

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук**

**УТВЕРЖДАЮ
Директор ИСЭМ СО РАН
чл.-корр. РАН**

В.А. Стенников

«19» июня 2020 г.



Электрические станции и электроэнергетические системы

Программа вступительных испытаний

по образовательным программам высшего образования – программам
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям

13.06.01 Электро- и теплотехника

(в редакции приказа от 19 июня 2020 г. №12-о)

Иркутск, 2020

1. Общие положения

1.1. Программа вступительных испытаний «Электрические станции и электроэнергетические системы» (далее – программа вступительных испытаний по специальности) определяет содержание и критерии оценивания экзамена по специальности для приема на обучение по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника (далее – программа аспирантуры) в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (далее – ИСЭМ СО РАН или Институт).

1.2. Программа вступительных испытаний предназначена для экзаменационной комиссии по специальности и поступающих на обучение по программе аспирантуры (далее – поступающие).

1.3. Программа вступительных испытаний по специальности разработана в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлениям подготовки специалитета и магистров «Электроэнергетика и электротехника».

1.4. Программа вступительных испытаний пересматривается и обновляется с учетом изменений нормативно-правовой базы Российской Федерации в области высшего образования и локальных документов, регламентирующих процедуру приема в ИСЭМ СО РАН. Изменения, внесенные в программу вступительных испытаний, рассматриваются на заседании учебно-методической комиссии Института. Программа вступительных испытаний по специальности утверждается директором Института.

1.5. Программа вступительных испытаний публикуется на официальном сайте ИСЭМ СО РАН <http://isem.irk.ru> в соответствии с Правилами приема.

1.6. Целью вступительного испытания по специальности (далее – вступительного испытания) является определение уровня компетенций, знаний и навыков по специальности у поступающих в Институт и создание условий для обеспечения конкурсного отбора кандидатов.

1.7. Вступительные испытания по специальности проводятся на русском языке.

1.8. Вступительные испытания проводятся в устной форме.

1.9. Институт проводит вступительные испытания с использованием и без использования дистанционных технологий.

Порядок проведения вступительных испытаний с использованием дистанционных технологий регулируется Регламентом проведения, утвержденным Институтом.

1.10. Организация и проведение вступительных испытаний осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными директором Института, действующими на текущий год поступления.

По результатам вступительных испытаний, поступающий имеет право на апелляцию в порядке, установленном Правилами приема.

2. Содержание вступительных испытаний

2.1. Вступительные испытания по специальности проводятся в устной форме по индивидуальным экзаменационным билетам.

2.2. Количество экзаменационных билетов должно превышать количество поступающих.

2.3. Между поступающими экзаменационные билеты распределяются в случайном порядке.

2.4. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса.

2.5. Вопросы экзаменационных билетов составляются на основе следующих дисциплин: теоретические основы электротехники, электрические машины, электрические станции и подстанции, электрические сети и системы, переходные процессы в электроэнергетических системах, эксплуатация электрооборудования, релейная защита и автоматизация в электроэнергетических системах.

2.6. Вопросы по электрической части электростанций в экзаменационных билетах:

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.

2.7. Вопросы по режимам работы основного электрооборудования электростанций в экзаменационных билетах:

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.

2.8. Вопросы по проектированию электрической части станций в экзаменационных билетах:

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.

2.9. Вопросы по электроэнергетическим системам и электрическим сетям в экзаменационных билетах:

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.

2.10. Вопросы по переходным процессам в электроэнергетических системах в экзаменационных билетах:

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.

2.11. Вопросы по эксплуатации электрооборудования ЭЭС в экзаменационных билетах:

Эксплуатация собственных нужд (СН) тепловых электростанций и подстанций. Характеристики потребителей. Схемы собственных нужд на напряжении 6 и 0,4 кВ. Обеспечение надежности. Конструкция и режимы эксплуатации трансформаторов СН на станциях и подстанциях.

Системы охлаждения трансформаторов, эксплуатация и ремонты. Особенности эксплуатации автотрансформаторов, трансформаторов с расщепленными обмотками.

Регулирование напряжений с применением РПН; ПБВ. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов и фазировка трансформаторов.

Параллельная работа трансформаторов и автотрансформаторов. Допустимые нагрузочные и перегрузочные режимы. Текущие и капитальные ремонты трансформаторов и автотрансформаторов. Профилактические испытания трансформаторов и автотрансформаторов при текущих и капитальных ремонтах.

Сушка трансформаторов. Трансформаторное масло. Контроль технических характеристик трансформаторного масла, в эксплуатации, хроматографические показатели трансформаторного масла, хранение и испытание.

Эксплуатация и производство переключений в электрических схемах высокого напряжения на электростанциях и подстанциях. Эксплуатация генераторов на тепловых и гидравлических станциях. Эксплуатация синхронных компенсаторов на подстанциях. Системы охлаждения гидро- и турбогенераторов, синхронных компенсаторов и систем охлаждения.

Организация эксплуатационного контроля параметров режима работы гидро- и турбогенераторов. Организация ремонтного обслуживания турбо- и гидрогенераторов. Виды эксплуатационного контроля и профилактических испытаний.

Ликвидация аварий в электроустановках станций и подстанций. Коммутационные аппараты и оборудование РУ электростанций и подстанций. Эксплуатация и ремонт.

2.12. Вопросы по релейной защите и автоматизации ЭЭС в экзаменационных билетах:

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.

2.13. Время на подготовку устного ответа при сдаче вступительного испытания в Институте – 60 минут.

2.14. При дистанционной форме приема вступительного испытания билет отправляется поступающему в форме электронного образа (документов на бумажном носителе, преобразованных в электронную форму путем цветного сканирования или фотографирования с обеспечением машиночитаемого распознавания его реквизитов) не менее чем за 24 часа до начала экзамена.

