

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор по научно-организационной  
деятельности**

**Ю.С. Ключков**

**«14» апрель 2022 г.**

## **ПРОГРАММА**

**вступительного испытания  
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**научная специальность  
2.4.3. Электроэнергетика**

Санкт-Петербург

2022

Руководитель ОП

К.т.н.

Н.К. Куракина

Составители:

Д.т.н, профессор

В.В. Титков

Д.т.н., доцент

А.Н. Беляев

Д.т.н, профессор

Ю.Н. Бочаров

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом (протокол № 5 от «21» марта 2022 г.).

## **1. Область применения и нормативные ссылки**

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

## **2. Структура вступительного экзамена**

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности **2.4.3 Электроэнергетика**

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

### **2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио**

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

с. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

д. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

**Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение**

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе):	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	в журналах перечня ВАК;		10
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;		25
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.		15
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
4.	<p>Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему.</p> <p>Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:</p>	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).		5
	за прочие конференции.		3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

## 2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

## 2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

### Введение

Составлено на основе дисциплин направления «Электроэнергетика», связанных с особенностями проектирования и эксплуатации электростанций и сетей, анализом режимных параметров и устойчивости электроэнергетических систем, приемами релейной защиты и автоматического управления в электрических системах

### Основные разделы

#### 1. Электрическая часть электростанций

Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа. Вопросы экологии при эксплуатации электростанций.

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.

#### 2. 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.

#### 3. 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.

#### 4. 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: линейное и нелинейное математическое программирование, 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 исполнении 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.

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

Проектирования электрических сетей, выбор их основных параметров при проектировании.

Особенности расчетов электрических режимов протяженных электропередач переменного

и постоянного тока. Электрические параметры протяженных линий электропередачи.

Расчет режимов дальней электропередачи. Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач. Особые режимы электропередачи переменного и постоянного тока.

## 5. Электроснабжение городов и промышленных предприятий

Общая характеристика систем электроснабжения. Общие 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 исполнения 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. 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 ГОСТ пределы.

## 6. Переходные процессы в электроэнергетических системах

Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Физическая природа 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 (КЗ), сложные виды повреждений. Составление схем замещения для расчетов, применяемые допущения.

Практические методы расчета токов КЗ. Особенности расчета токов КЗ в электроустановках переменного и постоянного тока напряжением до 1000 В.

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

Переходные процессы при КЗ 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.

## 7. 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 коэффициент 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.

8. 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 интегральных характеристик режимов и методы их расчета 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, моделирование процессов отказов и восстановлении 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.

9. АСУ и оптимизация режимов работы электроэнергетических систем

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

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.

10. Теория электрических разрядов

Элементарные процессы в газах. Автоэлектронная и фотоэлектронная эмиссия.

Возбуждение и ионизация атомов и молекул. Термическая ионизация. Фотоионизация.

Ударная ионизация. Рекомбинация.

Основы физики плазмы. Электропроводность плазмы.

Развитие электрического разряда в газах. Лавина электронов. Условие самостоятельности

разряда. Разряд в однородном поле. Законы Пашёна и подобия. Лавинная, стримерная,

лидерная формы разряда. Развитие разряда в длинных воздушных промежутках.

Зависимость пробивного напряжения от типа воздействующего напряжения, длины

промежутка, степени неоднородности электрического поля, параметров окружающей среды.

Коронный разряд при различных видах действующего напряжения. Начальные напряжённость и напряжение. Потери на корону при переменном напряжении.

Развитие разряда при импульсных напряжениях. Время разряда. Вольт-секундные характеристики.

Стримерный и скользящий разряды по поверхности диэлектрика. Разряд по загрязнённой и увлажнённой поверхности.

Разряд в газе при повышенном и пониженном давлениях. Высокопрочные и электроотрицательные газы.

Проводимость жидких диэлектриков в электрическом поле.

Предразрядные процессы и пробой жидкости. Влияние примесей, материала электродов, температуры и давления. Развитие импульсного разряда в жидкости.

Проводимость твёрдых диэлектриков. Ионная и электронная проводимость. Процессы эмиссии носителей зарядов.

Формы пробоя твёрдых диэлектриков. Влияние формы и размеров электродов, вида действующего напряжения, длительности воздействия напряжения. Тепловой пробой твёрдых диэлектриков.

