

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОГРАММА**

вступительных испытаний

по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (профиль) программы 05.14.02 – Электростанции и электроэнергетические системы

Составлена:  
заведующий кафедрой ЭиЭ, доцент, к.т.н.



Булатов Ю.Н.

Братск, 2020 г.

Программа рассмотрена на заседании кафедры ЭиЭ от «2» сентября 2020г., протокол №1.

Зав. кафедрой ЭиЭ



---

Булатов Ю.Н.

Принята на заседании ученого совета факультета энергетики и автоматики от «27» октября 2020г., протокол №2.

И.о. декана ФЭиА



---

Григорьева Т.А.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения .....	4
2	Программа .....	5
3	Экзаменационные вопросы .....	10
4	Рекомендуемая литература .....	15
	Приложение. Шкала оценивания результатов вступительных испытаний по программе подготовки кадров высшей квалификации .....	16

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программы вступительных испытаний при приеме на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре формируются на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Расписание вступительных испытаний с указанием мест их проведения доводится до сведения поступающих путем размещения информации на официальном сайте ФГБОУ ВО «БрГУ» не позднее чем за 14 календарных дней до их начала.

Вступительные испытания проводятся:

- путем непосредственного взаимодействия поступающих с работниками ФГБОУ ВО «БрГУ» в комбинированной форме по билетам (письменное вступительное испытание в сочетании с устным ответом) при соблюдении пункта 37.1 Правил приёма;

- с использованием дистанционных технологий при условии идентификации поступающих при сдаче ими вступительных испытаний в соответствии с Регламентом, утвержденным приказом ректора от 18.06.2020 г. №305. Основанием для очного проведения экзамена является приказ ректора университета, разрешающий личное взаимодействие с обучающимися.

Для поступающих на места в рамках контрольных цифр приема за вычетом целевой квоты, по договорам об оказании платных образовательных услуг, на места в пределах целевой квоты, на определенное направление подготовки, для российских и иностранных граждан устанавливаются одинаковые вступительные испытания.

Вступительные испытания проводятся на русском языке.

Поступающие сдают следующие вступительные испытания:

- специальную дисциплину, соответствующую направлению программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее - специальная дисциплина).

В случае очного проведения вступительных экзаменов:

- вступительный экзамен по специальной дисциплине проходит следующим образом: каждый допущенный к экзамену тянет билет с вопросами, готовится к ответу на вопросы письменно на экзаменационных листах, отвечает устно членам экзаменационных комиссий (при необходимости). Каждый билет содержит по 2 вопроса по программе подготовки. Экзаменационная комиссия вправе задать дополнительный вопрос (вопросы), в случае сомнения при оценивании поступающего. В этом случае, данные вопросы должны быть отражены в протоколе заседания экзаменационной комиссии.

В случае дистанционного проведения вступительных экзаменов, экзамен проводится в соответствии с Регламентом, утвержденным приказом ректора от 18.06.2020 г. №305.

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по шкале оценивания в соответствии с Приложением. Каждое вступительное испытание оценивается отдельно. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания равно 45 (сорок пять). Минимальное количество баллов не может быть изменено в ходе приема.

Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

Результаты вступительного испытания объявляются на официальном сайте не позднее третьего рабочего дня после проведения вступительного испытания.

После объявления результатов письменного вступительного испытания поступающий (доверенное лицо) имеет право ознакомиться со своей работой (с работой поступающего) в день объявления результатов письменного вступительного испытания или в течение следующего рабочего дня.

Поступающий однократно сдает каждое вступительное испытание.

## 2. ПРОГРАММА

### 2.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

#### 2.1.1 Элементы электрических сетей и их параметры

Электроэнергетическая система (ЭЭС) и входящие в неё элементы. Рост номинальных напряжений и объединение энергосистем. Создание ЭЭС России. Техничко-экономические преимущества объединённых энергосистем. Классификация электрических сетей по номинальному напряжению, назначению, исполнению и конфигурации. Режимы работы нейтрали электрических сетей.

Расчётные схемы замещения линий. Активное и индуктивное сопротивления ЛЭП. Активная и ёмкостная проводимости ЛЭП. Корона. Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов. Использование паспортных данных для определения параметров схем, замещения трансформаторов. Составление расчётных схем электрических сетей.

#### 2.1.2. Расчёт режимов участка сети

Общие сведения об электрическом расчёте режимов. Потери мощности в линиях электропередачи. Методы определения потерь энергии в ЛЭП: метод графического интегрирования, метод среднеквадратичного тока, метод времени потерь. Потери мощности и энергии в трансформаторах. Организационные и технические мероприятия по снижению потерь энергии.

