

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
д.т.н. проф. Драгунов В.К.

« 27 » 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Специальность 2.4.3. Электроэнергетика

**Профиль Электрические станции и электроэнергетические
системы**

Москва 2022

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы - минимум кандидатского экзамена по специальности «Электроэнергетика» в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение вопросов планирования развития, проектирования и эксплуатации электрических станций, электроэнергетических систем, электрических сетей и систем электроснабжения.

Задачами дисциплины являются:

- освоить методы оптимизации структуры, параметров и схем электрических соединений электростанций;
- освоить методы анализа режимных параметров основного оборудования электростанций;
- освоить методы расчета, прогнозирования, оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания на электростанциях и в электрических сетях энергосистем;
- освоить методы оценки надежности электрооборудования, структурных схем и схем распределительных устройств электростанций;
- освоить методы диагностики электрооборудования электроустановок;
- освоить методы математического и физического моделирования в электроэнергетике;
- освоить методы расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем;
- освоить методы статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике;
- освоить методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике;
- освоить методы теоретического анализа и расчетных исследований по транспорту электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблему повышения пропускной способности транспортных каналов;
- освоить методы анализа структурной и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения;
- освоить методы контроля и анализа качества электроэнергии и мер по его обеспечению;
- освоить методы использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

Формула специальности

Электроэнергетика – научная специальность, объединяющая исследования по связям и закономерностям при планировании развития, проектировании и эксплуатации электрических станций, электроэнергетических систем, электрических сетей и систем электроснабжения. В рамках специальности проводятся исследования по развитию и совершенствованию теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и надежного производства электроэнергии, ее транспортировки и снабжения потребителей электроэнергией в необходимом для потребителей количестве и требуемого качества.

Области исследований

1. Разработка физических и цифровых методов и средств измерения, диагностики и мониторинга состояния изоляции электроустановок высокого напряжения.
2. 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.
3. Оптимизация структуры, параметров и схем электрических соединений электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.
4. Разработка цифровых и физических методов анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения.
5. Разработка методов мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.
6. Разработка методов расчета, прогнозирования, оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания на электростанциях и в электрических сетях энергосистем.
7. Разработка методов обработки сигналов для мониторинга и диагностики состояния электрооборудования электроустановок.

8. 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.

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

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

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

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

13. Разработка методов и устройств контроля, анализа и управления качеством электроэнергии.

14. 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.

Отрасль науки

технические науки (по специальности не принимаются к защите диссертации соискателей, в которых электростанции и электроэнергетические системы структурно и функционально привязаны к конкретному техническому объекту).

Краткое содержание разделов дисциплины

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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. Проектирования 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.

5. Электроснабжение городов и промышленных предприятий

Общая характеристика систем электроснабжения. Общее 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.

6. 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 возбуждением. 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.

7. 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 комплектов 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.

8. 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, моделирование 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.

9. 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.

Вопросы для самоконтроля, проведения зачета и кандидатского экзамена

1. Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа.
2. Экологические аспекты эксплуатации электростанций.
3. Графики нагрузки электрических станций и их регулирование.
4. 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.
5. Особенности структуры главных схем и схем собственных нужд электростанций различного типа.
6. Термическое и динамическое воздействие токов короткого замыкания.
7. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания.
8. Координация уровней токов короткого замыкания.
9. Эксплуатационные характеристики аппаратов, методика их выбора.
10. Эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности токоведущих элементов и контактных соединений, методика их выбора.
11. Заземляющие устройства электроустановок.
12. Системы управления, контроля и сигнализации на электростанциях и подстанциях.
13. Установки оперативного тока.
14. Принципы выполнения и основные характеристики автоматизированных систем управления (АСУ).
15. Принципы создания автоматизированных диагностических систем.
16. Режимы работы синхронных генераторов, синхронных компенсаторов, синхронных двигателей и их систем возбуждения.