## 11. Грозовые перенапряжения и защита от них

Электричество атмосферы. Механизмы электризации частиц в облаках. Теория грозы.

Физическая картина разряда молнии. Характеристики разрядов молнии. Интенсивность грозовой деятельности.

Грозозащитные заземления. Стационарное и импульсное сопротивления заземлителей.

Молниезащита линий электропередачи. Методика определения удельного числа отключений линий в связи с ударами молнии. Удар молнии в линию без тросов. Удар молнии в линию, оснащённую тросами. Основные принципы молниезащиты воздушных линий.

Защита подстанций от прямых ударов молний. Зоны защиты молниеотводов.

Защита оборудования подстанций от набегающих волн атмосферных перенапряжений.

Средства защиты и допустимое число отключений в год.

Волновые процессы в обмотках трансформаторов, автотрансформаторов и реакторов.

Молниезащита трансформаторов и вращающихся машин.

## 12. Внутренние перенапряжения в электрических системах и их ограничения

Основные виды коммутационных перенапряжений и средства по их ограничению.

Перенапряжения при коротких замыканиях на линии и при их отключении.

Перенапряжения, возникающие при автоматическом повторном включении линии (АПВ).

Средства ограничения перенапряжений.

Перенапряжения при отключении холостых трансформаторов. Перенапряжения при работе выключателей. Средства ограничения.

Особенности защиты от перенапряжений в электропередачах с продольной и поперечной компенсацией и в настроенных электропередачах.

Влияние режима заземления нейтрали сети на развитие дуговых перенапряжений. Средства заземления нейтрали.

Установившиеся перенапряжения в электрических сетях высокого напряжения. Влияние емкостного эффекта, насыщения стали трансформаторов, коронного разряда и подключённых реакторов на напряжение промышленной частоты. Перенапряжения при несимметричных коротких замыканиях на воздушных линиях.

Феррорезонансные перенапряжения.

Основные факторы, определяющие влияние линий электропередачи на техносферу и биосферу.

### 13. Изоляционные конструкции высокого напряжения

Координация изоляции устройств высокого напряжения.

Изоляция воздушных линий электропередачи. Разрядные характеристики линейных изоляторов и гирлянд при напряжении промышленной частоты, коммутационных и грозовых импульсах напряжения. Выбор типа и числа изоляторов в гирлянде.

Воздушные промежутки в изоляции линий, регулирование электрических полей, применение расщеплённых проводов. Разрядные характеристики типовых воздушных промежутков с учётом влияющих факторов. Методика выбора воздушных промежутков.

Внешняя изоляция распределительных устройств. Методика выбора и способы повышения надёжности работы изоляции.

Электрическая прочность внутренней изоляции. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Основные факторы, определяющие старение изоляции в процессе эксплуатации. Электрическое старение, частичные разряды в изоляции. Тепловое старение и окисление изоляции. Зависимость электрической прочности изоляции от увлажнения.

Ресурс изоляции. Обобщённые зависимости срока службы от напряжённости и температуры, влияние интенсивности частичных разрядов.

Основы конструирования внутренней изоляции. Краевой эффект. Применение комбинированных диэлектриков с различной диэлектрической проницаемостью. Полупроводящие покрытия, применение экранов.

Основы теплового расчёта изоляционных конструкций. Тепловой пробой.

Изоляция силовых трансформаторов. Кратковременная электрическая прочность маслобарьерной изоляции.

Конструкция и расчёт проходных изоляторов. Изоляция трансформаторов тока и напряжения.

Изоляция силовых конденсаторов. Кратковременная и длительная электрическая прочность конденсаторной изоляции.

Элегазовые изоляционные конструкции электрооборудования энергосистем.

Изоляция силовых кабелей. Кабели с вязкой пропиткой. Кабели с пластмассовой изоляцией.

Маслонаполненные кабели. Конструкции соединительных и концевых муфт.

Изоляция электрических машин. Кратковременная и длительная прочность изоляции.

### 14. Эксплуатация и испытания изоляции установок высокого напряжения

Методы испытания изоляционных конструкций повышенным напряжением промышленной частоты и импульсами.

Измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Методы измерения. Характерные зависимости от напряжения.

