

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»  
Физико-технический институт  
Кафедра «Электроснабжение»

Принято  
Ученым советом ФТИ  
Протокол №191  
«31» марта 2023 г



**ПРОГРАММА**  
вступительного экзамена по научной специальности  
2.4.3. Электроэнергетика

Уровень высшего образования: **подготовка кадров высшей квалификации**  
Тип образовательной программы: **программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**  
Группа специальности: **2.4. Энергетика и электротехника**  
Форма обучения: **Очная**

Якутск 2023

## **ВВЕДЕНИЕ**

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру СВФУ по научной специальности 2.4.3 Электроэнергетика.

Поступающий должен показать знания программного содержания теоретических дисциплин, иметь представление о фундаментальных работах и публикациях периодической печати в избранной области, ориентироваться в проблематике дискуссий и критических взглядов ведущих ученых по затрагиваемым вопросам, уметь логично излагать материал, показать навыки владения исследовательским аппаратом применительно к области специализации и сфере деятельности.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СДАЧЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ**

Поступающие в аспирантуру должны продемонстрировать:

- глубокие теоретические знания в области избранной научной дисциплины;
- достаточно полное представление об источниках, фундаментальных работах и последних достижениях науки в данной области;
- способность ориентироваться в дискуссионных проблемах избранной отрасли науки;
- способность владением понятийно-исследовательским аппаратом применительно к области специализации;
- умение логично, аргументировано излагать материал.

Вступительные испытания по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика проводятся в устной форме и включают следующие этапы:

- 1.1 Подготовка ответа на теоретические вопросы, включенные в билет.
- 1.2 Собеседование по тематике предполагаемой диссертации.

На собеседование поступающий обязательно должен предоставить реферат по теме научной специальности.

Результаты вступительного испытания оцениваются экзаменационной комиссией по 100-бальной системе.

Максимальное количество баллов, которое может набрать абитуриент по итогам вступительных испытаний:

- экзамен на основе билетов – 50 б;
- собеседование – 50 б.

Лица, получившие на вступительном испытании менее 40 баллов, выбывают из конкурса.

Вступительные испытания проводятся очно, на русском языке.

Итоговый балл выставляется как сумма экзамена на основе билетов и собеседования. Итоговый балл может составлять от 0 до 100 баллов в зависимости от правильности ответов и качества представленного реферата.

Продолжительность проведения вступительного испытания:

Продолжительность вступительного испытания составляет 75 минут:

Время подготовки – не более 45 минут;

Собеседование по вопросам – не более 30 минут.

## **КРИТЕРИИ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ**

Оценка «100 – 76» – «5» баллов (по пятибалльной шкале) ставится, если абитуриент:

- дает исчерпывающий ответ, демонстрирует знание альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет современной нормативной базой, умеет раскрыть роль анализируемого явления в российской и мировой экономике;
- умеет аргументировать свою точку зрения, делать самостоятельные выводы и рекомендации;
- владеет научной терминологией и безошибочно раскрывает содержание используемых терминов, грамотно, литературно, логично излагает материал.

Оценка «75 – 64» – «4» балла (по пятибалльной шкале) ставится, если абитуриент:

- дает полный ответ на поставленные вопросы, демонстрирует знание основных альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- умеет оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- умеет аргументировать ключевые положения ответа, делать самостоятельные выводы и рекомендации;
- в целом владеет научной терминологией, но в отдельных случаях не может раскрыть содержание используемых терминов, грамотно, логично излагает материал.

Допускается 1-2 незначительные ошибки, фактические и/или смысловые.

Оценка «63 – 41» – «3» балла (по пятибалльной шкале) ставится, если абитуриент:

- дает недостаточно полный ответ, демонстрирует знание отдельных, не всегда наиболее важных альтернативных точек зрения по

анализируемой проблеме, не имеет системных представлений об отечественном и зарубежном опыте;

- не владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- испытывает серьезные затруднения при попытке оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- испытывает серьезные затруднения при попытках аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;
- недостаточно владеет научной терминологией и часто испытывает затруднения при определении содержания используемых терминов;
- в целом способен логично изложить материал, однако допускает существенные ошибки с точки зрения логической последовательности.

Допускается не более 3-4 ошибок, фактических и/или смысловых.