17. Методика анализа режимов работы синхронных машин.
18. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей собственных нужд электростанций в нормальных и аномальных условиях.
19. Режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов на электростанциях и подстанциях.
20. Основы проектирования электростанций. Состав и основные характеристики систем автоматизированного проектирования (САПР) электрических установок.
21. Проектирование главной электрической схемы электростанции.
22. Проектирование электроустановок собственных нужд электростанции.
23. Проектирование системы управления электростанции.
24. Конструкция распределительных устройств.
25. Основные характеристики комплектных распределительных устройств (КРУ). Компоновка электрических станций и подстанций.
26. Методы оценки технико-экономических показателей и надежности схем электрических соединений электроустановок.
27. Основные сведения об истории развития энергетики. Особенности развития энергетики в условиях рыночной экономики. Энергетика как большая система.
28. Модели оптимального развития энергосистем. Системный подход.
29. Общий критерий оптимального развития. Виды представления информации. Иерархическое построение энергосистем.
30. Основные типы задач развития энергосистем. Методы прогнозирования их развития.
31. Особенности оптимизации структуры энергосистемы при ее проектировании и развитии (структура и размещение электростанций, структура электрических сетей).
32. 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.
33. Электрические станции, электрические сети, потребители электроэнергии как элементы энергосистем. Методы определения расчетных электрических нагрузок промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства.
34. Сведения об условиях работы и конструктивном исполнении линий электрических сетей. Основные сведения о проектировании конструктивной части воздушных линий.
35. Режимы заземления нейтралей в сетях различного напряжения.
36. Характеристики и параметры элементов электрической сети.

37. Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети. Расчеты установившихся режимов электрических сетей, требования к режимам. Регулирование режимов электрических сетей.
38. Основы технико-экономических расчетов электрических сетей. Качество электрической энергии.
39. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах, районных электрических сетях и системах электроснабжения.
40. Проектирования электрических сетей, выбор их основных параметров при проектировании.
41. Особенности расчетов электрических режимов протяженных электропередач переменного и постоянного тока. Электрические параметры протяженных линий электропередачи.
42. Расчет режимов дальней электропередачи.
43. Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач. Особые режимы электропередачи переменного и постоянного тока.
44. Общая характеристика систем электроснабжения.
45. Общее и различия в структурах систем электроснабжения городов и промышленных предприятий.
46. Теоретические основы формирования расчетной нагрузки элементов сети. Разница в подходах к формированию расчетной нагрузки в городской сети и сети промышленного предприятия.
47. 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.
48. Режим нейтрали в сетях до 1 кВ и выше 1 кВ. Причины нормирования однофазных токов замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.
49. Требования к электрическим схемам распределительных сетей. Характеристика схем различных типов с точки зрения загрузки оборудования.
50. Влияние изолированного заземления нейтрали на надежность электроснабжения для различных типов схем. Обоснование необходимости глубоких вводов в городах и на промышленных предприятиях.
51. Комплекс требований к сооружению подстанций глубокого ввода. Особенности конструктивного исполнения подстанций. Встроенные подстанции, обоснование необходимости их применения и требования к конструкции.
52. Потери электроэнергии в распределительных сетях, структура потерь.
53. Применение различных методов расчета потерь в зависимости от исходных данных. Методы и средства снижения потерь электроэнергии.

54. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Причины искажений токов и напряжений в распределительных сетях и влияние этих искажений на работу электроприемников.
55. Методы расчета нормируемых ГОСТом показателей качества электроэнергии.
56. Методы и средства введения показателей качества электроэнергии в допустимые ГОСТ пределы.
57. Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Физическая природа переходных процессов в ЭЭС.
58. Основные характеристики элементов ЭЭС и их математические модели, используемые при исследовании переходных процессов.
59. Составление схем замещения для расчетов, применяемые допущения.
60. Виды возмущений, вызывающих переходные процессы в ЭЭС. Их отражение в схемах замещения ЭЭС, в том числе короткие замыкания (КЗ), сложные виды повреждений.
61. Практические методы расчета токов КЗ. Особенности расчета токов КЗ в электроустановках переменного и постоянного тока напряжением до 1000 В.
62. Общие уравнения, описывающие переходные процессы в электрических машинах. Преобразования координат.
63. Переходные процессы при КЗ в сетях, содержащих длинные линии, установки продольной компенсации, линейные, и нелинейные регулирующие элементы.
64. Современная теория устойчивости. Понятие о первом и втором (прямом) методах Ляпунова.
65. Практические критерии статической устойчивости. Упрощенные критерии динамической и результирующей устойчивости в простейшей ЭЭС. Протекание процесса во времени при больших и малых возмущениях.
66. Исследование статической устойчивости простейшей нерегулируемой ЭЭС методом малых колебаний. Статическая устойчивость системы с регулируемым возбуждением.
67. Переходные процессы в узлах нагрузки при малых и больших возмущениях.
68. Характеристики многомашинной ЭЭС. Устойчивость нормальных режимов сложных систем. Изменение частоты и мощности в ЭЭС.
69. Динамическая устойчивость ЭЭС.
70. Переходные процессы и устойчивость систем, объединенных слабыми связями.
71. Асинхронные режимы, ресинхронизация и результирующая устойчивость.
72. Методические и нормативные указания по анализу переходных процессов и устойчивости ЭЭС.

73. Мероприятия по улучшению устойчивости и качества переходных процессов в ЭЭС.
74. Повреждения и ненормальные режимы работы энергетических систем.
75. Задачи и алгоритмы управления энергетической системой и ее элементами. Программно-технические комплексы автоматических и автоматизированных систем управления.
76. Иерархические структуры систем управления.
77. Терминалы релейной защиты и противоаварийной автоматики. Ближнее и дальнее резервирование.
78. Работа РЗ и ПА при разных видах повреждений.
79. Локальные и распределенные системы противоаварийной автоматики.
80. Комплексы сбора, передачи и отображения оперативной и аварийной информации. Первичные и вторичные измерительные преобразователи электрических величин.
81. Цепи вторичной коммутации энергетических объектов. Каналы межобъектовой связи. Способы обеспечения помехоустойчивости, корректирующие коды. Протоколы передачи информации.
82. Способы и средства определения электромагнитной обстановки и обеспечения электромагнитной совместимости средств управления на электроэнергетических объектах.
83. Критерии оценки и способы обеспечения надежности функционирования систем релейной защиты и средств противоаварийной автоматики.
84. Системы оперативного тока РЗ и ПА.
85. Релейная защита синхронных генераторов, трансформаторов, двигателей, шин, воздушных и кабельных линий электропередачи с различными способами заземления нейтрали. Принципы построения и взаимодействие комплектов защиты.
86. Системы релейной защиты и противоаварийной автоматики с каналами связи.
87. Автоматические переключения в электроэнергетических системах (ввод резерва, повторное включение, частотная разгрузка, балансирующие отключения).
88. Автоматическое регулирование напряжения и распределение реактивной мощности. Регуляторы возбуждения и коэффициент трансформации.
89. Автоматическое регулирование частоты и распределение активной мощности. Регуляторы частоты вращения.
90. Методы и средства определения мест повреждений в сетях воздушных и кабельных линий электропередачи.
91. Системы сигнализации, регистрации и цифрового осциллографирования.
92. Моделирование функционирования и испытания устройств и систем управления.

