

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по
научной работе

д.т.н., доцент

С.В. Брованов

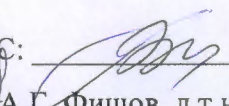


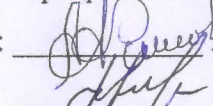
15.04.2022

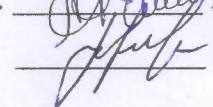
Программа кандидатского экзамена по научной специальности 2.4.3.

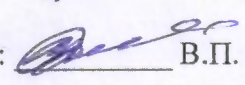
«Электроэнергетика»

Программа кандидатского экзамена обсуждена на заседании кафедр АЭЭС, ЭС, СЭСП, ТВН, протокол № 11 от 11.11.2022 и рекомендована к реализации в образовательном процессе для подготовки аспирантов ПА 2.4.3. «Электроэнергетика».

Заведующий кафедрой АЭЭС:  В.М. Левин

Составители:  А.Г. Фишов, д.т.н., проф. каф. АЭЭС,

 В.Е. Качесов, д.т.н., проф. каф. ТВН

Согласовано:  В.П. Драгунов, д.т.н., проф., начальник ОПКВК

Оглавление

1. Общие положения.....	3
2 Содержание кандидатского экзамена по специальности	4
2.1. Общие для двух специализаций методологические, технологические и математические темы:.....	4
2.2. Перечень тем, основные понятия и задачи для аспирантов профиля «Техника высоких напряжений».....	4
2.3. Перечень тем, основные понятия и задачи для аспирантов профиля «Электрические станции и электроэнергетические системы».....	6
Содержание тем.....	7
3. Критерии выставления оценок на государственном экзамене.....	8
4. Порядок проведения экзамена.....	8
5. Проведение кандидатского экзамена для лиц с ОВЗ	8
6. Перечень рекомендуемой литературы:	9
6.1. Основной список литературы по технике высоких напряжений.....	9
6.2. Основной список по электрическим станциям и электроэнергетическим системам	9
6.3. Дополнительный список	10

1. Общие положения

Кандидатский экзамен по специальности по программе аспирантуры - подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре является обязательным.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационными комиссиями.

Целью кандидатского экзамена по специальности является – определение уровня подготовленности соискателя к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Основу настоящей программы составили ключевые положения следующих дисциплин: Техника высоких напряжений, Электрические сети, Электроэнергетические системы, Установившиеся режимы и переходные процессы в электрических сетях и электроэнергетических системах, Системный анализ, Модели и методы принятия решений, Оптимизация и математическое программирование, Основы теории управления, Компьютерные технологии обработки информации, Электрофизические и математические основы электроэнергетики, Компьютерное моделирование в электроэнергетике.

Программа кандидатского экзамена составлена с учетом двух профилей обучения в аспирантуре: Техника высоких напряжений, электрические станции и электроэнергетические системы.

Кандидатский экзамен по специальности проводится 2 раза в год.

2 Содержание кандидатского экзамена по специальности

2.1. Общие для двух специализаций методологические, технологические и математические темы:

1. Понятия о системе, системном подходе, системном анализе.
2. Оптимизация и математическое программирование
3. Критерии оптимальности. Локальный и глобальный экстремум.
4. Принятие решений в условиях неопределенности.
5. Постановка задачи линейного программирования. Симплекс-метод.
6. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.
7. Классификация методов безусловной оптимизации.
8. Метод Ньютона и его модификации.
9. Методы и задачи дискретного программирования.
10. Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений
11. Основы теории управления.
12. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы.
13. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование.
14. Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы.
15. Понятие об устойчивости систем управления.
16. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость.
17. Устойчивость по первому приближению.
18. Нейросети, размытые множества, интеллектуальное управление. Компьютерные технологии обработки информации.
19. Назначение и принципы построения экспертных систем.
20. Энергетическая система (ЭС), электроэнергетическая система (ЭЭС), электрическая сеть, система электроснабжения.
21. Электропередача, преобразователи энергии (синхронные, асинхронные генераторы и двигатели), трансформаторы и преобразователи электрической энергии (трансформаторы, автотрансформаторы, выпрямители, инверторы), накопители энергии.
22. Базовые свойства ЭЭС – надёжность, экономичность, безопасность, экологичность.
23. Частные свойства – устойчивость (статическая, динамическая).
24. Режимы ЭЭС: нормальный, аварийный, послеаварийный, установившийся, переходный, квазистационарный, симметричный, несимметричный, несинусоидальный.
25. Волновые методы расчета переходных электромагнитных процессов.
26. Физическое и математическое/компьютерное моделирование.

