

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»**

“УТВЕРЖДАЮ”

Начальник ОПКВК



В.П. Драгунов

22 февраля 2022 г.

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру по специальности
2.4.3. «Электроэнергетика»
по техническим наукам

Новосибирск
2022

Программа обсуждена на заседании ученого совета факультета энергетики

протокол № 2 от "16" 02 2022 г.

Программу разработали

д.т.н., доцент



Качесов В.Е.

д.т.н., профессор



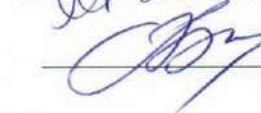
Овсянников А.Г.

д.т.н., профессор



Фишов А.Г.

д.т.н., доцент



Левин В.М.

Декан ФЭН, д.т.н.



Русина А.Г.

ПРОГРАММА
вступительного экзамена по специальности
2.4.3. «Электроэнергетика»
по техническим наукам

В основу программы включены вопросы, которые рассматривались в дисциплинах по направлению подготовки «Электроэнергетика»: «Физико-математические основы электроэнергетики», «Испытательные и электрофизические установки высокого напряжения», «Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения и основы ее проектирования», «Электрофизические процессы в газах, жидких и твердых диэлектриках», «Энергетическое оборудование высокого напряжения и его надежность», «Молниезащита» «Перенапряжения и координация изоляции», «Эксплуатация электрооборудования высокого напряжения и его диагностика», «Технические средства диагностики электрооборудования высокого напряжения», «Электрические системы и сети», «Электрическая часть станций и подстанций», «Переходные процессы в электрических сетях и электроэнергетических системах».

1. Основные понятия электроэнергетики

Энергетическая система (ЭС), электроэнергетическая система (ЭЭС), электрическая сеть, система электроснабжения.

Электропередача, электромеханические преобразователи энергии (синхронные, асинхронные генераторы и двигатели), трансформаторы и преобразователи электрической энергии (трансформаторы, автотрансформаторы, выпрямители, инверторы),

Накопители энергии.

Электрические станции. Коммутирующие устройства и узлы (распределительные устройства).

Установившиеся (симметричные и несимметричные) и неуставившиеся (переходные режимы).

Базовые свойства ЭЭС – надёжность, экономичность, безопасность, экологичность.

Частные свойства – устойчивость (статическая, динамическая).

Режимы ЭЭС: нормальный, аварийный, послеаварийный, установившийся, переходный, квазистационарный, симметричный, несимметричный, несинусоидальный.

2. Электрический разряд в газах и жидких диэлектриках

1. Электрический самостоятельный разряд в газах. Условие самостоятельности. Закон Пашена, теория подобия разрядов. Стримерная теория пробоя.
2. Особенности пробоя в длинных воздушных промежутках, лидерный процесс
3. Перекрывание 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.
4. Коронный разряд на переменном токе. Общая, местная и импульсная короны на проводах ВЛ.
5. Пробой жидких диэлектриков на переменном напряжении. Пробой жидких диэлектриков, содержащих жидкие и твёрдые примеси.
6. Электрическая прочность жидких диэлектриков. Зависимость электрической прочности от параметров импульса напряжения.
7. Протекание импульсного разряда в жидкостях. Динамика разряда. Параметры лидерного канала. Канальная стадия разряда.

3. Перенапряжения внутренние и атмосферного происхождения в электрических сетях и их ограничение

1. Режимы заземления нейтрали. Внутренние перенапряжения в электрических сетях при различных способах заземления нейтрали.
2. Процессы при неустойчивом горении дуги в режиме однофазного дугового замыкания, феррорезонансные процессы, обусловленные насыщением магнитопроводов трансформаторов напряжения.
3. Квазистационарные перенапряжения в сетях с эффективным заземлением нейтрали. Эффективность применения шунтирующих реакторов.
4. Перенапряжения при ликвидации коротких замыканий на ВЛ: включение ВЛ в циклах трёхфазного или однофазного автоматического повторного включения (ТАПВ или ОАПВ).
5. Способы и средства ограничения внутренних перенапряжений.
6. Характеристики грозовой деятельности. Интенсивность грозовой деятельности и её характеристики. Параметры волны тока молнии.
7. Грозовые перенапряжения на изоляции воздушных линий электропередачи.
8. Грозозащита ОРУ от прямых ударов молнии и от волн, набегающих с воздушных линий.

4. Изоляционные конструкции высокого напряжения

1. Внешняя и внутренняя изоляция. Методы расчёта и регулирования электрических полей в изоляционных конструкциях. Разряд по загрязнённой и увлажнённой поверхности изоляторов.
2. Изоляция воздушных линий электропередачи и распределительных устройств.
3. Основные виды внутренней изоляции: основы технологии, области применения. Закономерности электрического и термического старения.
4. Изоляция силовых и измерительных трансформаторов: структура изоляции, условия эксплуатации, основные элементы конструкции. Диагностика изоляции.
5. Изоляция силовых конденсаторов промышленной частоты и импульсных конденсаторов. Изоляция вращающихся машин. Изоляция высоковольтных вводов. Изоляция силовых кабелей высокого напряжения и кабельной арматуры.