Векторная диаграмма напряжений высоковольтной ЛЭП. Падение и потеря напряжения. Расчёт напряжений в линии при заданной мощности нагрузки.

Особенности режимов линий электропередачи большой длины. Основные понятия и уравнения. Физическая сущность волновой длины и волнового сопротивления. Натуральная мощность линии электропередачи. Физические процессы в линии при изменении напряжения и тока в длинных линиях.

#### 2.1.3. Расчёт режимов работы электрических сетей сложной конфигурации

Расчёт сети с несколькими последовательными участками. Определение мощностей на участках кольцевой сети. Расчёт сети с двухсторонним питанием при различных напряжениях питающих пунктов. Уравнительные токи и мощности. Расчёт сложно замкнутых сетей по методам преобразования схем, контурных уравнений и узловых напряжений.

#### 2.1.4. Качество электрической энергии и его обеспечение в электрической системе

Качество электроэнергии (КЭ) в отечественных электрических сетях. Основные показатели качества электрической энергии (ПКЭ). Категории потребителей и требования по надёжности их электроснабжения. Причины появления высших гармоник, их влияние на работу электроприемников. Пути улучшения формы кривой напряжения, средства компенсации гармоник. Несимметрия напряжений и токов, причины ее возникновения и влияние на условия работы электрооборудования. Допустимые значения несимметрии. Способы снижения несимметрии. Отклонения и колебания напряжения в сетях. Причины их возникновения. Влияние параметров сети на КЭ. Мероприятия по снижению колебаний напряжения в электрических сетях. Встречное регулирование напряжения.

Регулирование напряжения на районной подстанции: трансформаторы с ПБВ, трансформаторы с РПН, линейные регуляторы, автотрансформаторы. Продольная емкостная компенсация линии. Регулирование напряжения изменением потоков реактивной мощности. Использование синхронных компенсаторов и батарей статических конденсаторов.

#### 2.1.5. Проектирование электрических сетей

Выбор конструкции и сечения проводов электрической сети. Метод экономических интервалов. Экономическая плотность тока. Выбор сечений линий по нагреву. Выбор сечений проводов и кабелей с учетом характеристик защитных аппаратов.

Приведенные затраты на строительство и эксплуатацию электрических сетей. Капвложения и их оценка. Годовые эксплуатационные издержки. Стоимость потерь электроэнергии. Определение ущерба от перерыва электроснабжения потребителей. Технично-экономическое сравнение вариантов развития электрической сети.

Выбор оптимальной мощности трансформаторов. Определение экономически выгодного числа параллельно работающих трансформаторов на многотрансформаторных подстанциях.

Выбор регулировочных ответвлений на силовых трансформаторах с ПБВ и РПН. Особенности выбора рабочих ответвлений на автотрансформаторах.

Электрический расчет основных режимов. Приведение нагрузок к высшему напряжению и составлению расчетной схемы. Определение потоков мощности с учетом потерь мощности на участках сети.

#### 2.1.6. Режим работы электроэнергетических систем и управление ими

Графики нагрузок энергосистем и условия их покрытия. Экономичное распределение нагрузок между электростанциями различного типа. Расходные характеристики агрегатов и станций.

Баланс активной мощности в энергосистеме и связь его с частотой. Регулирование частоты и активной мощности. Требования ГОСТа к отклонениям и колебаниям частоты. Частотные статические характеристики электроприемников и турбин. Автоматическая частотная нагрузка в системе.

Резервы активной мощности энергосистем. Виды резервов и способы оценки их необходимой величины. Автоматическое включение резерва. Управление напряжением и реактивной мощностью в системе. Баланс по реактивной мощности и связь его с напряжением. Статические характеристики нагрузки и регуляторов АРВ. Состояния и режимы схем электрических соединений с позиций надежности.

Пропускная способность линий электропередачи и мероприятия по ее увеличению. Предел передаваемой мощности по условию устойчивости.

Надежность сложных энергосистем как комплексное свойство: безотказность, режимная управляемость, устойчивоспособность, живучесть и безопасность. Исходные понятия и категории теории надежности.

Основные виды противоаварийной автоматики.

### 2.2. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГЕТИКИ

Основные понятия линейного программирования (ЛП) и примеры его применения в задачах энергетики. Математическая формулировка задачи ЛП. Графический метод решения двумерной задачи. Понятие о нелинейном программировании.

## 2.3. МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЭЭС

Большие системы энергетики (БСЭ) и их свойства. Энергосистема как большая кибернетическая система. Перечень и характеристика основных задач оптимизации развития и функционирования энергосистем.

Постановка задачи оптимизации структуры генерирующих мощностей как задачи ЛП. Построение целевой функции и ограничений. Задачи оптимизации сети как транспортная задача. Проблема многоцелевой оптимизации.

