масла. Хроматографический анализ газов. Ультразвуковая дефектоскопия. Тепловизионный контроль. Дефектоскопия линейной изоляции. Организация диагностики изоляции во время эксплуатации. Испытательные установки высокого переменного напряжения. Испытательные трансформаторы. Устройства для получения высоких постоянных напряжений. Методы и устройства для получения высоких импульсных напряжений. Методы получения грозовых и коммутационных испытательных импульсов. Методы испытания изоляции повышенным напряжением. Методы и устройства измерения высоких постоянных и переменных напряжений. Шаровой разрядник, электростатический вольтметр, трансформаторы напряжения и др. Установки для испытания изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Каскадные схемы трансформаторов. Установки резонансного типа. Испытательные установки постоянного и выпрямленного напряжения. Импульсные испытательные установки. Классические и модифицированные схемы генератора импульсных напряжений (ГИН) для получения грозовых и коммутационных испытательных импульсов. Использование испытательных

трансформаторов для получения коммутационных импульсов. Особенности импульсных испытаний изоляции силовых трансформаторов и реакторов. Измерение ВН при помощи делителей напряжения Установки для получения импульсных токов (генератор импульсных токов - ГИТ). Измерение импульсных токов. Трансформатор Роговского.

Раздел 8. Разработка и обоснование алгоритмов и принципов действия устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики для распознавания повреждений, определения мест и параметров повреждающих (возмущающих) воздействий в электрических сетях.

Современная нормативная база по контролю технического состояния изоляции электрооборудования высокого напряжения (ЭОВН). Взаимная связь между документами, структура документов. Контроль (диагностика) изоляции маслонаполненного оборудования. Предельные концентрации растворенных в масле газов и фурановых соединений, диагноз повреждений по результатам анализа масла. Контроль (диагностика) бумажной изоляции: влагосодержание, степень полимеризации. Схемы и особенности регистрации ЧР в трансформаторном оборудовании. Диагностика изоляции кабелей из сшитого полиэтилена. Диагностика изоляции линейных полимерных изоляторов на ВЛ. Определение мест повреждений в воздушных и кабельных линиях электропередачи. Нормы тепловизионного контроля ЭОВН. Экспертные системы диагностики фактического технического состояния изоляционной системы электрооборудования высокого напряжения. Алгоритмы и принципы действия устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики для распознавания повреждений, определения мест и параметров повреждающих (возмущающих) воздействий в электрических сетях.

Раздел 9. Оптимизация структуры, параметров и схем электрических соединений электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.

Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа. Вопросы экологии при эксплуатации электростанций. Графики нагрузки электрических станций и их регулирование. Влияние роста единичной мощности генераторов, силовых трансформаторов, электродвигателей и электростанций в целом на построение схем электрических соединений электростанций и требования к электрическим аппаратам и проводникам. Особенности структуры главных схем и схем собственных нужд электростанций различного типа. Конструкция распределительных устройств. Основные характеристики комплектных распределительных устройств (КРУ). Компоновка электрических станций и подстанций. Методы оценки технико-экономических показателей и надежности схем электрических соединений электроустановок. Структура, параметры и схемы электрических соединений электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.

Эксплуатационные характеристики аппаратов, методика их выбора. Эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности токоведущих элементов и контактных соединений, методика их выбора.

Раздел 10. Разработка цифровых и физических методов анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения.

Случайные события и случайные величины в электроэнергетике, их применение в расчетах надежности схем электрических соединений. Применение математической статистики и методов обработки статистических данных по показателям надежности элементов, параметрам режимов, электрическим нагрузкам. Понятия и методы расчета интегральных характеристик режимов в сложных электроэнергетических системах. Случайные процессы при моделировании режимов и состояний в электроэнергетике. Общий обзор проблемы моделирования, основы теории подобия. Кибернетическое моделирование. Приближенное моделирование. Методы обработки результатов экспериментов, планирование экспериментов. Физическое и аналоговое моделирование

процессов в электроэнергетических системах. Расчетные модели, аналоговые модели, физические или динамические модели электроэнергетических систем. Расчеты режимов работы электростанций, сетей и систем с применением ЭВМ. Области применения и возможности ЭВМ при анализе режимов работы ЭЭС. Основные алгоритмы расчетов режимов работы и устойчивости ЭЭС с применением ЭВМ. Применение алгоритмических языков. Цифровые и физические методы анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения.

Раздел 11. Разработка методов мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.

