



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по развитию и инновациям


И.Г. Ахметова
«28» апреля 2022 г.



ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

05.09.01 Электромеханика и электрические аппараты

для обучающихся по программам подготовки научно-педагогических кадров
в аспирантуре и для лиц, прикрепленных для сдачи кандидатского экзамена

2022, Казань

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа кандидатского экзамена по научной специальности «2.4.2. Электротехнические комплексы и системы» (Электромеханика и электрические аппараты) группы научных специальностей «2.4 Энергетика и электротехника» связана с изучением с особенностями анализа, синтеза и технического использования силовых и информационных устройств для взаимного преобразования электрической и механической энергии, электрических, контактных и бесконтактных аппаратов для коммутации электрических цепей и управления потоками энергии, а также на основе содержания паспорта научной специальности.

Программа предназначена для подготовки и аттестации аспирантов и прикрепленных лиц для соискания ученой степени кандидата технических наук, выполняющих диссертационные исследования по научной специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы» (Электромеханика и электрические аппараты).

II. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Программа кандидатского экзамена состоит из основной и дополнительной частей.

Основная часть базируется на содержании паспорта научной специальности и содержит 9 разделов.

Дополнительная программа кандидатского экзамена составляется аспирантом (прикрепленным лицом) совместно с научным руководителем в соответствии с содержанием диссертационного исследования и утверждается на Ученом совете профильного института до даты проведения экзамена.

В программу включен список вопросов для подготовки к кандидатскому экзамену и список литературы, который может быть расширен и дополнен с учетом глубины изучения вопросов и происходящих изменений в науке, системе образования, обществе и государстве.

III. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ЭКЗАМЕНА

Раздел 1. Роль электромеханики и электрических аппаратов в современной технике

Развитие энергетики и электроэнергетических систем. Выработка электроэнергии на тепловых, гидравлических и атомных станциях. Возобновляемые источники электроэнергии, автономные электроэнергетические системы, проблема охраны окружающей среды.

Применение электрических машин, трансформаторов и аппаратов в системах генерирования, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Типы электрических машин. Общая классификация электрических и электронных аппаратов.

Оценка эффективности, качества и надежности электрических машин и аппаратов.

Основные элементы конструкции электромеханических преобразователей, трансформаторов, электрических аппаратов и технология их изготовления. Безотходная и малоотходная технология.

Испытания электрических машин и аппаратов. Вибрации, шумы и радиопомехи, допустимые нормы и способы их снижения. Электромагнитная совместимость электрических машин и аппаратов с системой и окружающим оборудованием.

Исторические сведения о развитии электромеханики, электрических и электронных аппаратов.

Раздел 2. Методы исследования электрических машин с позиций теории цепей

Электромеханическое преобразование энергии и физические законы, на которых оно основано.

Два подхода к описанию электромагнитных процессов в электрических машинах: с позиций теории поля и теории электрических

цепей. Сравнительное сопоставление физического моделирования, аналитических и численных методов решения уравнений.

Обобщенная электрическая машина – математическая модель электрических машин всех типов. Допущения при записи уравнений обобщенной машины. Дифференциальные уравнения в различных системах координат. Уравнения Парка-Горева синхронной машины. Физический смысл параметров обобщенной машины – коэффициентов в дифференциальных уравнениях.

Уравнения установившегося режима работы асинхронных и синхронных машин. Векторные диаграммы и эквивалентные схемы замещения. Основные характеристики двигателей и генераторов.

Электромагнитный момент обобщенной электрической машины, уравнение движения ротора. Статические и динамические механические характеристики электродвигателей. Способы измерения момента.

Временные и пространственные гармоники в электрических машинах, параметры высших гармоник. Методы расчета гармоник МДС и магнитной индукции в воздушном зазоре с учетом формы зубцовой зоны сердечников и нелинейных свойств магнитной цепи.

Исследование электрических машин при несинусоидальном и несимметричном напряжении. Управление электрическими двигателями от полупроводниковых преобразователей. Работа синхронного генератора на выпрямительную нагрузку. Вентильные двигатели. Особенности работы электрических машин при пульсирующем токе.