2.15. При дистанционной форме приема вступительного испытания поступающий по билету готовит сообщение-ответ с презентацией. Время сообщения-ответа не должно превышать 10 минут.

Требования к оформлению презентации:

1. На слайдах должны быть только тезисы, ключевые фразы и графическая информация (рисунки, графики и т.п.)
2. Все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле: шрифт (преимущественно) – Times New Roman; размер заголовков – 24-54 пункта; обычный текст – 16 – 22 пункта; форматирование основного текста – по ширине, заголовков – по центру; для смыслового выделения ключевой информации и заголовков используется курсив, подчеркивание, жирный шрифт и прописные буквы.
3. Количество слайдов должно быть не более 8 – 10.
4. Титульный лист презентации должен содержать фамилию, имя, отчество поступающего, номер билета и экзаменацационные вопросы.

2.16. Рекомендуемая основная литература для подготовки к вступительным испытаниям по специальности:

1. Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А.А. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с.
2. Околович Н.М. Проектирование электрических станций. М.: Энергоатомиздат, 1982. 400 с.
3. Электрические системы. Электрические сети /Под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. М.: Высш. шк., 1998. 256 с.
4. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1984. 592 с.
5. Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. М.: Энергоатомиздат, 1985. 273 с.
6. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.: Энергия, 1970. 520 с.
7. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высш. шк., 1978. 501 с.
8. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1992. 528 с.
9. Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем. М.: Энергоатомиздат, 1995. 270 с.
10. Алексеев О.П., Казанский В.Е., Козис В.Л. / Автоматика электроэнергетических систем. М.: Энергоиздат, 1981. 480 с.
11. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем /Под ред. А.Ф. Дьякова. М.: Изд-во МЭИ, 2000. 199 с.
12. Веников А.В. Теория подобия и моделирования. М.: Высш. шк., 1976. 480 с.
13. Электрические сети и системы. Математические задачи электроэнергетики. / Под ред. В.А. Веникова. М.: Высш. шк., 1981. 288с.
14. Фокин Ю.А. Вероятностно-статистические методы в расчетах надежности систем электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 1985. 240 с.
15. Методы оптимизации режимов энергосистем / Под ред. В.М. Горнштейна. М.: Энергоиздат, 1981. 336 с.

16. Арзамасцев Д.А., Бартоломей П.И., Холян А.М. АСУ и оптимизация режимов энергосистем. М.: Высш. шк., 1983. 336 с.
- 2.16. Рекомендуемая дополнительная литература для подготовки к вступительным испытаниям по специальности:
1. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1986. 640 с.
 2. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / Под ред. Л.Г. Мамиконяца. М.: Энергоатомиздат, 1984. 240 с.
 3. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. Под ред. Л.С. Линдорфа, Л.Г. Мамиконяца. М.: Энергия, 1972. 351 с.
 4. Лосев С.Б., Чернин А.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем. М.: Энергоатомиздат, 1983. 528 с.
 5. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. /Под ред. В.А.Веникова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 504 с.
 6. Веников В.А., Идельчик В.И., Лисеев М.С. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1985. 216 с.
 7. Дальние электропередачи в примерах / Г.К. Зарудский, Е.В. Путятин и др. М.: Изд-во МЭИ, 1994. 88 с.
 8. Баринов В.А., Совалов С.А. Режимы энергосистем: методы анализа и управления. М.: Энергоатомиздат, 1990. 440 с.
 9. Крючков И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Изд-во МЭИ, 2000. 376 с.
 10. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. М.: Энергия. 1979. 456 с.
 11. Экспериментальные исследования режимов энергосистем / Под ред. С.А. Совалова. М.: Энергоатомиздат, 1985. 263 с.
 12. Портной М.Г., Рабинович Р.С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости. М.: Энергия, 1975. 252 с.
 13. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем. М.: Изд-во МЭИ, 2000. 248 с.
 14. Алексеев О.П., Козис В.Л., Кривенков В.В. Автоматизация электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1994. 448 с.
 15. Казанский В.Е. Измерительные преобразователи тока в релейной защите. М.: Энергоатомиздат, 1988. 239 с.
 16. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1998. 496 с.
 17. Щербачев О.В., Зейлигер А.Н., Кадомская К.П. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике / Под ред. О.В. Щербачева. Л.: Энергия, 1980. 240 с.

3. Критерии оценивания

3.1. Каждый вопрос вступительного испытания по специальности оценивается по пятибалльной шкале.

3.2. Критерии оценки устного ответа:

Отлично – знания поступающего отличаются глубиной и содержательностью,дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные:

поступающий свободно владеет научными понятиями;

поступающий способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, научных школ, направлений по вопросу билета;

логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете;

сообщение-ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью поступающего;

ответ иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики; поступающий демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию.

Хорошо – знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы:

в ответе имеют место несущественные фактические ошибки, которые поступающий способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу;

недостаточно раскрыта проблема по вопросу билета;

недостаточно логично построено изложение вопроса;

ответ прозвучал недостаточно уверенно;

поступающий не смог показать способность к интеграции и адаптации знаний или теории и практики.

Удовлетворительно – знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета:

программные материал в основном излагается, но допущены фактические ошибки;

ответ носит репродуктивный характер;

поступающий не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты;

нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала;

у поступающего отсутствуют представления о межпредметных связях.

Неудовлетворительно – обнаружено незнание или непонимание поступающим сущностной части вопроса:

допускаются существенные фактические ошибки, которые поступающий не может исправить самостоятельно;

на большую часть вопроса студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.