**Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики**

**Государственное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Донецкий национальный технический университет»**

|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО**  Первый заместитель министра образования и науки  Донецкой Народной Республики  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.Н.Кушаков «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 г. | **УТВЕРЖДЕНО**  Приказ Донецкого национального технического университета  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_ 2016 г. №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**

**кандидатского экзамена для обучающихся по программам дополнительного профессионального образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»**

**по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»**

Донецк – 2016

Программа-минимум кандидатского экзамена

по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Разработчики Программы-минимум:

\_Левшов А.В., зав. каф. ЭПГ, ДонНТУ, к.т.н., профессор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия И.О., должность с указанием кафедры, ученая степень, ученое звание)

\_Куренный Э.Г., проф. каф. ЭПГ, ДонНТУ, д.т.н., профессор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия И.О., должность с указанием кафедры, ученая степень, ученое звание)

Рецензенты Программы-минимум:

\_Фёдоров М.М., проф. каф. ЭММиТОЭ, ДонНУ, д.т.н., профессор\_\_\_

(Фамилия И.О., должность с указанием кафедры, ученая степень, ученое звание)

\_Ларин А.М., проф. каф. ЭСиС, ДонНТУ, к.т.н., профессор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия И.О., должность с указанием кафедры, ученая степень, ученое звание)

Программа-минимум рассмотрена на заседании кафедры электроснабжения промышленных предприятий и городов

Протокол №\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Программа-минимум рассмотрена на заседании кафедры электрические станции

Протокол №\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_ЭПГ\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_А.В. Левшов\_\_

(название кафедры) (подпись) (И.О. Фамилия)

Зав. кафедрой \_\_\_ЭС\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_С.Н. Ткаченко\_\_\_

(название кафедры) (подпись) (И.О. Фамилия)

1. **Электрическая часть электростанций**

Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа.

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.

1. **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.

1. **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.

Вопросы экологии при проектировании и эксплуатации электростанций.

Проектирование электростанций и малой распределённой генерации использующей возобновляемые источники энергии.

1. **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: методы линейного и нелинейного математического программирования, 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 выполнении 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.

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

Основы проектирования электрических сетей, выбор основных параметров электрических сетей при проектировании.

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

# **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 выполнения 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. Влияние распределенной генерации на системы 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 ГОСТом пределы.

1. **Переходные процессы в электроэнергетических системах**

Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Основные соображения о физической природе и об анализе 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 (к.з.), сложные виды повреждений. Составление схем замещения для расчетов, применяемые допущения.

Влияние распределенной генерации на уровни токов к.з. в ЭЭС.

Практические методы расчета токов короткого замыкания.

Особенности расчета токов короткого замыкания в электроустановках переменного и постоянного тока напряжением до 1000 В.

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

Переходные процессы при коротких замыканиях 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.

1. **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 коэффициента 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.

Особенности работы устройств защиты при условии наличия большого количества установок распределенной генерации.

1. **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 и методы расчета интегральных характеристик режимов 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, моделирования процессов отказов и восстановлений 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.

1. **АСУ и оптимизация режимов работы электроэнергетических систем**

Основные задачи АСУ энергосистем. Структуры систем автоматического управления ЭЭС и ее элементов.

Особенности АСУ в энергосистемах с распределенной генерацией.

Противоаварийное управление, его задачи и способы реализации.

Основные задачи и способы диспетчерского управления.

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

Проблемы межсистемных и межгосударственных связей в больших ЭЭС.

**Основная литература**

1. Электрическая часть станций и подстанций. Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф. /Под ред. А.А. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1990.

2. Околович Н.М. Проектирование электрических станций. М.: Энергоиздат, 1982.

3. Электрические системы. Электрические сети. /Под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. М.: Высшая школа, 1998.

4. Идеальчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1984.

5. Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. М.: Энергоатомиздат, 1985.

6. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.: Энергия, 1970.

7. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1978.

8. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1984.

9. Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем. М.: Энергоатомиздат, 1995.

10. Автоматика электроэнергетических систем. Алексеев О.П., Казанский В.Е., Козис В.Л. /Под ред. М.: Энергоиздат, 1981.

11. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. /Под ред. А.Ф. Дьякова. М.: Изд-во МЭИ, 2000.

12. Веников А.В. Теория подобия и моделирования. М.: Высшая школа, 1976.

13. Электрические сети и системы. Математические задачи электроэнергетики. /Под ред. В.А. Веникова. М.: Высшая школа, 1981.

14. Фокин Ю.А. Вероятностно-статистические методы в расчетах надежности систем электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 1985.

15. Методы оптимизации режимов энергосистем. /Под ред. В.М. Горнштейна. М.: Энергоиздат, 1981.

16. Арзамасцев Д.А., Бартоломей П.И., Холян А.М. АСУ и оптимизация режимов энергосистем. М.: Высшая школа, 1983.

**Дополнительная литература**

1. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1986.

2. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. Под ред. Л.Г.Мамиконянца. М.: Энергоатомиздат, 1984.

3. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. Под ред. Л.С.Линдорфа и Л.Г.Мамиконянца. М.: Энергия, 1972.

4. Лосев С.Б., Чернин А.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем. М.: Энергоатомиздат, 1983.

5. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. /Под ред. В.А.Веникова. М.: Энергоатомиздат, 1983.

6. Веников В.А., Идельчик В.И., Лисеев М.С. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1985.

7. Зарудский Г.К., Путятин Е.В. и др. Дальние электропередачи в примерах. М.: Изд-во МЭИ, 1994.

8. Баринов В.А., Совалов С.А. Режимы энергосистем: методы анализа и управления. М.: Энергоатомиздат, 1990.

8. Крючков И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Изд-во МЭИ, 2000.

10. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. М.: Энергия. 1979.

11. Экспериментальные исследования режимов энергосистем. Под ред. С.А.Совалова. М.: Энергоатомиздат. 1985.

12. Портной М.Г., Рабинович Р.С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости. М.: Энергия. 1975.

13. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем. М.: Изд-во МЭИ, 2000.

14. Автоматизация электроэнергетических систем. Алексеев О.П., Козис В.Л., Кривенков В.В. /Под ред. М.: Энергоатомиздат, 1994.

15. Казанский В.Е. Измерительные преобразователи тока в релейной защите. М.: Энергоатомиздат, 1988.

16. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1998.

17. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике. Щербачев О.В., Зейлигер А.Н., Кадомская К.П. /Под ред. О.В. Щербачева. Л.: Энергия, 1980.

18. Кобец Б.Б., Волкова И.О. «Иновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid» - М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

**СОГЛАСОВАНО:**

**Заведующий сектором аттестации педагогических,**

**научно-педагогических и научных кадров**

**Министерства образования и науки И.П. Масюченко**

**Проректор по научной работе К.Н. Маренич**

Утверждено Ученым советом университета \_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 г.

(протокол № \_\_\_\_)