

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Д.С. Гуц / Д.С. Гуц /
«10» марта 2023 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по научной специальности
2.4.3. Электроэнергетика

Красноярск 2023

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
2.4.3 «Электроэнергетика»
по техническим наукам

Введение

Данная программа составлена на основе дисциплин направления «Электро- и теплотехника», связанных с особенностями электрофизических процессов, вопросов проектирования и эксплуатации электростанций и сетей, анализом режимных параметров и устойчивости электроэнергетических систем, приемами релейной защиты и автоматического управления в электрических системах.

1. Техника высоких напряжений

Электрофизические процессы в изоляционных конструкциях при воздействии высоких напряженностей электрического поля. Методы испытания и диагностики изоляции электрооборудования высокого напряжения. Испытательные установки высокого напряжения. Электромагнитные процессы в элементах электрических систем и их математическое моделирование. Атмосферные и внутренние перенапряжения в электрических системах. Координация уровней изоляции электрооборудования и воздействующих перенапряжений. Разработка средств защиты от перенапряжений.

2. Электрическая часть электростанций

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. Термическое и динамическое воздействие токов короткого замыкания. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания. Координация уровней токов короткого замыкания. Эксплуатационные характеристики аппаратов, методика их выбора. Эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности токоведущих элементов и контактных соединений, методика их выбора.

Заземляющие устройства электроустановок.

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.

3. Режимы работы основного электрооборудования электростанций

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.

4. Проектирование электростанций

Основы проектирования электростанций. Состав и основные характеристики систем автоматизированного проектирования (САПР) электрических установок.

Проектирование главной электрической схемы. Проектирование электроустановок собственных нужд. Проектирование системы управления.

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.

5. Электроэнергетические системы и сети

Основные сведения об истории развития энергетики. Особенности развития энергетики в условиях рыночной экономики. Энергетика как большая система.

Модели оптимального развития энергосистем. Системный подход. Общий критерий оптимального развития. Виды представления информации. Иерархическое построение энергосистем. Основные типы задач развития энергосистем. Методы прогнозирования их развития.

Особенности оптимизации структуры энергосистемы при ее проектировании и развитии (структура и размещение электростанций, структура электрических сетей).

Методы оптимизации развития и функционирования энергосистем: линейное и нелинейное математическое программирование, транспортный и симплексный алгоритмы, динамическое программирование, метод границ и ветвей, градиентный метод, метод штрафных функций, критериальный анализ технико-экономических задач энергетики.

Электрические станции, электрические сети, потребители электроэнергии как элементы энергосистем. Методы определения расчетных электрических нагрузок промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства.

Сведения об условиях работы и конструктивном исполнении линий электрических сетей. Основные сведения о проектировании конструктивной части воздушных линий.

Режимы заземления нейтралей в сетях различного напряжения.

Характеристики и параметры элементов электрической сети.

Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети. Расчеты установившихся режимов электрических сетей, требования к режимам. Регулирование режимов электрических сетей.

Основы технико-экономических расчетов электрических сетей. Качество электрической энергии. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах, районных электрических сетях и системах электроснабжения.

Проектирование электрических сетей, выбор их основных параметров при проектировании.

Особенности расчетов электрических режимов протяженных электропередач переменного и постоянного тока. Электрические параметры протяженных линий электропередачи. Расчет режимов дальней электропередачи. Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач. Особые режимы электропередачи переменного и постоянного тока.

6. Электроснабжение городов и промышленных предприятий

Общая характеристика систем электроснабжения. Общие и различия в структурах систем электроснабжения городов и промышленных предприятий. Теоретические основы формирования расчетной нагрузки элементов сети. Разница в подходах к формированию расчетной нагрузки в городской сети и сети промышленного предприятия.

Компенсация реактивных нагрузок. Обоснование различий в решении проблемы компенсации реактивных нагрузок в городах и на промышленных предприятиях. Теоретические основы принципа размещения компенсирующих устройств в распределительных сетях промышленных предприятий.

Режим нейтрали в сетях до 1 кВ и выше 1 кВ. Причины нормирования однофазных токов замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.

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 исполнения подстанций. Встроенные подстанции, обоснование необходимости их применения и требования к конструкции.

Потери электроэнергии в распределительных сетях, структура потерь. Применение различных методов расчета потерь в зависимости от исходных данных. Методы и средства снижения потерь 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 ГОСТ пределы.

7. Переходные процессы в электроэнергетических системах

Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Физическая природа 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 (КЗ), сложные виды повреждений. Составление схем замещения для расчетов, применяемые допущения.

Практические методы расчета токов КЗ. Особенности расчета токов КЗ в электроустановках переменного и постоянного тока напряжением до 1000 В.

Общие уравнения, описывающие переходные процессы в электрических машинах. Преобразования координат.

Переходные процессы при КЗ 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 результирующей 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 возмущением.

Переходные процессы в узлах нагрузки при малых и больших возмущениях.

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.

8. Релейная защита и автоматическое управление электроэнергетических 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 коэффициент трансформации.

Автоматическое регулирование частоты и распределение активной мощности. Регуляторы частоты вращения.

Методы и средства определения мест повреждений в сетях воздушных и кабельных линий электропередачи.

Системы сигнализации, регистрации и цифрового осциллографирования.

Моделирование функционирования и испытания устройств и систем управления.

9. Применение теории вероятностей, теории подобия и вычислительной техники к анализу режимов работы электростанций, сетей и систем

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 интегральных характеристик режимов и методы их расчета в сложных электроэнергетических системах. Интегральные критерии качества электроэнергии, их применение в практике эксплуатации электроэнергетических систем.