Многообмоточные электрические машины. Математические модели асинхронных двигателей с двойной беличьей клеткой и синхронных машин с демпферными обмотками. Учет влияния вихревых токов, гистерезиса и потерь в стали.

Математическое моделирование электрических машин с изменяющимися параметрами. Учет вытеснения тока в проводниках, насыщения и изменения момента инерции.

Несимметричные электрические машины. Способы математического описания и математические модели синхронных и асинхронных машин с магнитной и электрической несимметрией статора и ротора. Однофазные двигатели переменного тока.

Электрическая машина как элемент электромеханической системы. Математические модели электрических машин с учетом внешних элементов, включенных в цепи статора и ротора.

Раздел 3. Электромагнитное поле в электрических машинах

Область поля электрической машины. Математическое описание электромагнитного поля электрической машины. Разделение области поля на вращающуюся и неподвижную части. Граничные и начальные условия.

Электромагнитная сила, действующая в области паза с током в магнитном поле (распределение силы между проводом и стенками паза). Зависимость силы от величины поля, полученная из энергетических соображений. Аналитические выражения электромагнитных сил и моментов.

ЭДС, индуцированная в проводнике, расположенном в пазу электрической машины, зависимость ее от индукции в зазоре.

Магнитное поле в гладком зазоре между статором и ротором. Магнитное поле в ярмах статора и ротора (учет кривизны, расчет магнитного напряжения, вытеснение магнитного потока в окружающее пространство).

Методы и результаты исследования магнитного поля в зубчатом воздушном зазоре. Поле в области пазов с током и без тока при односторонней и двусторонней зубчатости. Подход к вычислению удельной проводимости зазора. Коэффициент воздушного зазора.

Гармонических анализ удельной магнитной проводимости воздушного зазора, МДС и магнитной индукции в воздушном зазоре машин переменного тока.

Взаимная индукция однофазных и многофазных обмоток для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей в машинах переменного тока.

Поле рассеяния в пазах различной формы. Расчет индуктивностей пазового, лобового и дифференциального рассеяния для однослойных и двухслойных однофазных обмоток.

Магнитное поле в области торцевых частей машины. Расчетная длина машины. Поле лобовых частей. Электромагнитные силы, действующие на лобовые части. Магнитные поля и параметры синхронных машин при симметричной и несимметричной нагрузках, переходные и сверхпереходные параметры.

Методы расчета электромагнитных полей в распределенных вторичных контурах (полый и массивный ротор в асинхронных машинах, массивные полюса и массивный неявнополюсный ротор в синхронных машинах). Эквивалентные параметры роторных контуров в асинхронных и синхронных машинах.

Влияние вихревых токов в проводниках, лежащих в пазу, на их активное и индуктивное сопротивление. Меры по уменьшению добавочных потерь в обмотках (транспозиция проводников, скрутка в лобовых частях).

Раздел 4. Коммутация коллекторных машин

Щеточный контакт и его вольтамперные характеристики. Уравнения классической теории коммутации, виды коммутационных процессов. Анализ факторов, влияющих на коммутацию. Способы улучшения коммутации. Критерии потенциальной устойчивости и меры борьбы с круговым огнем. Настройка коммутации.

Раздел 5. Потери и тепловые явления в электрических машинах

Виды потерь и физические причины их возникновения в электрических машинах. Методики расчета основных и добавочных потерь в машинах переменного и постоянного тока. КПД электрических машин и трансформаторов, способы его расчетного и экспериментального определения.

Физические процессы нагревания и охлаждения электрических машин и трансформаторов. Уравнения теплообмена и тепловые параметры. Методы расчета переходных и установившихся температур. Эквивалентные тепловые схемы замещения электрических машин.

Электроизоляционные материалы и классы их нагревостойкости. Зависимость срока службы изоляции от температуры и режимов работы электрических машин.

Системы косвенного и непосредственного охлаждения электрических машин и трансформаторов. Расчет системы охлаждения. Способы интенсификации охлаждения. Тепловые испытания электрических машин.