Система управления и ее элементы. Классификация систем управления. АСУ и САУ. Задачи и структура АСДУ России. Особенности функционирования АСУ иерархической структуры. Математическое обеспечение задачи расчета и оптимизации режимов. Исходные данные, цели и алгоритмы вычислений.

## 2.5. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

### 2.5.1. Электромагнитные переходные процессы

Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения. Измерение во времени тока и его составляющих. Ударный ток короткого замыкания и условия его возникновения.

Дифференциальные уравнения переходного процесса синхронной машины в фазных координатах. Обобщенный вектор трехфазной системы. Переход от фазных величин к их составляющим в декартовых координатах. Уравнения Парка-Горева.

Расчет тока в момент нарушения режима. Переходная ЭДС и переходное сопротивление. Сверхпереходная ЭДС и сверхпереходное сопротивление. Схемы замещения синхронной машины в продольной и поперечной осях.

Составление схем прямой, обратной и нулевой последовательности. Распределение и трансформация токов и напряжений отдельных последовательностей. Векторные диаграммы токов и напряжений.

Расчетные выражения для составляющих токов и напряжений вместе короткого замыкания. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Применение практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий.

Определение составляющих и полных значений токов и напряжений в месте продольной несимметрии. Комплексные схемы замещения при одной или двух фаз.

Сложные виды повреждений в системе. Двойное замыкание на землю. Однофазное короткое замыкание с одновременным обрывом той же фазы.

### 2.5.2. Электромеханические переходные процессы

Схемы замещения основных силовых элементов электрической сети. Основные характеристики режимов электрической системы.

Определение областей статической устойчивости в пространстве режимных параметров системы и настроечных параметров АРВ. Прямой критерий статической устойчивости. Мероприятия по улучшению статической устойчивости электрических систем.

Понятие динамической устойчивости и основные критерии. Метод последовательных интервалов. Способ площадей при исследовании устойчивости двух станций.

## 2.6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Синхронные генераторы. Характеристики и основные типы. Системы возбуждения синхронных генераторов, АРВ, АГП, АРВ синхронного генератора на линию передачи. Управление возбуждением генераторов при больших возмущениях в электрической системе.

Пуск синхронных генераторов. Форсировка возбуждения, кратность форсировки. Параллельная работа СГ, условия параллельной работы.

Синхронные компенсаторы. Характеристики и основные типы. Режимы работы СК в различных точках энергетической системы. Работа синхронных генераторов в режиме синхронного компенсатора.

Трансформаторы и автотрансформаторы в энергетической системе. Тепловой режим и способы охлаждения. Допустимые условия перегрузки в нормальном и аварийном режимах. Параллельная работа трансформаторов и автотрансформаторов. Условия параллельной работы. Экономически выгодный режим работы трансформаторов.

Преимущества автотрансформаторов перед трансформаторами при работе в электрической сети.

## 2.7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ

Особенности технологических процессов производства электрической энергии на электростанциях разных типов (ТЭС, ГЭС, АЭС, ГАЭС, ДЭС). Нетрадиционные источники электрической энергии.

Основные типы выключателей, их принцип действия, требования к выключателям, область применения масляных, воздушных, элегазовых, электромагнитных, вакуумных. Отключающая способность выключателей. Условия выбора. Приводы выключателей.

Отключение цепей постоянного тока. Особенности выполнения выключателей постоянного тока.

Выключатели нагрузки: назначение, конструкция. Область применения.

Разъединители. Назначение. Условия выбора. Типы. Отделители (ОД) и короткозамыкатели (КЗ) на подстанциях разных систем. Работа блока ОД и КЗ в нормальных эксплуатационных условиях и при повреждениях трансформатора или автотрансформатора.

Плавкие предохранители: их устройство, принцип действия, типы. Выбор предохранителей.

Реакторы в схемах электроснабжения. Типы. Групповые реакторы обычные и сдвоенные, потери напряжения в них. Выбор реакторов. Места установки реакторов в схемах станций и подстанций.

Шины. Назначение шин. Шины жесткие и гибкие. Выбор шин. Трансформаторы тока и трансформаторы напряжения. Назначение. Типы. Погрешности трансформаторов тока и напряжения.

Классификация схем и требования к главным схемам электрических соединений станций и подстанций.

Схемы электрических соединений станций с одинарной секционной системой шин, с секционированной и резервной системой шин. Схемы электрических соединений повышающих подстанций упрощенного исполнения; схемы мостиков на отделителях и короткозамыкателях, мостиковые схемы с выключателями. Схемы распределительных устройств 35-220 кВ; «полуторная схема»; схемы «многоугольников».