Неэлектрические методы контроля состояния изоляции. Анализ качества минерального масла. Хроматографический анализ газов. Ультразвуковая дефектоскопия. Тепловизионный контроль.

Дефектоскопия линейной изоляции.

Организация диагностики изоляции во время эксплуатации.

Испытательные установки высокого переменного напряжения. Испытательные трансформаторы.

Устройства для получения высоких постоянных напряжений. Методы и устройства для получения высоких импульсных напряжений. Методы получения грозовых и коммутационных испытательных импульсов.

Измерение высоких напряжений. Электростатические вольтметры, шаровые разрядники. Делители напряжения.

#### 15. Применение высоких напряжений в технологии

Направления применения высоких напряжений в технологических процессах. Технологические процессы, основанные на силовом действии электрических полей на материалы. Очистка газов от частиц в электрофильтрах. Нанесение покрытий в электрическом поле. Электросепарация. Нейтрализация зарядов статического электричества. Обезвоживание нефтепродуктов.

Электрогидродинамические и магнитно-импульсные технологии. Проблемы межсистемных и межгосударственных связей в больших ЭЭС.

### 2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

1. Технологический процесс производства электроэнергии на тепловых электростанциях с паротурбинными, газотурбинными и парогазовыми установками, на атомных электростанциях с реакторами ВВЭР, РБМК, БН. Особенности собственных нужд электростанций различного типа. Механизмы собственных нужд и их приводы.
2. Режимы работы синхронных генераторов и компенсаторов. Диаграмма режимов работы при различных значениях коэффициента мощности. Основные способы пуска синхронных машин.
3. Режимы работы трансформаторов и автотрансформаторов. Нагрузочная способность трансформаторов.
4. Режимы работы асинхронных электродвигателей (АЭД). Основные характеристики АЭД. Зависимости электромагнитного момента и кратности пускового тока от частоты вращения. Пуск и самозапуск АЭД.
5. Самозапуск электродвигателей собственных нужд. Определение и возможные пути возникновения режима самозапуска. Методика расчета успешности самозапуска. Способы улучшения условий самозапуска электродвигателей.
6. Выбор трансформаторов собственных нужд, коммутационных аппаратов и токовсущих частей в цепях собственных нужд.
7. Качественный анализ переходных процессов в ЭЭС при регулировании частоты.
8. Факторы, влияющие на характер протекания процессов в ЭЭС при регулировании частоты. Определение и физический смысл регулирующего эффекта нагрузки по частоте.
9. Автоматический регулятор скорости вращения турбины (АРСТ). Структурная схема, описание элементов.
10. Принципы построения систем регулирования частоты и активной мощности ЭЭС. Понятие статизма. Статическое и астатическое регулирование.
11. Параллельная работа агрегатов с различными (астатический и/или статический) принципами регулирования статическими характеристиками. Понятие первичного и

вторичного регулирования.