Оценка «менее 40» – «2» балла (по пятибалльной шкале) ставится, если абитуриент:

- дает ответ, который носит фрагментарный характер, не знает альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, имеет поверхностные представления об отечественном и зарубежном опыте;
- не владеет нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- не способен оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- не в состоянии аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;
- не владеет научной терминологией, не способен определить содержание используемых терминов;
- не может логично изложить материал.

### **ТРЕБОВАНИЯ К РЕФЕРАТУ**

Название реферата должно соответствовать предполагаемой теме диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика (см. паспорт научной специальности).

В содержании реферата раскрываются актуальность темы, цель и задачи исследования, степень разработанности темы исследования, перечень авторов научных публикаций по данной теме, предполагаемые результаты исследования и т.д.

Поступающий должен иметь представление о сфере своих научных интересов, а также продемонстрировать готовность к научно-исследовательской деятельности.

При оценивании реферата учитываются:

1. Полнота раскрытия содержания научного материала.
2. Умение формулировать свои мысли.

3. Аргументация своей позиции.
4. Соответствие выбранной темы паспорту научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Содержание и структура реферата:

1. Титульный лист.
2. Содержание реферата с указанием страниц.
3. Введение: описание темы научного исследования, обоснование ее актуальности, практической значимости, степени ее разработанности с указанием конкретных исследований, объект и предмет исследования, цель, задачи, методы научного исследования.
4. Основное содержание реферата.
5. Заключение.
6. Список использованной литературы.
7. Приложения: таблицы, рисунки, схемы, диаграммы, графики.
8. Объем реферата – не менее 10 страниц машинописного текста (шрифт – 14 пт, междустрочный интервал – 1,5; поля – 2 см, отступ – 1 см).

## **РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ИСПЫТАНИЯ**

### **1. Электрическая часть электростанций и подстанций**

Типы электростанций и их особенности. Источники электрической энергии в электроэнергетических системах. Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа: тепловых, атомных, гидравлических и других. КЭС: особенности электрической части. ТЭЦ: особенности электрической части. АЭС: особенности электрической части. Вопросы экологии при эксплуатации электростанций. Структура и основные параметры электроэнергетической системы России. Электрическое оборудование электростанций и подстанций. Генераторы, трансформаторы, электрические аппараты, коммутационные аппараты, электродвигатели, токоведущие элементы, изоляторы. Синхронные и асинхронные генераторы. Синхронные и асинхронные электродвигатели. Выключатели переменного тока. Разъединители. Шины, шинопроводы, токопроводы. Измерительные трансформаторы. Главные схемы электростанций и подстанций. Распределительные устройства (РУ). РУ с одной системой сборных шин. РУ с двумя системами сборных шин. РУ с двумя системами сборных шин ГРУ ТЭЦ. Типы главных схем подстанций. Схемы систем собственных нужд электростанций и подстанций. РУ с двумя системами сборных шин и обходной шиной. РУ по схеме четырехугольника. РУ по схеме шестиугольника. РУ по схеме 3/2 и 4/3. Упрощенные схемы РУ. Системы постоянного оперативного тока.

### **2. Режимы работы основного электрооборудования электростанций**

Режимы синхронных генераторов. Режимы работы синхронных генераторов, синхронных компенсаторов, синхронных двигателей и их систем возбуждения. Методика анализа режимов работы синхронных машин. Режимы работы электродвигателей. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей собственных нужд электростанций в нормальных и аномальных условиях. Пуск электродвигателей. Работа электродвигателей при отклонении параметров нагрузки и питания от номинальных значений. Режимы трансформаторного оборудования. Режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов на электростанциях и подстанциях. Регулирование трансформаторов на подстанциях. Охлаждение трансформаторов.