## 2.8. ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Влияние конфигурации электрического поля на процесс разряда. Особенности разряда в длинных воздушных промежутках и грозового разряда.

Типы и конструктивные особенности изоляторов. Разряд по поверхности изоляторов. Профилактика изоляции. Основные параметры молнии. Молниезащита ВЛ и подстанций. Способы ограничения атмосферных перенапряжений.

Виды внутренних перенапряжений и физические процессы при их протекании. Ограничения коммутационных перенапряжений. Разрядники. Координация изоляции.

Трансформаторы, кабели высокого напряжения, выключатели ввода высокого напряжения, силовые конденсаторы, электрические машины высокого напряжения.

## 2.9. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Защита радиальных и магистральных линий при одностороннем питании. Максимальная токовая защита со ступенчатыми выдержками времени.

Защита линий, питаемых с двух сторон, и кольцевых линий с одним источником питания.

Максимальная токовая направленная защита со встречно-ступенчатыми выдержками времени.

Дистанционная защита. Сопротивление, измеряемое дистанционным реле, характеристики срабатывания, направленность действия.

Продольная дифференциальная защита линий. Высокочастотные защиты от токов небаланса.

Защита генераторов от нормальных режимов и повреждений.

Схемы дифференциальной защиты генератора с промежуточным насыщающимся трансформатором.

Защита двухобмоточных, трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.

Особенности дифференциальной защиты трансформаторов, способы отстройки от броска намагничивающего тока. Реле с тормозной характеристикой.

Дифференциальная защита шин, выбор тока срабатывания. Автоматическое управление и регулирование производством, передачей и распределением электрической энергии.

Автоматическое повторное включение несинхронное, быстродействующее, с ожиданием синхронизма. Согласование действия релейной защиты с АПВ.

Микропроцессорные системы релейной защиты. Надежность функционирования релейной защиты.

Автоматическое включение резервной линии, трансформатора и выключателя. Назначение автоматического регулирования возбуждения генераторов. Астатическое и статическое регулирование.

## 2.10. ВНУТРЕННИЕ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (ВСПП)

Внутренние сети как подсистема энергетической и технологической системы. Основные задачи ВСПП в соответствии с планом развития народного хозяйства.

Требования к технико-экологическим расчетам сетей, рекомендуемые методики учета приведенных затрат.

Классификация и характеристики электроприемников по электроэнергетическим показателям по режиму работы, по требованию к бесперебойности электроснабжения, по технологической принадлежности.

Показатели, характеризующие режимы работы электроприемников. Средние нагрузки.

Расчетные нагрузки. Основные методы определения расчетных нагрузок.

Принципы построения сетей промышленных предприятий. Картограмма электрических нагрузок. Центр электрических нагрузок. Выбор мощности, напряжений, оптимальной топологии сети.

Компенсация реактивной мощности. Выбор типа, мощности, места установки и режима работы компенсирующих устройств.

## 2.11. ОХРАНА ТРУДА

Производственный травматизм и его причины. Травма. Несчастный случай. Причины несчастных случаев. Порядок расследования несчастных случаев на производстве. Разработка мероприятий по устранению причин несчастных случаев.

Защитное заземление в электроустановках. Область применения. Устройство заземления. Нормирование параметров защитного заземления. Контроль заземления. Зануление. Устройство зануления и требования к нему. Выбор сечения нулевого проводника и защитного автомата. Оформление наряда для работы в электроустановках. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ. Установки пожаротушения и пожарной сигнализации. Особенности тушения пожаров в электроустановках.

## 2.12. ЭКОНОМИКА ЭНЕРГЕТИКИ

Состояние и структура современной энергетической базы страны и основные направления ее развития. Производственные фонды и экономика их использования. Особенности формирования себестоимости продукции в энергетике. Особенности калькуляции себестоимости на ТЭЦ и предприятиях тепловых сетей. Себестоимость при передаче и распределении электроэнергии. Полная себестоимость продукции в энергетике. Особенности ценообразования экономической эффективности новой техники, реконструкции и модернизации энергопроизводства.