2.2. Перечень тем, основные понятия и задачи для аспирантов профиля «Техника высоких напряжений»

Физические основы и методы моделирования электрических разрядов в условиях, характерных для электроустановок высокого напряжения.

Формирование заданных свойств и испытание изоляции электрооборудования.

Методы расчета электрических и магнитных полей, закономерности воздействия сильных токов, электрических и магнитных полей на диспергированные и другие материалы, среды и изделия.

Основы использования высоких напряжений и конструирования оборудования для технологических процессов.

Атмосферные и внутренние перенапряжения, методы и устройства для ограничения перенапряжений, проблема электромагнитной совместимости.

Физические и цифровые методы и средства измерения, диагностики и мониторинга состояния изоляции высоковольтного оборудования.

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

Содержание тем

Электрический разряд в газах и жидких диэлектриках

Электрический самостоятельный разряд в газах. Условие самостоятельности. Закон Пашена, теория подобия разрядов. Стримерная теория пробоя.

Особенности пробоя в длинных воздушных промежутках, лидерный процесс

Перекрытие твёрдой изоляции в воздухе и сжатых газах при переменном и импульсном напряжениях в однородных и неоднородных полях. Способы повышения напряжения перекрытия в высоковольтных изоляционных конструкциях.

Коронный разряд на переменном токе. Общая, местная и импульсная короны на проводах ВЛ.

Пробой жидких диэлектриков на переменном напряжении. Пробой жидких диэлектриков, содержащих жидкие и твёрдые примеси.

Электрическая прочность жидких диэлектриков. Зависимость электрической прочности от параметров импульса напряжения.

Протекание импульсного разряда в жидкостях. Динамика разряда. Параметры лидерного канала. Канальная стадия разряда.

Перенапряжения внутренние и атмосферного происхождения в электрических сетях и их ограничение

Режимы заземления нейтрали. Внутренние перенапряжения в электрических сетях при различных способах заземления нейтрали.

Процессы при неустойчивом горении дуги в режиме однофазного дугового замыкания, феррорезонансные процессы, обусловленные насыщением магнитопроводов трансформаторов напряжения.

Квазистационарные перенапряжения в сетях с эффективным заземлением нейтрали. Эффективность применения шунтирующих реакторов.

Перенапряжения при ликвидации коротких замыканий на ВЛ: включение ВЛ в циклах трёхфазного или однофазного автоматического повторного включения (ТАПВ или ОАПВ).

Способы и средства ограничения внутренних перенапряжений.

Характеристики грозовой деятельности. Интенсивность грозовой деятельности и её характеристики. Параметры волны тока молнии.

Грозовые перенапряжения на изоляции воздушных линий электропередачи.

Грозозащита ОРУ от прямых ударов молнии и от волн, набегающих с воздушных линий.

Изоляционные конструкции высокого напряжения

Внешняя и внутренняя изоляция. Методы расчёта и регулирования электрических полей в изоляционных конструкциях. Разряд по загрязнённой и увлажнённой поверхности изоляторов.

Изоляция воздушных линий электропередачи и распределительных устройств.

Основные виды внутренней изоляции: основы технологии, области применения. Закономерности электрического и термического старения.

Изоляция силовых и измерительных трансформаторов: структура изоляции, условия эксплуатации, основные элементы конструкции.

Изоляция силовых конденсаторов промышленной частоты и импульсных конденсаторов. Изоляция вращающихся машин. Изоляция высоковольтных вводов. Изоляция силовых кабелей высокого напряжения и кабельной арматуры.

Координация изоляции и испытания электрооборудования ВН

Принцип координации уровня изоляции электрооборудования и ВЛ с воздействующими перенапряжениями и характеристиками защитных устройств. Приведение изоляции к «норме».

Выбор уровней и форм испытательных напряжений.

Методы испытания изоляции повышенным напряжением. Рекомендации МЭК и требования ГОСТ к проведению испытаний переменным, постоянным и импульсным напряжением.

Технические требования к ОПН.

2.3. Перечень тем, основные понятия и задачи для аспирантов профиля «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Принципы действия устройств релейной защиты электрического оборудования и противоаварийной автоматики электростанций, электрических сетей и электроэнергетических систем.

Структуры, параметры и схемы электрических соединений электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.

Методы анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения.

Методы прогнозирования, оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания на электростанциях и в электрических сетях энергосистем.

Методы моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений.

Способы управления режимами электроэнергетических систем и сетей.

Методы статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике.

Методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.

Способы транспорта электроэнергии переменным током, включая обеспечение требуемой пропускной способности транспортных каналов, применением FACTS-устройств, накопителей энергии.