Режимы работы синхронных генераторов, синхронных компенсаторов, синхронных двигателей и их систем возбуждения. Методика анализа режимов работы синхронных машин. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей собственных нужд электростанций в нормальных и аномальных условиях. Режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов на электростанциях и подстанциях. Методы мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.

Раздел 12. Разработка методов расчета, прогнозирования, оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания на электростанциях и в электрических сетях энергосистем.

Практические методы расчета токов короткого замыкания. Особенности расчета токов короткого замыкания в электроустановках переменного и постоянного тока напряжением до 1000 В и выше 1000 В. Методы расчета, прогнозирования, оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания на электростанциях и в электрических сетях энергосистем.

Термическое и динамическое воздействие токов короткого замыкания. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания. Координация уровней токов короткого замыкания.

Раздел 13. Разработка методов обработки сигналов для мониторинга и диагностики состояния электрооборудования электроустановок.

Методы и средства определения мест повреждений в сетях воздушных и кабельных линий электропередачи. Методы диагностики изоляции электрооборудования высокого напряжения Системы сигнализации, регистрации и цифрового осциллографирования. Методы обработки сигналов для мониторинга и диагностики состояния электрооборудования электроустановок.

Моделирование функционирования и испытания устройств и систем управления.

Раздел 14. Разработка методов расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы

Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Основные соображения о физической природе и об анализе переходных процессов в ЭЭС. Основные характеристики элементов ЭЭС и их математические модели, используемые при исследовании переходных процессов. Виды возмущений, вызывающих переходные процессы в ЭЭС. Их отражение в схемах замещения ЭЭС, в том числе: короткие замыкания (к.з.), сложные виды повреждений. Составление схем замещения для расчетов, применяемые допущения. Общие уравнения, описывающие переходные процессы в электрических машинах. Преобразования координат. Переходные процессы при коротких замыканиях в сетях, содержащих длинные линии, установки продольной компенсации, линейные, и нелинейные регулирующие элементы. Современная теория устойчивости. Понятие о первом и втором (прямом) методах Ляпунова. Практические критерии статической устойчивости. Упрощенные критерии динамической и

результатирующей устойчивости в простейшей ЭЭС. Протекание процесса во времени при больших и малых возмущениях. Исследование статической устойчивости простейшей нерегулируемой ЭЭС методом малых колебаний. Статическая устойчивость системы с регулируемым возбуждением. Характеристики многомашинной ЭЭС. Устойчивость нормальных режимов сложных систем. Изменение частоты и мощности в ЭЭС. Динамическая устойчивость ЭЭС. Переходные процессы и устойчивость систем, объединенных слабыми связями. Асинхронные режимы, ресинхронизация и результирующая устойчивость. Методические и нормативные указания по анализу переходных процессов и устойчивости ЭЭС. Мероприятия по улучшению устойчивости и качества переходных процессов в ЭЭС. Методы расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы.

Раздел 15. Разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике.

Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети. Расчеты установившихся режимов электрических сетей, требования к режимам. Регулирование режимов электрических сетей. Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Основные соображения о физической природе и об анализе переходных процессов в ЭЭС. Основные характеристики элементов ЭЭС и их математические модели, используемые при исследовании переходных процессов. Методы оптимизации режимов работы ЭЭС. Связь проблемы регулирования частоты с проблемой оптимального распределения нагрузок между электростанциями. Проблемы межсистемных и межгосударственных связей в больших ЭЭС. Методы статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике.

Раздел 16. Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.

Основные задачи АСУ энергосистем. Структуры систем автоматического управления ЭЭС и ее элементов. Противоаварийное управление, его задачи и способы реализации. Основные задачи и способы диспетчерского управления. Системы управления, контроля и сигнализации на электростанциях и подстанциях. Установки оперативного тока. Принципы выполнения и основные характеристики автоматизированных систем управления (АСУ). Принципы создания автоматизированных диагностических систем. Повреждения и ненормальные режимы работы энергетических систем. Задачи и алгоритмы управления энергетической системой и ее элементами. Программно-технические комплексы автоматических и автоматизированных систем управления. Иерархические структуры систем управления. Терминалы релейной защиты и противоаварийной автоматики. Ближнее и дальнее резервирование. Работа при разных видах повреждений. Локальные и распределенные системы противоаварийной автоматики. Комплексы сбора, передачи и отображения оперативной и аварийной информации. Первичные и вторичные измерительные преобразователи электрических величин. Цепи вторичной коммутации энергетических объектов. Каналы межобъектовой связи. Способы обеспечения помехоустойчивости, корректирующие коды. Протоколы передачи информации. Способы и средства определения электромагнитной обстановки и обеспечения электромагнитной совместимости средств управления на электроэнергетических объектах. Критерии оценки и способы обеспечения надежности функционирования систем релейной защиты и средств противоаварийной автоматики. Системы оперативного тока. Релейная защита синхронных генераторов, трансформаторов, двигателей, шин, воздушных и кабельных линий электропередачи с различными способами заземления нейтрали. Принципы построения и взаимодействие комплексов защиты. Системы релейной защиты и противоаварийной автоматики с каналами связи. Автоматические переключения в электроэнергетических