12. Системы возбуждения СМ. Классификация. Электромашинная система возбуждения (СВ) с возбудителем постоянного тока. Обобщенная структурная схема. Принцип работы.
13. Регулятор напряжения с регулированием по току статора. Схема токового компаундирования по амплитуде и ее принцип действия.
14. Регулятор напряжения с регулированием по току статора. Схема токового компаундирования по фазе. Принцип работы ЭМК. Анализ работы данной схемы. Векторные диаграммы.
15. Тиристорная СВ. Структурная схема. Принцип действия (ОМВ и т.д.). Закон регулирования.
16. Фильтры в средствах РЗ и ПА. Постановка задачи фильтрации. Стационарные, нестационарные фильтры. Основы классической теории фильтрации. Виды частотных характеристик, их параметры. Аппроксимация функцией Баттерворта. Получение передаточной функции.
17. Общие сведения о первичных измерительных преобразователях тока и напряжения. Обозначение, подключение к первичным цепям. Назначение. Особенности ТА подключения нагрузки, разметка зажимов, векторная диаграмма идеального ТА, параметры, выбор ТА.
18. Входные преобразователи электронных защит. Первичные измерительные трансформаторы напряжения. Обозначение, разметка зажимов, векторная диаграмма идеального TV. Подключение нагрузки. Параметры. Схема соединений. Конструктивные особенности. Емкостные TV.
19. Схемы соединения TV - открытый треугольник. НТМИ (НТМК) 5-ти стержневой. Общие сведения о фильтрах симметричных составляющих: разложение на симметричные составляющие, назначение фильтров.
20. Переходный и установившийся ток небаланса. Расчет тока срабатывания дифференциальной защиты. Способы повышения чувствительности дифференциальной защиты. Реле с торможением. Алгоритмы формирования тормозных сигналов. Схема дифференциальной защиты с торможением.
21. Диаграммы работы защиты с торможением. Ее параметры. Применение БИТ для борьбы с переходным током небаланса защита генераторов от витковых к.з. Особенности построения. Расчет параметров. Область применения.
22. Защита генераторов от замыканий на землю в цепях статора. Общие сведения о защите с учетом особенностей подключения генераторов. Защита блоков генератор-трансформатор от замыканий на землю в цепях статора контролирующая 3U<sub>0</sub> (напряжение нулевой последовательности). Схемные особенности, расчет параметров срабатывания.
23. Защита блоков генератор-трансформатор от замыканий на землю в цепях статора, контролирующая E3f. Защиты, контролирующие сопротивление изоляции.
24. Защита генераторов, работающих на сборные шины, от замыкания на землю в цепях статора, контролирующая ток нулевой последовательности. Схемы, ее особенности. Расчет параметров срабатывания.
25. Классификация системных и локальных средств ПА. Анализ электромеханических переходных процессов в позиционной ЭЭС
26. Эффективность ОАПВ. Анализ устойчивости электропередачи при отсутствии АПВ. Анализ эффективности работы ОАПВ.
27. Автоматика ограничения снижения (повышения) напряжения АОС(П)Н. Схема управления АОПН.
28. Автоматика фиксации отключения линий электропередачи (ФОЛ). Принципиальная схема, особенности реализации автоматики ФОЛ коммутационного типа. Дифференциальный принцип ФОЛ параллельных ВЛ. Оценка чувствительности ФОЛ с дифференциальным принципом. Автоматика ФОЛ с использованием измерительного органа с контролем скорости снижения мощности. Типовая структурная схема ФОЛ с

использованием ВЧ каналов.

29. Автоматика фиксации тяжести коротких замыканий (ФТКЗ). Схема управления автоматике ФТКЗ.
30. Автоматика импульсного управления мощностью турбины (ИУМТ). Автоматика разгрузки электрических станций.
31. Автоматика электрического торможения (ЭТ) генераторов электрических станций.
32. Вопросы эффективности автоматике отключения нагрузки (САОН) и автоматике отключения (блоков) генераторов (ОГ) электрических станций.
33. Автоматика ликвидации асинхронных режимов (АЛАР). Особенности исследования несинхронных режимов работы. Факторы, определяющие возникновение асинхронных режимов работы в ЭЭС. Качественный анализ недопустимости асинхронного хода (АХ). Качественный анализ квазиустановившегося асинхронного режима. Принципы выполнения автоматике АЛАР.
34. Метод симметричных составляющих при расчете токов короткого замыкания. Способы ограничения токов короткого замыкания.
35. Устойчивость электрических систем. Критерии оценки статической устойчивости электрических систем.
36. Динамическая устойчивость электрических систем и мероприятия ее повышения.
37. Уравнения переходных процессов синхронной машины.
38. Активная и реактивная мощность. Способы повышения пропускной способности ЛЭП.
39. Уравнения длинной линии. Полуволновые ЛЭП.
40. Режимы холостого хода и нагрузочные режимы дальней линии электропередачи.
41. Установившиеся режимы электрической системы. Модели элементов и методы исследования.
42. Математическое описание процессов в системах автоматического управления. Коррекция динамических свойств систем автоматического управления.
43. Системы регулирования возбуждения синхронных генераторов. Классификация, структура.
44. Основные формы высоковольтного электрического разряда в газах – лавина, стример, лидер.
45. Коронный разряд. Потери энергии на проводах ВЛ вследствие действия коронного разряда и технические решения для их снижения
46. Конструкции и материалы внешней изоляции воздушных линий и подстанций. Выбор изоляторов, влагоразрядное напряжение
47. Жидкие диэлектрики, применяемые в технике высоких напряжений. Электропроводность и электрическая прочность жидких диэлектриков.
48. Твердые диэлектрики, применяемые в технике высоких напряжений. Электропроводность и электрическая прочность твердого диэлектрика.
49. Конструкции внутренней изоляции высоковольтного оборудования. Изоляция силовых трансформаторов. Вводы высокого напряжения.
50. Конструкция изоляции силовых кабелей.
51. Частичные разряды в твердых диэлектриках. Физическая природа частичных разрядов, регистрация частичных разрядов. Оценка технического состояния изоляционной конструкции по уровню частичных разрядов.
52. Перенапряжения в сетях высокого напряжения. Характеристики и виды перенапряжений.
53. Перенапряжения вызываемые емкостным эффектом. Феррорезонансные перенапряжения.