Методы моделирования и анализа структурной, балансовой и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения, мини- и микрогрид. анализа и управления качеством электроэнергии.

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

Содержание тем

Передача и распределение электрической энергии

Однолинейные схемы замещения и параметры линий электропередачи, трансформаторов и автотрансформаторов.

Схемы замещения трансформаторов и определение параметров.

Режимы нейтрали электрических сетей.

Виды и группы соединения обмоток трансформаторов.

Натуральная мощность ЛЭП.

Волновое сопротивление линии электропередачи.

Режим холостого хода и натуральный режим электропередачи.

Неоднородные замкнутые электрические сети. Особенности режимов.

Уравнения установившегося режима электрических сетей.

Задачи оптимизации режимов электрических сетей.

Несимметрия режимов. Причины. Методы моделирования.

Несинусоидальность режимов. Причины. Методы моделирования.

Линейные и нелинейные модели режимов электрических сетей.

Ограничение токов к.з. в электрических сетях.

Расчет несимметричных режимов электрических сетей методом симметричных составляющих.

Регулирование напряжения в электрических сетях.

Компенсация реактивной мощности в электрических сетях. Цели и средства.

Статические и динамические характеристики нагрузки.

Активные и пассивные электрические сети.

Виды потребителей электрической энергии.

Асинхронный двигатель. Схема замещения.

Опыты короткого замыкания и холостого хода при определении параметров оборудования.

Электрические станции и электроэнергетические системы

Традиционные и возобновляемые источники электроэнергии. Когенерация.

Балансы активной и реактивной мощности в ЭЭС.

Виды ЭЭС.

Режимы работы синхронных машин.

Регулятор скорости вращения вала энергоблока. Статизм регулирования.

Регулятор возбуждения. Виды регуляторов. Статизм регулирования.

Регулирование частоты в энергосистеме.

Задачи оптимизации режимов электрических станций и электроэнергетических систем.

Векторная диаграмма режима схемы генератор- линия – ШБМ.

Переходные процессы в ЭЭС и устойчивость режимов

Электромагнитный переходный процесс при КЗ трансформатора.

Ударный ток при КЗ в трехфазных индуктивных цепях.

Переходный процесс в синхронной машине при к.з. на шинах.

Понятия и виды устойчивости режимов ЭЭС.

Критерии статической и динамической устойчивости режима ЭЭС.

Уравнение движения ротора синхронного генератора.

Статические и динамические характеристики нагрузки. Устойчивость нагрузки.

Асинхронный режим в ЭЭС. Ресинхронизация.

Синхронные качания в ЭЭС. Способы подавления.

Угловые характеристики генераторов по активной и реактивной мощностям.

Анализ устойчивости методом малых колебаний.

Моментно-скоростная характеристика асинхронного двигателя. Пуск асинхронного двигателя.

Лавина напряжения в электрических сетях.

Регулирование напряжения в электроэнергетических сетях.

Синхронизация источников в электрических сетях.

Способы обеспечения статической устойчивости режимов ЭЭС.

Способы обеспечения динамической устойчивости режимов ЭЭС.

3. Критерии выставления оценок на государственном экзамене

«Отлично» – продемонстрированы достаточно твердые знания материала по основным вопросам, проявлено понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, даны правильные полные ответы на большинство вопросов. Нет грубых ошибок, при ответах на некоторые вопросы допущены неточности.

«Хорошо» – продемонстрированы достаточно твердые знания материала по основным вопросам, однако, не уделено достаточного внимания сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, даны правильные полные ответы на большинство вопросов. Нет грубых ошибок, при ответах на половину вопросов допущены неточности.

«Удовлетворительно» – продемонстрированы недостаточно твердые знания материала по основным вопросам, не уделено достаточного внимания сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, частично даны правильные полные ответы на вопросы. Есть грубые ошибки, при ответах на некоторые вопросы допущены неточности.

«Неудовлетворительно» – не дано ответа или даны неправильные ответы на большинство вопросов, продемонстрировано непонимание сущности предложенных вопросов, допущены грубые ошибки при ответе на вопросы, компетенции не сформированы полностью или частично.

4. Порядок проведения экзамена

Экзамен проводится путем сочетания письменной и устной форм. Каждый билет включает 3 теоретических вопроса, 2 вопроса из перечня для профиля обучения и один из смежной области. Вопросы из профиля специализации аспиранта подлежат глубокому раскрытию в ответах, а ответы на вопросы из смежного профиля должны продемонстрировать их понимание.