### 3. Проектирование электростанций и подстанций

Основы проектирования. Основы проектирования электростанций. Состав и основные характеристики систем автоматизированного проектирования (САПР) электрических установок. Электрическая часть. Проектирование главной электрической схемы. Проектирование электроснабжения установок собственных нужд. Проектирование систем управления, релейной защиты и автоматики. Конструкции электрической части электростанций и подстанций. 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. ПП РФ от 13.08.2018 №937. Правила технологического функционирования электроэнергетических систем

### 4. Электроэнергетические системы и сети

Структура электрических сетей. Структура электрических сетей и систем. Номинальные напряжения. Области применения номинальных напряжений. Электрические подстанции. Назначение и виды подстанций. Регулирование напряжения на подстанциях. Устройство электрических сетей. Конструкции воздушных и кабельных линий электропередачи. Опоры, изоляторы, провода. Виды кабелей. Способы прокладки кабелей. Режимы нейтрали электрических сетей разных классов напряжений. Трехфазные сети с изолированной нейтралью. Трехфазные сети с резонансно-компенсированной нейтралью. Трехфазные сети с эффективно-заземленной нейтралью. Трехфазные сети с глухозаземленной нейтралью. Инженерно-экономические расчеты электрических сетей. Потери электрической энергии при транспортировке. Себестоимость передачи электрической энергии. Экономическая плотность тока. Режимы и проектирование электрических сетей. Режимы работы электроэнергетических систем. Определения терминов. Нормальные режимы работы электроэнергетических систем. Выбор проводов и кабелей по допустимому нагреву. Расчет и выбор параметров электрических сетей по потере напряжения. Компенсация реактивной мощности. Проектирование электрических сетей. Определение

расчетных нагрузок и выбор источников питания. Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства. Основные задачи АСУ энергосистем. Структуры систем автоматического управления ЭЭС и ее элементов. Основные задачи и способы диспетчерского управления. Методы оптимизации режимов работы ЭЭС. Связь проблемы регулирования частоты с проблемой оптимального распределения нагрузок между электростанциями. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 57382-2017 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Стандартный ряд номинальных и наибольших рабочих напряжений»

#### 5. Переходные процессы в электроэнергетических системах

Переходные режимы. Условия существования режимов. Переходные электромагнитные и электромеханические процессы в электрических системах. Устойчивость работы электроэнергетических систем. Параметры, характеризующие устойчивость. Нарушение устойчивости работы электроэнергетической системы. Сценарии нарушения устойчивости. Принципы автоматического управления. Основные понятия теории автоматического управления. Динамические звенья. Передаточные функции. Математическое описание элементов и систем автоматики. Электромагнитные переходные режимы. Схемы замещения электроэнергетических систем. Параметры схем замещения. Приведение параметров к одной ступени напряжения. Расчет токов короткого замыкания (КЗ). Особенности расчета токов КЗ для выбора и проверки оборудования, и для релейной защиты. Электромеханические переходные режимы. Влияние механических свойств элементов на процессы в электроэнергетических системах. Передаточные функции и структуры автоматических систем. Временные и частотные характеристики. Типовые динамические звенья. Типовые схемы соединения динамических звеньев. Преобразования схем автоматики. Системы автоматического регулирования и управления. Виды систем регулирования. Оценка качества регулирования. Устойчивость. Управление режимами электроэнергетических систем. Диспетчерское управление. Способы изменения режимов. Оперативные переключения в электроэнергетических системах. Исследование режимов электроэнергетических систем.

#### 6. Релейная защита и автоматическое управление электроэнергетическими системами

Общие принципы построения. Управление электроэнергетическими системами при повреждениях отдельных элементов. Релейная защита. Основные понятия и определения. ГОСТ Р 59909-2021 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Классификация». Принципы действия релейной защиты. Требования к оснащению линий электропередачи и оборудования объектов электроэнергетики классом напряжения 110 кВ и

выше устройствами и комплексами релейной защиты и автоматики, а также к принципам функционирования устройств релейной защиты и автоматики. Токовые защиты. Выбор параметров срабатывания токовых защит. Дифференциальные защиты. Выбор параметров срабатывания дифференциальных защит. Ток небаланса. Способы повышения чувствительности. Торможение в дифференциальной защите. Дистанционные защиты. Принцип действия. Выбор параметров срабатывания дистанционных защит. Элементная база релейной защиты. Особенности построения систем релейной защиты на различной элементной базе. Особенности реализации защит разных видов на микропроцессорной элементной базе. Способы измерения, регистрации и обработки сигналов в микропроцессорных устройствах релейной защиты. Требования нормативных документов к релейной защите электроэнергетических систем. Основные и резервные защиты. Способы обеспечения надежности. Особенности эксплуатации системы релейной защиты. Проверки и испытания. Защиты, устанавливаемые на генераторах электрических станций. Особенности релейной защиты на электрических станциях разных типов. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах подстанций. Особенности релейной защиты подстанций разных типов и классов напряжений. Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи. Особенности защит, устанавливаемых на линиях разных типов и классов напряжения. Защиты, устанавливаемые на электродвигателях разных мощностей и классов напряжения. Защиты, устанавливаемые на шинах и других элементах подстанций и электростанций. Общие принципы проектирования систем релейной защиты. Автоматика электроэнергетических систем. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях и нестационарных режимах. Противоаварийная автоматика. Виды противоаварийной автоматики. Предотвращение нарушения устойчивости. Ликвидация качаний и асинхронных режимов. Автоматическое регулирование режимов электростанций в экстремальных условиях. Автоматическое регулирование первичных двигателей и возбуждения синхронных генераторов. Автоматическое управления электрическими сетями. Автоматическое включение резервного питания, автоматическая частотная разгрузка, автоматическое повторное включение.