Раздел 6. Применение электронной вычислительной техники. Оптимизация электрических машин и трансформаторов

Использование ЭВМ для исследования и проектирования электрических машин и трансформаторов. Области применения АВМ и ЦВМ. Математические модели электрических машин и трансформаторов, работающих в статических и динамических режимах.

Постановка задач оптимизации и методы их решения. Критерии оптимальности и лимитеры. Возможности машинного расчета и конструирования электрических машин и трансформаторов. Системы автоматизированного проектирования (САПР).

Раздел 7. Специальные электрические машины

Электрические машины автоматических устройств: исполнительные двигатели переменного и постоянного тока; синхронные микродвигатели с постоянными магнитами, шаговые, реактивные, гистерезисные, с электромагнитной редуцией частоты вращения; двигатели с катящимся и гибким волновым ротором; универсальные коллекторные двигатели; информационные электрические микромашины.

Многомерные электрические машины, двигатели со сферическим и коническим ротором, торцевые конструкции электрических машин,

униполярные машины. Электрические машины колебательного и возвратно-поступательного движения, линейные и дугостаторные двигатели, МГД-генераторы и насосы. Электрические машины со сверхпроводящими обмотками. Емкостные электрические машины.

Раздел 8. Трансформаторы

Трансформаторы как электромагнитные преобразователи энергии.

Физические процессы в трансформаторе. Магнитные системы и обмотки трансформаторов, группы соединения обмоток.

Основные уравнения и схема замещения трансформатора. Параметры трансформаторов, методы их определения.

Параллельная работа трансформаторов. Несимметричные режимы работы трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах.

Классификация трансформаторов, их специальные типы.

Раздел 9. Электрические аппараты

Принципы построения макроскопических моделей электромеханических систем электрических аппаратов. Элементы, фазовые переменные, компонентные и топологические уравнения электрической, магнитной, механической и тепловой подсистем. Составление эквивалентных схем.

Методы анализа электромагнитных полей. Законы электромагнитного поля. Дифференциальные уравнения для параметров поля. Численные методы (метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод интегральных уравнений) и программное обеспечение для расчетов полей электромагнитных систем. Методы расчетов параметров макромоделей (ЭДС, индуктивностей, силовых характеристик) на основе анализа электромагнитного поля.

Магнитные материалы, применяемые в электрических аппаратах и машинах. Магнитные характеристики материалов. Методы и средства

измерений магнитных полей, испытаний магнитных материалов и изделий из них.

Электродинамические силы в электрических аппаратах. Методы их расчета. Использование электродинамических сил. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.

Источники теплоты в электрических аппаратах. Методы анализа. Способы снижения потерь в электрических аппаратах. Теплопередача в окружающее пространство. Критерии подобия. Критериальные уравнения. Расчет коэффициентов теплопередачи. Задачи стационарной и нестационарной теплопроводности в электрических аппаратах. Нестационарный режим нагрева и остывания электрических аппаратов.

Контакты электрических аппаратов. Модели контактирования. Ом-вольтная характеристика контактов и сваривание контактов. Стационарный нагрев контактов в токопроводе. Одномерная модель неоднородного токопровода с контактами и распределение температур в нем.

Электрическая дуга отключения. Вольтамперные характеристики стационарной и нестационарной дуги. Распределение потенциалов в дуге. Условия гашения электрической дуги в цепи постоянного тока. Шунтирование дуги. Условия гашения дуги переменного тока. Начальная прочность межконтактного промежутка после прохождения тока через нуль. Восстанавливающаяся прочность и восстанавливающееся напряжение. Влияние собственной частоты сети на процессы гашения дуги. Одночастотный и двухчастотный контуры – модели сети.

Электромеханические аппараты автоматики. Основные виды. Характеристики.

Электрические аппараты распределения энергии низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы испытаний. Тенденции развития.

Электрические аппараты управления низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы испытаний. Тенденции развития.

Электрические аппараты высокого напряжения. Основные виды. Виды выключателей высокого напряжения. Особенности конструкций, методов гашения дуги и эксплуатации.

Реакторы. Конструкции. Использование. Работа реакторов в комплекте с силовыми электронными коммутаторами.