системах (ввод резерва, повторное включение, частотная разгрузка, балансирующие отключения). Автоматическое регулирование напряжения и распределение реактивной мощности. Регуляторы возбуждения и коэффициента трансформации. Автоматическое регулирование частоты и распределение активной мощности. Регуляторы частоты вращения. Методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.

Раздел 17. Исследования по транспорту электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблемы повышения пропускной способности транспортных каналов, разработки и применения FACTS-устройств, накопителей энергии.

Требования к электрическим схемам распределительных сетей. Характеристика схем различных типов с точки зрения загрузки оборудования. Влияние изолированного заземления нейтрали на надежность электроснабжения для различных типов схем. Обоснование необходимости глубоких вводов в городах и на промышленных предприятиях. Комплекс требований к сооружению подстанций глубокого ввода. Особенности конструктивного выполнения подстанций. Встроенные подстанции, обоснование необходимости их применения и требования к конструкции. Повышение надежности электроснабжения путем применения реклоузеров. Автоматизация управления сетями 10 кВ. Умные электрические сети (Smart Power Grid). SCADA- системы. Транспорт электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблемы повышения пропускной способности транспортных каналов, применение FACTS-устройств, накопителей энергии.

Раздел 18. Разработка методов анализа структурной, балансовой и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения, мини- и микрогрид.

Основные понятия надежности. Причины и характер повреждений элементов систем электроснабжения. Влияние различных факторов на надежность электроснабжения. Показатели надежности. Понятие о простейшем стационарном процессе, моделирования процессов отказов и восстановлений элементов и схем в электроэнергетике. Элементы теории массового обслуживания, метод статистических испытаний «Монте-Карло», их применение для решения энергетических задач. Определение надежности системы. Резервирование и методы расчета надежности. Статистические методы расчета надежности. Исследование надежности восстанавливаемых систем. Оценка ущерба потребителя при нарушении электроснабжения. Методы анализа структурной, балансовой и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения, мини- и микрогрид.

Раздел 19. Разработка методов и устройств контроля, анализа и управления качеством электроэнергии.

Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Причины искажений токов и напряжений в распределительных сетях и влияние этих искажений на работу электроприемников. Методы расчета нормируемых ГОСТом показателей качества электроэнергии. Методы и средства введения показателей качества электроэнергии в допустимые ГОСТом пределы. Выбор продолжительности измерений и шага квантования. Методы и устройства контроля, анализа и управления качеством электроэнергии. Требования к погрешности измерений.

Раздел 20. Разработка методов использования информационных и телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике, включая проблемы разработки и применения информационно-измерительных, геоинформационных и управляющих систем для оперативного и ретроспективного мониторинга, анализа, прогнозирования и управления электропотреблением, режимами, надежностью, уровнем потерь энергии и качеством электроэнергии.

Потери электроэнергии в распределительных сетях, структура потерь. Применение различных методов расчета потерь в зависимости от исходных данных. Методы и средства снижения потерь электроэнергии. Выбор точек деления сети в распределительных сетях 10-20 кВ.

Использование информационных и телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике, включая проблемы разработки и применения информационно-измерительных, геоинформационных и управляющих систем для оперативного и ретроспективного мониторинга, анализа, прогнозирования и управления электропотреблением, режимами, надежностью, уровнем потерь энергии и качеством электроэнергии.

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Порядок проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине регламентируется требованиями Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.03.2014 № 247 (с изменениями и дополнениями), а также требованиями локальных актов ВятГУ.

Для приема кандидатских экзаменов создаются комиссии по приему кандидатских экзаменов (далее - экзаменационные комиссии), состав которых утверждается приказом ректора ВятГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников ВятГУ (в том числе работающих по совместительству) в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов экзаменационной комиссии. В состав экзаменационной комиссии могут также входить научно-педагогические работники других организаций. Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук. Регламент работы экзаменационных комиссий определяется соответствующим локальным актом ВятГУ.