Случайные процессы при моделировании режимов и состояний в электроэнергетике. Понятие о простейшем стационарном процессе, моделировании процессов отказов и восстановлении элементов и схем в электроэнергетике.

Элементы теории массового обслуживания, метод статистических испытаний «Монте-Карло», их применение для решения энергетических задач.

Общий обзор проблемы моделирования, основы теории подобия. Полное и неполное подобие. Точность подобия. Практические критерии подобия различных явлений, изучаемых в технике. Подобие электрических цепей.

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.

10. АСУ и оптимизация режимов работы электроэнергетических систем

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.

Методы оптимизации режимов работы ЭЭС. Связь проблемы регулирования частоты с проблемой оптимального распределения нагрузок между электростанциями.

Проблемы межсистемных и межгосударственных связей в больших ЭЭС.

Основная литература

Электрофизические основы техники высоких напряжений. Под ред. И.П.Верещагина. Изд. 2-е. – М.:Издательский дом МЭИ, 2010, –704 с.

Богатенков, Ю.Н.Техника высоких напряжений / И.М. Богатенков, Ю.Н. Бочаров, Н.И. Гумерова и др.; под редакцией Г.С. Кучинского. – СПб.: Энергоатомиздат, 2003. – 608 с.

Славинский А.З., Физика диэлектриков. Т. 1: Высоковольтная изоляция энергетической аппаратуры / А.З. Славинский. – М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2007. – 327 с.

В.П.Вдовико. Частичные разряды в диагностике высоковольтного оборудования. Новосибирск, «Наука», 2007, –155 с.

Кадомская, К.П. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: Учебник./ К.П. Кадомская, Ю.А. Лавров, А.А. Рейхердт. –Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. –368 с.

Балаков, Ю. Н. Проектирование схем электроустановок: учеб. пособие / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисрисханов, А. В. Шунтов. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 288 с.

Тремясов, В. А. Надежность электроснабжения: учеб. пособие / В. А. Тремясов; Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 163 с.

Крючков И. П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие / И. П. Крючков, Б. Н. Неклепаев, В. А. Старшинов и др.; ред. И. П. Крючков и В. А. Старшинов. – М. Издательский центр «Академия», 2005. – 416 с.

Железко Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. /Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. Д. Савченко. — М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. - 278 с.

Содов А. В. Системы контроля, распознавания и прогнозирования электропотребления, модели, методы, алгоритмы и средства /А. В. Содов, И. И. Надто-ка. — Ростов-на-Дону : Изд-во Рост, ун-та, 2002. — 320 с.

Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике /под ред. Дьякова А. Ф. — М. : Мир; Энергоатомиздат, 2003. — 768 с.

Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст] : учебник для студентов вузов / В. А. Андреев. - 5-е изд., стереотип. - М. : Высшая школа, 2007. - 639 с.

Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Текст] : учебник для вузов / С. А. Ульянов. - 2-е изд., стереотип. - М. : ТИД "АРИС", 2010. – 519 с.

Лыкин А.В. Электрические системы и сети [Текст] : учеб. пособие / А. В. Лыкин. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. - 246 с.

Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии [Текст] : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - Ростов н/Д : Феникс ; Красноярск : Издательские проекты, 2006. - 718 с.

Герасименко А.А. Электроэнергетические системы и сети. Расчеты параметров и режимов работы электрических сетей [Текст] : учеб. пособие : в 2-х ч. / А. А. Герасименко, Т. М. Чупак ; Краснояр. гос. техн. ун-т. - Красноярск : ИПЦ КГТУ. Ч. 1. - 2004. - 222 с.

Герасименко А.А. Электроэнергетические системы и сети. Расчеты параметров и режимов работы электрических сетей [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Герасименко, Т. М. Чупак ; Краснояр. гос. техн. ун-т. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004 - Ч. 2. - 2004. - 172 с.

Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] : учебник для студентов вузов / Б. И. Кудрин. - 2-е изд. - М. : Интермет Инжиниринг, 2006. - 670 с.

Дьяков А.Ф. Релейная защита электроэнергетических систем [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; ред. А. Ф. Дьяков. - 2-е изд., стереотип. - М. : МЭИ, 2006. - 295 с.

Куско А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии [Текст] : пер. с англ. / А. Куско, М. Томпсон. - М. : Додэка-XXI, 2010. - 333 с.

Басова Т.Ф. Экономика и управление энергетическими предприятиями [Текст] : учебник для студентов вузов / Т. Ф. Басова [и др.] ; ред. Н. Н. Кожевников. - М. : Академия, 2004. - 427 с.

Тремясов В.А. Проектирование электрических станций: учеб. пособие / В. А. Тремясов; Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск: ИПК СФУ, 200(. – 286 с.

Дополнительная литература

Электротехнический справочник: В 4-х т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под ред. проф. МЭИ В. Г. Герасимова и др. – 8-е изд., испр. и доп.– М.: Изд-во МЭИ, 2002.– 964 с.

РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / Под ред. Б. Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 152 с.

Правила устройств электроустановок. – 7-е изд. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2003. – 656 с.

Попов Ю.П. Монтаж и эксплуатация электрооборудования: Учеб. пособие. 3-е изд. Испр. И доп. / Ю.П.Попов, В.А. Тремясов, А.Ю. Южанников. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002.-377 с.

Никифоров Г. В. Энергосбережение и управление энергопотреблением в металлургическом производстве / Г. В. Никифоров, В. К. Олейников, Б. И. Засла-вец. — М. : Энергоатомиздат, 2003. — 479 с.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. — М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. - 304 с.

Шалин А.И. Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем [Текст] : учебник / А.И. Шалин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. - 383 с.

Программу разработал
к.т.н., доцент, доцент
кафедры «Электроэнергетики»

Политехнического института СФУ



/Тремясов В.А. /