На экзамене разрешается использовать материалы справочного характера. Все члены экзаменационной комиссии слушают ответ экзаменуемого и оценивают его знания. Решение об итоговой оценке знаний аспиранта принимается комиссией на закрытом заседании открытым голосованием большинства голосов членов комиссии, участвующих в голосовании.

При равном числе голосов решающим является голос председателя. Результаты сдачи государственного экзамена объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протоколов заседаний экзаменационных комиссий.

5. Проведение кандидатского экзамена для лиц с ОВЗ

Проведение кандидатского экзамена для обучающихся инвалидов и лиц с ОВЗ осуществляется с учетом рекомендованных условий обучения для инвалидов и лиц с ОВЗ.

В таком случае требования к процедуре проведения и подготовке экзамена должны быть адаптированы под конкретные ограничения возможностей здоровья обучающегося, для чего должны быть предусмотрены специальные технические условия.

6. Перечень рекомендуемой литературы:

6.1. Основной список литературы по технике высоких напряжений

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. Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Рейхердт А.А. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: Учебник.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004.- 368 с.
5. 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»)
6. Коробейников С.М. Электрофизические процессы в газообразных, жидких и твердых диэлектриках.
7. 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
8. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л.: Энергия, 1979.- 224 с.

6.2. Основной список по электрическим станциям и электроэнергетическим системам

1. Электрические системы и сети: учебник / А.В. Лыкин. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. 363 с. – (Серия «Учебники НГТУ»)
2. Переходные электромеханические процессы электрических систем : учебное пособие / А. П. Долгов. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. 236 с.
3. Куликов Ю. А. Переходные процессы в электрических системах : учебное пособие / Новосибирск : Изд-во НГТУ , 2006. 282 с. схемы, табл.
4. Переходные электромеханические процессы электрических систем : учебник для электроэнергетических специальностей вузов. / В.А. Веников. М : Высш. школа, 1978. 415 с.
5. Надежность энергетических систем. Часть 1. Теоретические основы : Учебное пособие /В.Г.Китушин. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – 256 с. (Серия «Учебники НГТУ»)
6. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник / А.Г. Русина, Ю.М. Сидоркин, Т.А. Филиппова.- Издательство НГТУ, 2007. – 355 с.
7. Филиппова Т.А. Энергетические режимы электрических станций и энергосистем: учебник / Т.А. Филиппова.- Издательство НГТУ, 2007. – 294 с.
8. Оперативное управление в энергосистемах : учебное пособие для вузов / Е. В. Калентионюк, В. Г. Прокопенко, В. Т. Федин ; под общ. ред. В. Т. Федина. Минск : Вышэйшая школа , 2007.350 с.
9. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : [учебное пособие для вузов по направлению 140200 " Электроэнергетика"] / А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. М. : Издательский дом МЭИ , 2010. - 535 с.

10. Овчаренко Н. И. Автоматика энергосистем : [учебник для вузов по направлению подготовки "Электроэнергетика" / М. : Изд. дом МЭИ, 2007. 475 с.
11. Системы электроснабжения : [учебник] / Н. П. Гужов, В. Я. Ольховский, Д. А. Павлюченко. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2008. 257 с. ил., табл., схемы

6.3. Дополнительный список

Современные статьи в отечественных и зарубежных научных и научно-информационных периодических изданиях, материалы интернет-пользования по вопросам высоковольтной электроэнергетики и электротехники, электрических станциям и электроэнергетическим системам.

1. Вдовин, В. М. Теория систем и системный анализ : учебник / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. – 3-е изд. – Москва : Дашков и К, 2016. – 644 с. – ISBN 978-5-394- 02139-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93352>.
2. Клименко, И. С. Системный анализ в управлении : учебное пособие для вузов / И. С. Клименко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 272 с. – ISBN 978-5-8114- 6942-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/153690>.
3. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы [Электронный ресурс]: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 324 с. – URL:<https://e.lanbook.com/book/147337>.
4. Остроух А.В., Николаев А.Б. Интеллектуальные информационные системы и технологии [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 308 с. – URL:<https://e.lanbook.com/book/177839>.
5. Орешков В.И. Инженерия знаний [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Рязань: РГРТУ, 2017. – 64 с. – URL:<https://e.lanbook.com/book/168029>.
10. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : учебное пособие для вузов / А. Ю. Ощепков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-8544-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/177027> – Книга из коллекции Лань – Информатика
- 6.. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-5816-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145842> – Книга из коллекции Лань – Информатика
7. Волкова, В.Н. Теория систем и системный анализ / В. Н. Волкова, А. А. Денисов; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2014. – 616 с.