54. Коммутационные перенапряжения. Включение и выключение линий электропередачи.
55. Коммутационные перенапряжения. Отключение ненагруженного трансформатора. Дуговые перенапряжения.
56. Молниевые перенапряжения и их классификация. Факторы, определяющие кратность молниевых перенапряжений.
57. Средства превентивной защиты от перенапряжений: реакторы, молниеотводы, системы заземления
58. Коммутационные средства защиты от перенапряжений: искровые промежутки, трубчатые и вентильные разрядники, ограничители перенапряжений нелинейные
59. Испытательные установки переменного тока высокого напряжения
60. Испытательные установки постоянного тока высокого напряжения
61. Испытательные установки высокого импульсного высокого напряжения
62. Методы измерения высокого напряжения постоянного тока и промышленной частоты
63. Методы измерения импульсного высокого напряжения

### 2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

**100 баллов** выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

**75 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

**50 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

**0 баллов** выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

### 2.6. Список рекомендуемой литературы

1. Ульянов С.А., Электромагнитные переходные процессы в электрических системах, «Энергия», 1970.
2. Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети, СГ16.: СПГПУ, 2011г., 286с.
3. Веников В.А., Зуев Э.Н., Портной М.Г. и др. Электрические системы: Управление переходными режимами электроэнергетических систем: Учебник. - М.: Высш, школа, 1982. - 247 с.
4. Передача электрической энергии / Г.Н. Александров. - 2-е изд. - Спб.: Изд-во Политехи, ун-та, 20029. - 412 с.
5. Беляев А.Н., Першиков Г.А., Попков Е.Н., Смолвик С.В., Чудный В.С. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. СПб.:

СПбГПУ, 2012. 149 с.

6. Беляев А.Н., Першиков Г.А., Попков Е.Н., Смолоник С.В., Чудный В.С. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 157 с.
7. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. Москва. "Энергия" 1969. - 375с
8. Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А.А. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1990.
9. Околович Н.М. Проектирование электрических станций. М.: Энергоатомиздат, 1982.
10. Алексеев О.П., Казанский В.Е., Козис В.Л. / Автоматика электроэнергетических систем. М.: Энергоиздат, 1981.
11. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1998.
12. Юрганов А.А., Кожевников В.А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов. СПб.: Наука, 1996. 138 с.
13. Левинштейн М.Л., Щербачев О.В. Статическая устойчивость электрических систем. Учебное пособие. СПб.: СПбГТУ, 1994. 264 с.
14. Техника высоких напряжений: уч. пособие /Ю.Н.Бочаров [и др.]. – СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. -335с.
15. Электрофизические основы техники высоких напряжений/ под. Ред. И.П.Верещагина, 2-е изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2010, 703 стр.
16. Техника высоких напряжений/ под ред. Г.С.Кучинского, Санкт-Петербург, Энергоатомиздат, 203, 606 с.
17. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений РД 153-34.3-35.125-99, Санкт Петербург, Издательство ПЭИПК, 1999, 353 с.



## Приложение

### Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ

(Ф.И.О. кандидата для поступления в аспирантуру)			
(научная специальность)			
№ п/п	Индивидуальное достижение	Количество баллов за каждое достижение	Рейтинговая оценка показателя, общий балл
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): в журналах перечня ВАК;	10	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;	25	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.	15	
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:		
	руководителем,	10	
	исполнителем.	5	
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:		
	– патент на изобретение;	10	
	– патент на полезную модель;	7	
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.	5	
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных);	5	
	за прочие конференции.	3	
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру	3	
<b>Суммарный рейтинговый балл</b>			

Кандидат в аспирантуру

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О).

Руководитель образовательных программ  
по аспирантуре института

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О).