## 3. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

- 3.1. Электроэнергетическая система и входящие в нее элементы.
- 3.2. Техничко-экономические преимущества объединенных энергосистем.
- 3.3. Классификация электрических сетей по номинальному напряжению, назначению, исполнению и конфигурации.
- 3.4. Режимы работы нейтрали электрических сетей.
- 3.5. Расчетные схемы замещения линий и их параметры.
- 3.6. Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов.
- 3.7. Потери мощности в линиях электропередачи.
- 3.8. Методы определения потерь энергии в ЛЭП: метод графического интегрирования, метод среднеквадратичного тока, метод времени потерь.
- 3.9. Потери мощности и энергии в трансформаторах.
- 3.10. Организационные и технические мероприятия по снижению потерь энергии.
- 3.11. Векторная диаграмма напряжений высоковольтной ЛЭП.
- 3.12. Падение и потеря напряжения.
- 3.13. Расчет напряжений в линии при заданной мощности нагрузки.
- 3.14. Особенности режимов линий электропередачи большой длины. Основные понятия и уравнения. Физическая сущность волновой длины и волнового сопротивления. Натуральная мощность линии электропередачи. Физические процессы в линии при изменении напряжения и тока в длинных линиях.
- 3.15. Расчет сети с несколькими последовательными участками.
- 3.16. Определение мощностей на участках кольцевой сети.
- 3.17. Расчет сети с двухсторонним питанием при различных напряжениях питающих пунктов. Уравнительные токи и мощности.
- 3.18. Расчет сложнзамкнутых сетей по методам преобразования схем, контурных уравнений и узловых напряжений.
- 3.19. Основные показатели качества электрической энергии (ПКЭ).
- 3.20. Категории потребителей и требования по надежности их электроснабжения.
- 3.21. Причины появления высших гармоник, их влияние на работу электроприемников. Пути улучшения формы кривой напряжения, средства компенсации гармоник.

- 3.22. Несимметрия напряжений и токов, причины ее возникновения и влияние на условия работы электрооборудования. Допустимые значения несимметрии. Способы снижения несимметрии.
- 3.23. Отклонения и колебания напряжения в сетях. Причины их возникновения.
- 3.24. Влияние параметров сети на качество электрической энергии.
- 3.25. Мероприятия по снижению колебаний напряжения в электрических сетях.
- 3.26. Встречное регулирование напряжения. Регулирование напряжения на районной подстанции: трансформаторы с ПБВ, трансформаторы с РПН, линейные регуляторы, автотрансформаторы. Продольная емкостная компенсация линии. Регулирование напряжения изменением потоков реактивной мощности. Использование синхронных компенсаторов и батарей статических конденсаторов.
- 3.27. Выбор конструкции и сечения проводов электрической сети. Метод экономических интервалов. Экономическая плотность тока. Выбор сечений линий по нагреву. Выбор сечений проводов и кабелей с учетом характеристик защитных аппаратов.
- 3.28. Приведенные затраты на строительство и эксплуатацию электрических сетей. Капвложения и их оценка. Годовые эксплуатационные издержки. Стоимость потерь электроэнергии. Определение ущерба от перерыва электроснабжения потребителей. Техничко-экономическое сравнение вариантов развития электрической сети.
- 3.29. Выбор оптимальной мощности трансформаторов. Определение экономически выгодного числа параллельно работающих трансформаторов на многотрансформаторных подстанциях.
- 3.30. Выбор регулировочных ответвлений на силовых трансформаторах с ПБВ и РПН. Особенности выбора рабочих ответвлений на автотрансформаторах.
- 3.31. Электрический расчет основных режимов. Приведение нагрузок к высшему напряжению и составлению расчетной схемы. Определение потоков мощности с учетом потерь мощности на участках сети.
- 3.32. Графики нагрузок энергосистем и условия их покрытия. Экономичное распределение нагрузок между электростанциями различного типа. Расходные характеристики агрегатов и станций.
- 3.33. Баланс активной мощности в энергосистеме и связь его с частотой.
- 3.34. Регулирование частоты и активной мощности. Требования ГОСТа к отклонениям и колебаниям частоты. Частотные статические характеристики электроприемников и турбин. Автоматическая частотная разгрузка в системе.
- 3.35. Резервы активной мощности энергосистем. Виды резервов и способы оценки их необходимой величины. Автоматическое включение резерва.
- 3.36. Управление напряжением и реактивной мощностью в системе. Баланс по реактивной мощности и связь его с напряжением.
- 3.37. Статические характеристики нагрузки и регуляторов АРВ.
- 3.38. Состояния и режимы схем электрических соединений с позиций надежности. Оценка надежности режима работы систем электроснабжения промышленных предприятий.
- 3.39. Пропускная способность линий электропередачи и мероприятия по ее увеличению.
- 3.40. Предел передаваемой мощности по условию устойчивости.
- 3.41. Надежность сложных энергосистем как комплексное свойство: безотказность, режимная управляемость, устойчивоспособность, живучесть и безопасность. Исходные понятия и категории теории надежности.
- 3.42. Основные виды противоаварийной автоматики.
- 3.43. Методология системного подхода. Большие системы энергетики (БСЭ) и их свойства. Энергосистема как большая кибернетическая система. Перечень и характеристика основных задач оптимизации развития и функционирования энергосистем. Иерархия БСЭ.
- 3.44. Одноцелевая оптимизация в условиях определенности. Проблема многоцелевой оптимизации.