Билеты для сдачи кандидатского экзамена по 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки) содержат **два** теоретических вопроса, которые формируются на основе содержания кандидатского экзамена (см. раздел 3 настоящей Программы); примерный перечень вопросов указан далее в разделе 4 настоящей Программы. Билеты оформляются по установленному образцу (**приложение 1**), утверждаются заведующим кафедрой. До даты проведения кандидатского экзамена допуск к билетам закрыт.

Кандидатский экзамен проводится в **устной** форме. Для подготовки ответа соискателю выдаются бланки ответа с печатью Отдела аспирантуры, докторантуры и НИРС. Время подготовки к ответу - не более **1,0** академического часа (40 минут); на ответ дается не более **0,5** академического часа (20 минут).

Экзаменационная комиссия вправе задать соискателю дополнительные, уточняющие вопросы как по билету кандидатского экзамена, так и по другим вопросам настоящей Программы.

Оценка ответа осуществляется экзаменационными комиссиями в порядке, установленном соответствующим локальным актом ВятГУ с выставлением оценки по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «не удовлетворительно».

Перечень заданных соискателю вопросов (в том числе дополнительных) и характеристика ответов на них, а также решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом и указывается в экзаменационной (зачетной) ведомости, зачетной книжке (при наличии), формы и порядок оформления которых утверждены локальными актами ВятГУ.

4. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Качество электроэнергии в системах электроснабжения.
2. Системы сигнализации, регистрации и цифрового осциллографирования.
3. Повреждения и ненормальные режимы работы ЭЭС. Задачи и алгоритмы управления ЭЭС и ее элементами.
4. Основные задачи АСУ энергосистем. Структуры систем автоматического управления ЭЭС и ее элементов.
5. Особенности структуры главных схем и схем собственных нужд электростанций различного типа.
6. Конструкция распределительных устройств. Основные характеристики комплектных распределительных устройств (КРУ).
7. Модели оптимального развития энергосистем. Системный подход. Общий критерий оптимального развития.
8. Режимы заземления нейтралей в сетях различного напряжения.
9. Компенсация реактивных нагрузок. Обоснование различий в решении проблемы компенсации реактивных нагрузок в городах и на промышленных предприятиях.
10. Особенности расчетов электрических режимов протяженных электропередач переменного и постоянного тока. Электрические параметры протяженных электропередач.
11. Режим нейтрали в сетях до 1 кВ и выше 1 кВ. Причины нормирования однофазных токов замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.
12. Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Основные соображения о физической природе и об анализе переходных процессов в ЭЭС.
13. Первичные и вторичные измерительные преобразователи электрических величин.
14. Особенности расчета токов короткого замыкания в электроустановках переменного и постоянного тока напряжением до 1000 В.
15. Системы релейной защиты и противоаварийной автоматики с каналами связи.
16. Методы и средства определения мест повреждений в сетях воздушных и кабельных линий электропередачи.
17. Физическое и аналоговое моделирование процессов в электроэнергетических системах. Расчетные модели, аналоговые модели, физические или динамические модели электроэнергетических систем.
18. Противоаварийное управление, его задачи и способы реализации.
19. Методы оптимизации режимов работы ЭЭС. Связь проблемы регулирования частоты с проблемой оптимального распределения нагрузок между электростанциями.
20. Моделирование электроэнергетических систем в фазных координатах и в базисе симметричных составляющих.
21. Дифференциально-фазная защита линий электропередачи и ее реализация на микропроцессорной технике.
22. Особенности составления схем замещения по методу симметричных составляющих.
23. Случайные процессы при моделировании режимов и состояний в электроэнергетике.
24. Автоматическое регулирование частоты и распределение активной мощности.
25. Потери электроэнергии в распределительных сетях, структура потерь.
26. Режимы работы синхронных генераторов, синхронных компенсаторов, синхронных двигателей и их систем возбуждения.
27. Методы определения расчетных электрических нагрузок промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства.
28. Источники электрической энергии в электроэнергетических системах.
29. Структура и основные параметры электроэнергетической системы России.
30. КЭС: особенности электрической части.
31. ТЭЦ: особенности электрической части.