### **Основная литература**

1. Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016.
2. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов/Под ред. А.А. Васильева.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения: учеб. пособие для вузов. – М.: Академия, 2011. – 352 с.



4. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии. Учеб. пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-на-Дону, Феникс, 2006.
5. Карташов И.И. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения: учебное пособие. - М.: Изд-во МЭИ, 2001. - 72 с.
6. Крючков И.П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов и др.; Под ред. И.П. Крючкова и В.А. Старшинова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 416 с.
7. Калентионок Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем. – Минск: Техноперспектива, 2008.
8. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

#### Дополнительная литература

1. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: [учебник для вузов] \ В. А. Андреев.—Изд. 4-е, перераб. и доп.—М.: Высш. шк., 2006.—639 с.
2. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 2018 (1992).
3. Проектирование защит трансформатора при использовании терминалов НПП «ЭКРА»: Учеб.-метод. пособие/ О.В. Фролова, Л.М. Колесов. – Иваново, 2015
4. Вайнштейн Р.А. Основы противоаварийной автоматики в электроэнергетических системах / Р.А. Вайнштейн, Е.А. Понамарев, В.А. Наумов, Р.В. Разумов: учебное пособие. – Томск, Чебоксары, 2015. – 182 с.
5. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем / Н.И. Овчаренко: учебник для вузов. – М., Издательский дом МЭИ, 2007. – 476 с.
6. Фадке, Арун Г. Компьютерная релейная защита в энергосистемах / А. Г. Фадке, Д. С. Торп ; перевод с английского под редакцией Г. С. Нудельмана.—2-е изд.—Москва: Техносфера, 2019.—370 с.—(Мир энергетики).—ISBN 978-5-94836-552-7.
7. Бортник И.М., Белогловский А.А, Верещагин И.П., Вершинин Ю.Н., Калинин А.В., Кучинский Г.С., Ларионов В.П., Монастырский АЕ., Орлов А.В., Пинталь Ю.С., Сергеев Ю.Г., Соколова М.В., Темников А.Г. Электрофизические основы техники высоких напряжений. Учебник для вузов / Под ред. Верещагина И.П. - М: Издательский дом МЭИ, 2010. - 704 с.
8. А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин, А.Г. Темников, А.В. Жуков. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике. Учебник для вузов, 2-е издание, исправл. и дополн. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. - 544 с.
9. Высоковольтные электротехнологии. Учеб. пособие / О.А. Аношин, А.А. Белогловский, И.П. Верещагин и др.; Под ред. И.П. Верещагина. - М.: Изд-во МЭИ, 2000.

10. Физико-математические основы техники высоких напряжений. Учеб. пособие для вузов / В.В. Базуткин, К.П. Кадомская, Е.С. Колечицкий и др.; Под ред. К.П. Кадомской. - М.: Энергоатомиздат, 1995.
11. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. - М.: Физматлит, 2001.
12. Техника высоких напряжений. Учебник для вузов / И.Н. Богатенков, Ю.Н.Бочаров, Н.И. Гумерова и др. Под ред. Г.С. Кучинского. - СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 2003.

Составитель программы:

Н.С. Бурянина, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Электроснабжение» ФТИ; руководитель программы аспирантуры 2.4.3. Электроэнергетика.

Программа рекомендована на заседании кафедры «Электроснабжение» от 21 марта 2023 г. протокол №3