93. Случайные события и случайные величины в электроэнергетике, их применение в расчетах надежности схем электрических соединений.
94. Применение математической статистики и методов обработки статистических данных по показателям надежности элементов, параметрам режимов, электрическим нагрузкам.
95. Понятия интегральных характеристик режимов и методы их расчета в сложных электроэнергетических системах.
96. Интегральные критерии качества электроэнергии, их применение в практике эксплуатации электроэнергетических систем.
97. Случайные процессы при моделировании режимов и состояний в электроэнергетике. Понятие о простейшем стационарном процессе, моделирование процессов отказов и восстановлении элементов и схем в электроэнергетике.
98. Элементы теории массового обслуживания, метод статистических испытаний «Монте-Карло», их применение для решения энергетических задач.
99. Общий обзор проблемы моделирования, основы теории подобия. Полное и неполное подобие. Точность подобия.
100. Практические критерии подобия различных явлений, изучаемых в технике. Подобие электрических цепей.
101. Кибернетическое моделирование. Приближенное моделирование.
102. Методы обработки результатов экспериментов, планирование экспериментов.
103. Физическое и аналоговое моделирование процессов в электроэнергетических системах. Расчетные модели, аналоговые модели, физические или динамические модели электроэнергетических систем.
104. Расчеты режимов работы электростанций, сетей и систем с применением ЭВМ. Области применения и возможности ЭВМ при анализе режимов работы ЭЭС.
105. Основные алгоритмы расчетов режимов работы и устойчивости ЭЭС с применением ЭВМ. Применение алгоритмических языков.
106. Основные задачи АСУ энергосистем. Структуры систем автоматического управления ЭЭС и ее элементов.
107. Противоаварийное управление, его задачи и способы реализации.
108. Основные задачи и способы диспетчерского управления.
109. Методы оптимизации режимов работы ЭЭС. Связь проблемы регулирования частоты с проблемой оптимального распределения нагрузок между электростанциями.
110. Проблемы межсистемных и межгосударственных связей в больших ЭЭС.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Требования и критерии оценивания ответов экзамена

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета
- б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В.А. Старшинов, М.В. Пираторов, М.А. Козина; под ред. В.А. Старшинова. – Издательский дом МЭИ, 2015. – 296 с.
2. Короткие замыкания и выбор электрооборудования : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / И. П. Крючков, В. А. Старшинов, Ю. П. Гусев, [и др.] ; ред. И. П. Крючков, В. А. Старшинов . – М. : Изд. дом МЭИ, 2012 . – 568 с.
3. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических

- системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с.
4. Веников В.А. и др. Электрические системы: Управление переходными режимами электроэнергетических систем / под ред. В.А. Веникова. М.: Высшая школа, 1982.
 5. Строев В.А., Селиджанов Р.М. Управление переходными режимами в электрических системах / под ред. В.И. Пуго. М.: Изд-во МЭИ, 1992.
 6. Совалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах / М.: Энергоатомиздат, 1988.
 7. Управление качеством электроэнергии/ И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.
 8. Электрические системы. Электрические сети: учебник для электроэнерг. спец. вузов / В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков и др.; под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1998. – 511 с.
 9. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов. – М.: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 592 с.
 10. А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. Изд-во МЭИ, 2008.
 11. Э.И. Басс, В.Г. Дорогунцев. Релейная защита электроэнергетических систем. Изд-во МЭИ, 2002.
 12. Н.И. Овчаренко. Автоматика энергосистем. Издательский дом МЭИ, 2007.

Дополнительная литература:

13. Электрическая часть станций и подстанций : Учебник для вузов по специальности "Электрические станции" / Ред. А. А. Васильев . – 2-е изд., перераб. и доп. . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 576 с.
14. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высшая школа, 1985.
15. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: ЭНАС, 2009. – 392 с.
16. http://so-ups.ru/index.php?id=tech_base от 07 июля 2015 г.

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: *(программное обеспечение, на которое кафедра или МЭИ имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение)*

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ»
<https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ
<https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
<https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ
<http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ
<http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»
<https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ"
<https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛИ:

Доцент кафедры Электроэнергетические системы
к.т. н., доцент

 О.Н. Кузнецов

Доцент кафедры Релейная защита и
автоматизация энергосистем
к.т. н., доцент

 Я.Л. Арцишевский

Доцент кафедры Электрические станции
к.т. н., доцент

 Г.Ч. Чо

Директор ИЭЭ
к.т.н., доцент

 В.Н. Тульский

«СОГЛАСОВАНО»

Заведующий кафедрой
Электроэнергетические системы
к.т. н., профессор

Ю.В. Шаров

И.О. заведующего кафедрой
Электрические станции
к.т. н., доцент

Ю.В. Монаков

Заведующий кафедрой
Релейная защита и
автоматизация энергосистем
к.т. н., доцент

А.А. Волошин