32. АЭС: особенности электрической части.
33. Синхронные машины. Принцип действия. Особенности режимов работы. Основные параметры синхронной машины.
34. Упрощенные схемы РУ.
35. Синхронные генераторы: типы, конструкция, основные параметры.
36. Система собственных нужд электрических станций.
37. Основные механизмы системы собственных нужд электрических станций и их приводы.
38. Структура электрических сетей и систем. Номинальные напряжения. Области применения номинальных напряжений.
39. Электрические подстанции. Назначение и виды подстанций.
40. Особенности силовых трансформаторов разных классов напряжения и мощности.
41. Регулирование напряжения на подстанциях.
42. Главные схемы подстанций.
43. Компоновка подстанций разных классов напряжения.
44. Собственные нужды подстанций разных классов напряжения.
45. Конструкции воздушных и кабельных линий электропередачи. Опоры, изоляторы, провода. Виды кабелей. Способы прокладки кабелей.
46. Инженерно-экономические расчеты электрических сетей. Потери электрической энергии при транспортировке. Себестоимость передачи электрической энергии. Экономическая плотность тока.
47. Выбор проводов и кабелей по допустимому нагреву.
48. Расчет и выбор параметров электрических сетей по потере напряжения.
49. Устойчивость работы электроэнергетических систем. Параметры, характеризующие устойчивость.
50. Нарушение устойчивости работы электроэнергетической системы. Сценарии нарушения устойчивости.
51. Ненормальные режимы электроэнергетических систем, аварийные режимы, повреждения элементов электроэнергетических систем.
52. Принципы автоматического управления. Основные понятия теории автоматического управления. Математическое описание элементов и систем автоматики.
53. Передаточные функции и структуры автоматических систем. Временные и частотные характеристики.
54. Системы автоматического регулирования и управления. Виды систем регулирования. Оценка качества регулирования. Устойчивость.
55. Управление режимами электроэнергетических систем. Диспетчерское управление. Способы изменения режимов. Оперативные переключения в электроэнергетических системах.
56. Исследование нормальных режимов электроэнергетических систем.
57. Схемы замещения электроэнергетических систем. Параметры схем замещения. Приведение параметров к одной ступени напряжения.
58. Расчет токов короткого замыкания (КЗ). Особенности расчета токов КЗ для выбора и проверки оборудования, и для релейной защиты.
59. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях. Противоаварийная автоматика. Виды противоаварийной автоматики.
60. Управление электроэнергетическими системами при повреждениях отдельных элементов. Релейная защита. Основные понятия и определения.
61. Элементная база релейной защиты. Особенности построения систем релейной защиты на различной элементной базе.
62. Особенности реализации защит разных видов на микропроцессорной элементной базе. Способы измерения, регистрации и обработки сигналов в микропроцессорных устройствах релейной защиты.

63. Требования нормативных документов к релейной защите электроэнергетических систем. Основные и резервные защиты. Способы обеспечения надежности. Особенности эксплуатации системы релейной защиты. Проверки и испытания.
64. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах подстанций. Особенности релейной защиты подстанций разных типов и классов напряжений.
65. Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи. Особенности защит, устанавливаемых на линиях разных типов и классов напряжения.
66. Защиты, устанавливаемые на шинах и других элементах подстанций и электростанций.
67. Общие принципы проектирования систем релейной защиты.
68. Методы расчета электрических разрядов в условиях, характерных для электроустановок высокого напряжения (молнии и другие возмущающие воздействия).
69. Принципы выбора, формирования заданных свойств и испытаний изоляции электроустановок высокого напряжения.
70. Методы расчета электрических и магнитных полей, закономерности воздействия сильных токов, электрических и магнитных полей на диспергированные и другие материалы, среды и изделия.
71. Научные основы использования высоких напряжений для технологических процессов, конструирования оборудования для технологий, использующих высокое напряжение.
72. Способы исследования атмосферных и внутренних перенапряжений, методы и устройства для ограничения перенапряжений, проблемы электромагнитной совместимости.
73. Физические и цифровые методы и средств измерения, диагностики, и мониторинга состояния изоляции электроустановок высокого напряжения.
74. Методы испытания изоляции, электрофизические и испытательные установки высокого напряжения.
75. Алгоритмы и принципы действия устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики для распознавания повреждений, основные методы определения мест повреждений на линии электропередачи.
76. Способы оптимизации структуры, параметров и схем электрических соединений электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.
77. Цифровые и физические методы анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения.
78. Методы мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.
79. Методы расчета, прогнозирования, оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания на электростанциях и в электрических сетях энергосистем.
80. Методы обработки сигналов для мониторинга и диагностики состояния электрооборудования электроустановок.
81. Методы расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, методы управления режимами их работы.
82. Методы статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике.
83. Методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.
84. Основные проблемы транспорта электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблемы повышения пропускной способности транспортных каналов, особенности применения FACTS-устройств, накопителей энергии.