- 3.45. Иерархия задач развития электроэнергетических систем. Особенности проектирования развития ЭЭС. Модель динамического программирования для размещения и выбор электрических станций.
- 3.49. Система управления и ее элементы. Классификация систем управления. АСУ и САУ.
- 3.50. Задачи и структура АСДУ России. Особенности функционирования АСУ иерархической структуры.
- 3.51. Математическое обеспечение задачи расчета и оптимизации режимов. Исходные данные, цели и алгоритмы вычислений.
- 3.52. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения. Измерение во времени тока и его составляющих. Ударный ток короткого замыкания и условия его возникновения.
- 3.53. Дифференциальные уравнения переходного процесса синхронной машины в фазных координатах. Обобщенный вектор трехфазной системы. Переход от фазных величин к их составляющим в декартовых координатах. Уравнения Парка-Горева.
- 3.54. Расчет тока в момент нарушения режима. Переходная ЭДС и переходное сопротивление. Сверхпереходная ЭДС и сверхпереходное сопротивление. Схемы замещения синхронной машины в продольной и поперечной осях.
- 3.55. Составление схем прямой, обратной и нулевой последовательности. Распределение и трансформация токов и напряжений отдельных последовательностей. Векторные диаграммы токов и напряжений.
- 3.56. Расчетные выражения для составляющих токов и напряжений вместе короткого замыкания. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Применение практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий.
- 3.57. Определение составляющих и полных значений токов и напряжений в месте продольной несимметрии. Комплексные схемы замещения при одной или двух фаз.
- 3.58. Сложные виды повреждений в системе. Двойное замыкание на землю. Однофазное короткое замыкание с одновременным обрывом той же фазы.
- 3.59. Схемы замещения основных силовых элементов электрической сети.
- 3.60. Основные характеристики режимов электрической системы.
- 3.61. Определение областей статической устойчивости в пространстве режимных параметров системы и настроечных параметров АРВ. Прямой критерий статической устойчивости. Мероприятия по улучшению статической устойчивости электрических систем.
- 3.62. Понятие динамической устойчивости и основные критерии. Метод последовательных интервалов. Способ площадей при исследовании устойчивости двух станций.
- 3.63. Синхронные генераторы (СГ). Характеристики и основные типы. Системы возбуждения синхронных генераторов, АРВ, АГП, АРВ синхронного генератора на линию передачи. Управление возбуждением генераторов при больших возмущениях в электрической системе. Пуск синхронных генераторов. Форсировка возбуждения, кратность форсировки. параллельная работа СГ, условия параллельной работы.
- 3.64. Синхронные компенсаторы. Характеристики и основные типы. Режимы работы СК в различных точках энергетической системы. Работа синхронных генераторов в режиме синхронного компенсатора.
- 3.65. Трансформаторы и автотрансформаторы в энергетической системе. Тепловой режим и способы охлаждения. Допустимые условия перегрузки в нормальном и аварийном режимах. Параллельная работа трансформаторов и автотрансформаторов. Условия параллельной работы. Экономически выгодный режим работы трансформаторов.
- 3.66. Преимущества автотрансформаторов перед трансформаторами при работе в электрической сети.
- 3.67. Особенности технологических процессов производства электрической энергии на электростанциях разных типов (ТЭС, ГЭС, АЭС, ГАЭС, ДЭС). Нетрадиционные источники электрической энергии.