5. Координация изоляции и испытания электрооборудования ВН

1. Принцип координации уровня изоляции электрооборудования и ВЛ с воздействующими перенапряжениями и характеристиками защитных устройств. Приведение изоляции к «норме».
2. Выбор уровней и форм испытательных напряжений.
3. Методы испытания изоляции повышенным напряжением. Рекомендации МЭК и требования ГОСТ к проведению испытаний переменным, постоянным и импульсным напряжением.
4. Технические требования к ОПН.

6. Передача и распределение электрической энергии

1. Однолинейные схемы замещения и параметры линий электропередачи, трансформаторов и автотрансформаторов.
2. Схемы замещения трансформаторов и определение параметров.
3. Группы соединения обмоток трансформаторов
4. Режимы нейтрали электрических сетей.
5. Виды и группы соединения обмоток трансформаторов.
6. Натуральная мощность ЛЭП.

7. Волновое сопротивление линии электропередачи.
8. Режим холостого хода и натуральный режим электропередачи.
9. Неоднородные замкнутые электрические сети. Особенности режимов.
10. Уравнения установившегося режима электрических сетей.
11. Условная и безусловная оптимизация. Метод Лагранжа.
12. Задачи оптимизации режимов электрических сетей.
13. Несимметрия режимов. Причины. Методы моделирования.
14. Несинусоидальность режимов. Причины. Методы моделирования.
15. Линейные и нелинейные модели режимов электрических сетей. Методы решения линейных и нелинейных уравнений установившегося режима электрических сетей.
16. Ограничение токов к.з. в электрических сетях.
17. Расчет несимметричных режимов электрических сетей методом симметричных составляющих.
18. Регулирование напряжения в электрических сетях.
19. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях. Цели и средства.
20. Статические и динамические характеристики нагрузки.
21. Активные и пассивные электрические сети.
22. Виды потребителей электрической энергии.
23. Асинхронный двигатель. Схема замещения.
24. Опыты короткого замыкания и холостого хода при определении параметров оборудования.

7. Электрические станции и электроэнергетические системы

1. Традиционные и возобновляемые источники электроэнергии. Когенерация.
2. Балансы активной и реактивной мощности в ЭЭС.
3. Виды ЭЭС.
4. Режимы работы синхронных машин.
5. Регулятор скорости вращения вала энергоблока. Статизм регулирования.
6. Регулятор возбуждения. Виды регуляторов. Статизм регулирования.
7. Регулирование частоты в энергосистеме.
8. Задачи оптимизации режимов электрических станций и электроэнергетических систем.
9. Векторная диаграмма режима схемы генератор- линия – ШБМ.

8. Переходные процессы в ЭЭС и устойчивость режимов

1. Электромагнитный переходный процесс при КЗ трансформатора.
2. Ударный ток при кз в трехфазных индуктивных цепях.
3. Переходный процесс в синхронной машине при к.з. на шинах.
4. Понятия и виды устойчивости режимов ЭЭС.
5. Критерии статической и динамической устойчивости режима ЭЭС.
6. Уравнение движения ротора синхронного генератора.
7. Статические и динамические характеристики нагрузки. Устойчивость нагрузки.
8. Асинхронный режим в ЭЭС. Ресинхронизация.
9. Синхронные качания в ЭЭС. Способы подавления.
10. Угловые характеристики генераторов по активной и реактивной мощностям.
11. Анализ устойчивости методом малых колебаний.
12. Моментно-скоростная характеристика асинхронного двигателя. Пуск асинхронного двигателя.
13. Лавина напряжения в электрических сетях.
14. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах.

15. Синхронизация источников в электрических сетях.
16. Способы обеспечения статической устойчивости режимов ЭЭС.
17. Способы обеспечения динамической устойчивости режимов ЭЭС.

9. Список литературы

Основной список по технике и электрофизике 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.
9. Овсянников А.Г., Борисов Р.К. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010.- 196 с.

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

Дополнительный список

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

10. Правила аттестации

Оценка знаний поступающего в аспирантуру осуществляется в ходе экзамена, проводимого в устной форме по билетам, составляемым по вопросам, соответствующим разделам представленной выше программы.

По результатам ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы, возникающие по ходу ответов, поступающий в аспирантуру может получить следующие оценки:

- ☐ «**отлично**», если на все вопросы билета даны исчерпывающие правильные ответы;
- ☐ «**хорошо**», если ответы на все вопросы правильные, но недостаточно полные (например, раскрыта суть рассматриваемой проблемы, но не приведены примеры). В то же время на дополнительные вопросы членов комиссии экзаменуемый дал правильные и полные ответы;
- ☐ «**удовлетворительно**», если лишь на два из трех вопросов билета дан исчерпывающий и правильный ответ, в то же время на дополнительные вопросы комиссии экзаменуемый дал правильные и полные ответы;
- ☐ «**неудовлетворительно**», если на три вопроса билета поступающий в аспирантуру представил неправильные ответы.

Протокол для вступительного экзамена

№	ФИО	Вопросы				Примечание
		1	2	3	Доп.	
1						
2						
3						
4						
5						
6						