85. Методы анализа структурной, балансовой и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения, мини- и микрогрид.
86. Методы и устройств контроля, анализа и управления качеством электроэнергии.
87. Способы использования информационных и телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике, включая применение информационно-измерительных, геоинформационных и управляющих систем для оперативного и ретроспективного мониторинга, анализа, прогнозирования и управления электропотреблением, режимами, надежностью, уровнем потерь энергии и качеством электроэнергии.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Электрофизические основы техники высоких напряжений: учеб. для вузов/ Бортник И.М. и др.; под общ. ред. Верещагина И.П.- 2-ое изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 704 с.
2. Куффель Е., Цаенгль В., Куффель Дж. Техника и электрофизика высоких напряжений. Пер. с англ.: Учебно-справочное руководство.- Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011.- 520 с.
3. Техника высоких напряжений: Учебник для вузов/ Богатенков И.М., Бочаров Ю.Н., Гумерова Н.И., Иманов Г.М. и др.; Под ред. Кучинского Г.С.. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 2003. – 608 с.
4. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Основные характеристики и электромагнитные процессы: монография/ Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Лаптев О.И.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008.- 343 с. (Серия «Монографии НГТУ»)
5. Электромагнитная совместимость воздушных, подземных и подводных линий электропередачи высокого напряжения с биосферой и окружающей средой: монография/ Кадомская К.П., Кандаков С.А., Лавров Ю.А., Шевченко С.С. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007.- 119 с. («Монография НГТУ»).
6. Евдокунин Г.А., Титенков С.С. Резистивное заземление нейтрали сетей 6-10 кВ.- СПб: Изд-во «Терция», 2009.- 264 с.
7. Гефле О.С., Лебедев С.М., Похолков Ю.П. Барьерный эффект в диэлектриках. - Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», 2007.- 172 с.
8. Коробейников С.М. Электрофизические процессы в газообразных, жидких и твердых диэлектриках. Процессы в жидкостях: учеб. пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010.-116с
9. Ушаков В.Я., Климкин В.Ф., Коробейников С.М., Лопатин В.В. Пробой жидкостей при импульсном напряжении/ Под ред. проф. Якушева В.Я.- Томск: Изд-во НТЛ, 2005.- 488с.
10. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования.- М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008.- 210 с.
11. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник. - М.: ЭНАС, 2008.- 310 с.
12. Красник В.В. Эксплуатация подстанций и распределительных устройств. Производственно-практическое издание. - М.: ЭНАС, 2011.- 205 с.

13. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи.- Новосибирск: Наука, 2009.- 136 с.
14. Овсянников А.Г., Борисов Р.К. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010.- 196 с.
15. Пак В.М., Трубачев С.Г. Новые материалы и системы изоляции высоковольтных электрических машин/ Под ред. Пака В.М.- М.: Энергоатомиздат, 2007.- 416 с.
16. Силовые трансформаторы. Справочная книга/ Под ред. Лизунова С.Д., Лоханина А.К. - М.: Энергоиздат, 2004.- 616 с.
17. Основы кабельной техники: учебник для студ. Вузов/под ред. Пешкова И.Б.- М.: Издательский центр «Академия», 2006.- 432 с.
18. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений/ Под научной редакцией Тиходеева Н.Н.- 2-ое издание.- СПб: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.- 353 с.
19. Хаушильд В., Мош В. Статистика для электротехников в приложении к технике высоких напряжений/ Пер. с нем. .- Л.: Энергоатомиздат, 1989.- 312 с.
20. ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжение от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.- 50с
21. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. /Пер. с нем. Кужекина И.П., под ред. Максимова Б.К.- М.: Энергоатомиздат, 1995.- 292 с.
22. Кац Е.Л., Меньшов Б.Г., Целебровский Ю.В. Заземляющие устройства электроустановок высокого и низкого напряжений, сер. «Электрические станции и сети» (итоги науки и техники). - М.: ВИНТИ, №15, 1989. – 160 с.
23. Шваб А. Измерения на высоком напряжении. - М.: Энергоатомиздат, 1983.- 182 с.
24. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л.: Энергия, 1979.- 224 с.
25. Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат.- 1992.
26. Рузавин, Г. И. Методология научного познания : учебное пособие / Г.И. Рузавин. - Москва :Юнити-Дана, 2015. - 287 с. - ISBN 978-5-238-00920-9 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115020/> (дата обращения: 03.03.2021). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.
27. Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А.А. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1990.
28. Околович Н.М. Проектирование электрических станций. М.: Энергоатомиздат, 1982.
29. Электрические системы. Электрические сети /Под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. М.: Высш. шк., 1998.
30. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1984.
31. Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. М.: Энергоатомиздат, 1985.
32. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.: Энергия, 1970.
33. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высш. шк., 1978.
34. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1984.

35. Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем. М.: Энергоатомиздат, 1995.
36. Алексеев О.П., Казанский В.Е., Козис В.Л. / Автоматика электроэнергетических систем. М.: Энергоиздат, 1981.
37. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем /Под ред. А.Ф. Дьякова. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
38. Веников А.В. Теория подобия и моделирования. М.: Высш. шк., 1976.
39. Электрические сети и системы. Математические задачи электроэнергетики. /Под ред. В.А. Веникова. М.: Высш. шк., 1981.
40. Фокин Ю.А. Вероятностно-статистические методы в расчетах надежности систем электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 1985.
41. Методы оптимизации режимов энергосистем / Под ред. В.М. Горнштейна. М.: Энергоиздат, 1981.
42. Арзамасцев Д.А., Бартоломей П.И., Холян А.М. АСУ и оптимизация режимов энергосистем. М.: Высш. шк., 1983.
43. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1986.
44. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / Под ред. Л.Г. Мамиконянца. М.: Энергоатомиздат, 1984.
45. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. Под ред. Л.С.Линдорфа, Л.Г.Мамиконянца. М.: Энергия, 1972.
46. Лосев С.Б., Чернин А.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем. М.: Энергоатомиздат, 1983.
47. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. /Под ред. В.А.Веникова. М.: Энергоатомиздат, 1983.
48. Веников В.А., Идельчик В.И., Лисеев М.С. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1985.
49. Дальние электропередачи в примерах / Г.К. Зарудский, Е.В. Путятин и др. М.: Изд-во МЭИ, 1994.
50. Баринов В.А., Совалов С.А. Режимы энергосистем: методы анализа и управления. М.: Энергоатомиздат, 1990.
51. Крючков И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
52. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. М.: Энергия. 1979.
53. Экспериментальные исследования режимов энергосистем / Под ред. С.А. Совалова. М.: Энергоатомиздат, 1985.
54. Портной М.Г., Рабинович Р.С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости. М.: Энергия, 1975.
55. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
56. Алексеев О.П., Козис В.Л., Кривенков В.В. Автоматизация электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1994.
57. Казанский В.Е. Измерительные преобразователи тока в релейной защите. М.: Энергоатомиздат, 1988.
58. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1998.

59. Щербачев О.В., Зейлигер А.Н., Кадомская К.П. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике / Под ред. О.В. Щербачева. Л.: Энергия, 1980.
60. Ушаков, Василий Яковлевич. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие / В. Я. Ушаков ; НИ ТПУ. - Москва : Юрайт, 2017. - 446 с. - (Университеты России). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-534-00649-0 : 1090.74 р. - Текст : непосредственный.
61. Куликова, Л. В. Основы электромагнитной совместимости : учебник / Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников. - Изд. 4-е, стер. - Москва|Берлин : Директ-Медиа, 2020. - 405 с. : ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4499-1175-9 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600138/> (дата обращения: 03.03.2021). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.
62. Кадомская, Кира Пантелеймоновна. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них : учебник / К. П. Кадомская, Ю. А. Лавров, А. А. Рейхердт. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. - 368 с. : ил. - (Учебники НГТУ). - Библиогр.: с. 355-364. - ISBN 5-7782-0460-4 : 170.00 р. - Текст : непосредственный.
63. Ушаков, В. Я. Современные проблемы электроэнергетики : учебное пособие / В.Я. Ушаков. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2014. - 447 с. - Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442813/> (дата обращения: 03.03.2021). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.
64. Ушаков, Игорь Алексеевич. Курс теории надежности систем : учеб. пособие / И. А. Ушаков. - М. : Дрофа, 2008. - 240 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-358-01586-9 : 200.50 р. - Текст : непосредственный.
65. Закарюкин, В. П. Электромагнитная совместимость и средства защиты : учебное пособие / В.П. Закарюкин, М.Л. Дмитриева, А.В. Крюков. - Москва|Берлин : Директ-Медиа, 2020. - 248 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 239-240. - ISBN 978-5-4499-1579-5 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598053/> (дата обращения: 03.03.2021). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.
66. Манусов, В. З. Нейронные сети: прогнозирование электрической нагрузки и потерь мощности в электрических сетях. От романтики к прагматике : монография / В.З. Манусов, С.В. Родыгина. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. - 303 с. : ил., табл. - (Монографии НГТУ). - Библиогр. с. 294-296. - ISBN 978-5-7782-3745-2 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574859/> (дата обращения: 03.03.2021). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.
67. Макаров, Евгений Федорович. Справочник по электрическим сетям 0, 4-35 кВ и 110-1150 кВ : учеб. -производств. изд. / Е. Ф. Макаров. - М. : Изд. Дом "Энергия". - Текст : непосредственный. Т. VII. - 2007. - 640 с. - ISBN 5-98908-011-5 : 1492.00 р.
68. Ходосов, В. В. Регистрация аналогового сигнала в Matlab : учебное пособие / В. В. Ходосов. - Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. - 46 с. - Б. ц. - URL: <https://e.lanbook.com/book/157081> (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : электронный.
69. Филиппова, Т. А. Модели и методы прогнозирования электроэнергии и мощности при управлении режимами электроэнергетических систем : монография / Т.А. Филиппова.