- 3.68. Основные типы выключателей, их принцип действия, требования к выключателям, область применения масляных, воздушных, элегазовых, электромагнитных, вакуумных. Отключающая способность выключателей. Условия выбора. Приводы выключателей.
- 3.69. Отключение цепей постоянного тока. Особенности выполнения выключателей постоянного тока.
- 3.70. Выключатели нагрузки: назначение, конструкция. Область применения.
- 3.71. Разъединители. Назначение. Условия выбора. Типы.
- 3.72. Отделители (ОД) и короткозамыкатели (КЗ) на подстанциях разных систем. Работа блока ОД и КЗ в нормальных эксплуатационных условиях и при повреждениях трансформатора или автотрансформатора.
- 3.73. Плавкие предохранители: их устройство, принцип действия, типы. Выбор предохранителей.
- 3.74. Реакторы в схемах электроснабжения. Типы. Групповые реакторы обычные и сдвоенные, потери напряжения в них. Выбор реакторов. Места установки реакторов в схемах станций и подстанций.
- 3.75. Шины. Назначение шин. Шины жесткие и гибкие. Выбор шин.
- 3.76. Трансформаторы тока и трансформаторы напряжения. Назначение. Типы. Погрешности трансформаторов тока и напряжения.
- 3.77. Классификация схем и требования к главным схемам электрических соединений станций и подстанций.
- 3.78. Схемы электрических соединений станций с одинарной секционной системой шин, с секционированной и резервной системой шин.
- 3.79. Схемы электрических соединений повышающих подстанций упрощенного исполнения; схемы мостиков на отделителях и короткозамыкателях, мостиковые схемы с выключателями.
- 3.80. Схемы распределительных устройств 35-220 кВ; «полуторная схема»; схемы «многоугольников».
- 3.81. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Влияние конфигурации электрического поля на процесс разряда. Особенности разряда в длинных воздушных промежутках и грозового разряда.
- 3.82. Типы и конструктивные особенности изоляторов. Разряд по поверхности изоляторов. Профилактика изоляции.
- 3.83. Основные параметры молнии. Молниезащита ВЛ и подстанций. Способы ограничения атмосферных перенапряжений.
- 3.84. Виды внутренних перенапряжений и физические процессы при их протекании. Ограничения коммутационных перенапряжений. Разрядники. Координация изоляции.
- 3.85. Электрооборудование подстанций: трансформаторы, кабели высокого напряжения, выключатели вводов высокого напряжения, силовые конденсаторы, электрические машины высокого напряжения. Требования к их эксплуатационным характеристикам.
- 3.86. Защита радиальных и магистральных линий при одностороннем питании. Максимальная токовая защита со ступенчатыми выдержками времени.
- 3.87. Защита линий, питаемых с двух сторон, и кольцевых линий с одним источником питания.
- 3.88. Максимальная токовая направленная защита со встречно-ступенчатыми выдержками времени.
- 3.89. Дистанционная защита. Сопротивление, измеряемое дистанционным реле, характеристики срабатывания, направленность действия.
- 3.90. Продольная дифференциальная защита линий. Высокочастотные защиты от токов небаланса.
- 3.91. Защита генераторов от нормальных режимов и повреждений.
- 3.92. Схемы дифференциальной защиты генератора с промежуточным насыщающимся трансформатором.

- 3.93. Защита двухобмоточных, трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов. Особенности дифференциальной защиты трансформаторов, способы отстройки от броска намагничивающего тока.
- 3.94. Дифференциальная защита шин, выбор тока срабатывания.
- 3.95. Автоматическое управление и регулирование производством, передачей и распределением электрической энергии.
- 3.96. Автоматическое повторное включение несинхронное, быстродействующее, с ожиданием синхронизма. Согласование действия релейной защиты с АПВ.
- 3.97. Микропроцессорные системы релейной защиты. Надежность функционирования релейной защиты.
- 3.98. Автоматическое включение резервной линии, трансформатора и выключателя.
- 3.99. Назначение автоматического регулирования возбуждения генераторов. Астатическое и статическое регулирование.
- 3.100. Внутренние сети промышленных предприятий (ВСПП) как подсистема энергетической и технологической системы. Основные задачи ВСПП в соответствии с планом развития народного хозяйства.
- 3.101. Требования к технико-экологическим расчетам сетей, рекомендуемые методики учета приведенных затрат.
- 3.102. Классификация и характеристики электроприемников по электроэнергетическим показателям по режиму работы, по требованию к бесперебойности электроснабжения, по технологической принадлежности.
- 3.103. Показатели, характеризующие режимы работы электроприемников. Средние нагрузки. Расчетные нагрузки. Основные методы определения расчетных нагрузок.
- 3.104. Принципы построения сетей промышленных предприятий. Картограмма электрических нагрузок. Центр электрических нагрузок. Выбор мощности, напряжений, оптимальной топологии сети.
- 3.105. Компенсация реактивной мощности. Выбор типа, мощности, места установки и режима работы компенсирующих устройств.
- 3.106. Производственный травматизм и его причины. Травма. Несчастный случай. Причины несчастных случаев. Порядок расследования несчастных случаев на производстве. Разработка мероприятий по устранению причин несчастных случаев.
- 3.107. Защитное заземление в электроустановках. Область применения. Устройство заземления. Нормирование параметров защитного заземления. Контроль заземления.
- 3.108. Зануление. Устройство зануления и требования к нему. Выбор сечения нулевого проводника и защитного автомата.
- 3.109. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.
- 3.110. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.
- 3.111. Установки пожаротушения и пожарной сигнализации. Особенности тушения пожаров в электроустановках.
- 3.112. Состояние и структура современной энергетической базы страны и основные направления ее развития.
- 3.113. Производственные фонды и экономика их использования.
- 3.114. Особенности формирования себестоимости продукции в энергетике. Особенности калькуляции себестоимости на ТЭЦ и предприятиях тепловых сетей. Себестоимость при передаче и распределении электроэнергии. Полная себестоимость продукции в энергетике.
- 3.115. Особенности ценообразования экономической эффективности новой техники, реконструкции и модернизации энергопроизводства.

#### 4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 4.1. Блок В.М. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
- 4.2. Кузнецов А.Н. Математическое программирование. – М.: Высшая школа, 1980.
- 4.3. Арзамасцев Д.А. Модели оптимизации развития энергосистем. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 4.4. Веников В.А. Оптимизация режимов работы энергосистем. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 4.5. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. Изд. 4-е, перераб и дополн. – М.: Высшая школа, 1978. – 482 с.
- 4.6. Вольдек А.М. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 1988.
- 4.7. Усов С.В. Электрическая часть электростанций. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 816 с.
- 4.8. Вазуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
- 4.9. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Андреев – 4-е перераб. и доп. изд. – М.: Высш.шк., 2006.- 639 с..
- 4.10. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 382 с.
- 4.11. Князевский В.А., Лишкин В.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1988. – 410 с.
- 4.12. Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
- 4.13. Курбацкий В.Г. Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость технических средств в электрических сетях. – Братск, 1999. – 220 с.
- 4.14. Правила устройства электроустановок (изд. 7-е), М., Издательство НЦЭНАС, 2003 г.
- 4.15. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
- 4.16. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов / Ю.П. Рыжов. - М: Издательский дом МЭИ, 2007. - 488 с: ил.
- 4.17. Идельчик В.И. Электрические системы и сети : учеб. для электроэнергет. специальностей / В. И. Идельчик. - 2-е изд., стер. - М. : Альянс, 2009. - 592 с. : а-ил
- 4.18. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии – М.: Феникс, Издательские Проекты, 2008, -720с.
- 4.19. ГОСТ 23366-78 - Ряды номинальных напряжений постоянного и переменного тока – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 7с.
- 4.20. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. 2-е изд. Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по курсу "Электроснабжение промышленных предприятий". - М.: Интернет инженерия, 2006. - 672 с.
- 4.21. Васильев А.А. Электрическая часть станций и подстанций. 2-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Энергоатомиздат, 1990 - 576 с.
- 4.22. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий. / под общ. ред. профессоров МЭИ(ТУ) СИ. Гамазина, Б.И. Кудрина, С.А. Цырука. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. — 745 с: ил
- 4.23. Мальцева Г. Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. - с.: 55 ил.
- 4.24. Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем СО 153-34.20.118-2003.
- 4.25. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 КВ. Типовые решения. СТО 56947007-29.240.30.010-2008.
- 4.26. Методические указания по устойчивости энергосистем. СО 153-34.20.576-2003.
- 4.27. Нормы технологического проектирования ПС переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ, М., СО 153-34.20.122-2006.
- 4.28. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, СО 153-34.20.501-2003, ОРГРЭС.
- 4.29. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования РД 153-34.0-20.527-98.

***Шкала оценивания результатов вступительных испытаний  
по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре***

***От 0 до 44 баллов - «неудовлетворительно»:***

- наблюдается стремление подменить научное обоснование проблем рассуждением практически-бытового плана;
- ответ содержит ряд серьезных неточностей;
- в ответе преобладает бытовая лексика;
- наблюдаются неточности в использовании научной терминологии.

***От 45 до 69 баллов - «удовлетворительно»:***

- абитуриент обнаруживает слабость в раскрытии теоретических основ базовых дисциплин, хотя базовые понятия раскрываются верно;
- выдвигаемые положения недостаточно аргументируются;
- отсутствует знание первоисточников;
- ответ носит преимущественно описательный, а не концептуальный характер;
- отсутствует собственная критическая оценка;
- ограниченное использование научной терминологии.

***От 70 до 84 баллов - «хорошо»:***

- знание учебного материала в пределах программы;
- владеет базовыми понятиями и теориями;
- подтверждает выдвигаемые теоретические положения примерами;
- привлекает данные из смежных наук;
- опора при построении ответа на обязательную литературу;
- наблюдается некоторая последовательность анализа в сопоставлении и обосновании своей точки зрения.

***От 85 до 100 баллов - «отлично»:***

- логическое, последовательное изложение вопроса с опорой на разнообразные источники;
- глубокое знание базовых понятий и теорий;
- развернутое аргументирование выдвигаемых положений;
- убедительные примеры из практики научной и методической литературы;
- определение своей позиции в раскрытии подходов к рассматриваемой проблеме.