- Новосибирск : НГТУ, 2009. - 365 с. - (Монографии НГТУ). - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436211>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-7782-1235-0 : Б. ц. - Текст : электронный.
70. Пантелеев, В. И. Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электроснабжения в электроэнергетических системах : монография / В.И. Пантелеев. - Изд. 2-е. - М.|Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 196 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447694>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-4475-8445-0 : Б. ц. - Текст : электронный.
71. Герасименко, Алексей Алексеевич. Электроэнергетические системы и сети: расчеты, анализ, оптимизация режимов работы и проектных решений электрических сетей : учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2018. - 471 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 464-469(52 назв.). - ISBN 978-5-222-29780-3 : 659.00 р. - Текст : непосредственный.
72. Герасименко, Алексей Алексеевич. Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии : монография / А. А. Герасименко, В. Б. Нешатаев. - Красноярск : СФУ, 2012. - 218 с. - URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45701. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-7638-2630-2 : Б. ц. - Текст : электронный.
73. Герасименко, Алексей Алексеевич. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - Ростов н/Д : Феникс ; Красноярск : Издат. проекты, 2006. - 720 с. - (Серия "Высшее образование"). - Библиогр.: с. 667-672. - ISBN 5-222-08485-X. - ISBN 5-98399-023-3 : 183.00 р. - Текст : непосредственный.
74. Перенапряжения и молниезащита: водный транспорт : учебное пособие / Н.Н. Лизалек, О.А. Князева, К.С. Мочалин, Г.Е. Солнцев, Л.Н. Татьяначенко. - Изд. 5-е. - Москва|Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 360 с. : ил., схем., табл. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364598>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Библиогр.: с. 290-291. - ISBN 978-5-4475-5858-1 : Б. ц. - Текст : электронный.
75. Повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения устройств СЦБ железных дорог переменного тока : монография. - Иркутск : ИрГУПС, 2019. - 172 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/157951>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-98710-374-6 : Б. ц. - Текст : электронный.
76. Управление качеством электроэнергии : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 140200 "Электроэнергетика" : для системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала энергетических компаний, а также для вузов, осуществляющих подготовку энергетиков / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов [и др.] ; под ред. Ю. В. Шарова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд. дом МЭИ, 2008. - 353, [1] с. : ил. ; 22 см. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-383-00280-3 : 1138.70 р. - Текст : непосредственный.

Учебно-методическое обеспечение специальной дисциплины, в том числе перечень учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронно-библиотечных систем (электронных библиотек), профессиональных баз (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий) данных и информационно-справочных систем, необходимое для подготовки к сдаче кандидатского экзамена в полном объеме содержится в рабочей программе специальной дисциплины «Электроэнергетика».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТИПОВОЙ БЛАНК БИЛЕТА К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»
(ВятГУ)

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой
электроснабжения
_____ В.Г. Басманов
«__» _____ 202__ г.

Кандидатский экзамен
по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук по научной специальности
2.4.3 Электроэнергетика (технические науки)

Экзаменационный билет № ____

1. _____.

2. _____.