Ограничители перенапряжений и разрядники. Устройство, характеристики. Особенности эксплуатации.

Испытания электрических аппаратов высокого напряжения. Статические (силовые электронные и магнитно-полупроводниковые) аппараты. Основные виды аппаратов, их функции и классификация. Сравнительный анализ статических и электромеханических аппаратов и области их рационального применения.

Силовые электронные ключи. Особенности коммутации электронных ключей. Статические и динамические режимы работы ключей. Области безопасной работы и защита электронных ключей.

Пассивные компоненты и охладители силовых электронных приборов. Влияние повышенной частоты и несинусоидальности напряжения на работу конденсаторов и реакторно-трансформаторного оборудования.

Системы управления силовыми электронными аппаратами. Обобщенные структурные схемы. Основные функциональные узлы и элементная база.

Микропроцессоры в управлении электрическими и электронными аппаратами. Структура и функции микропроцессора, микроконтроллера и примеры их применения в различных аппаратах.

Статические коммутационные аппараты постоянного и переменного токов. Функциональные возможности и области рационального применения. Гибридные коммутационные аппараты.

Статические регуляторы постоянного тока. Примеры импульсного регулирования параметров электрической энергии. Основные схемы импульсных регуляторов постоянного тока. Тиристорные регуляторы постоянного тока.

Статические регуляторы переменного тока. Тиристорные регуляторы переменного тока с естественной и искусственной коммутацией. Применение силовых транзисторов в регуляторах переменного тока. Регуляторы реактивной мощности.

Магнитно-полупроводниковые аппараты. Дроссели насыщения и основные способы подмагничивания. Магнитно-полупроводниковые ключи.

Феррорезонансный стабилизатор напряжения и тока. Принцип действия, характеристики и области применения.

IV. ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Развитие энергетики и электроэнергетических систем. Выработка электроэнергии на тепловых, гидравлических и атомных станциях.

2. Возобновляемые источники электроэнергии, автономные электроэнергетические системы, проблема охраны окружающей среды.

3. Применение электрических машин, трансформаторов и аппаратов в системах генерирования, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

4. Типы электрических машин. Общая классификация электрических и электронных аппаратов.

5. Оценка эффективности, качества и надежности электрических машин и аппаратов.

6. Основные элементы конструкции электромеханических преобразователей, трансформаторов, электрических аппаратов и технология их изготовления. Безотходная и малоотходная технология.

7. Испытания электрических машин и аппаратов. Вибрации, шумы и радиопомехи, допустимые нормы и способы их снижения.
8. Электромагнитная совместимость электрических машин и аппаратов с системой и окружающим оборудованием.
9. Исторические сведения о развитии электромеханики, электрических и электронных аппаратов.
10. Электромеханическое преобразование энергии и физические законы, на которых оно основано.
11. Два подхода к описанию электромагнитных процессов в электрических машинах: с позиций теории поля и теории электрических цепей.
12. Сравнительное сопоставление физического моделирования, аналитических и численных методов решения уравнений.
13. Обобщенная электрическая машина – математическая модель электрических машин всех типов. Допущения при записи уравнений обобщенной машины.
14. Дифференциальные уравнения в различных системах координат.
15. Уравнения Парка-Горева синхронной машины. Физический смысл параметров обобщенной машины – коэффициентов в дифференциальных уравнениях.
16. Уравнения установившегося режима работы асинхронных и синхронных машин.
17. Векторные диаграммы и эквивалентные схемы замещения.
18. Основные характеристики двигателей и генераторов.
19. Электромагнитный момент обобщенной электрической машины, уравнение движения ротора. Статические и динамические механические характеристики электродвигателей. Способы измерения момента.
20. Временные и пространственные гармоники в электрических машинах, параметры высших гармоник.

21. Методы расчета гармоник МДС и магнитной индукции в воздушном зазоре с учетом формы зубцовой зоны сердечников и нелинейных свойств магнитной цепи.

22. Исследование электрических машин при несинусоидальном и несимметричном напряжении. Управление электрическими двигателями от полупроводниковых преобразователей.

23. Работа синхронного генератора на выпрямительную нагрузку.

24. Вентильные двигатели. Особенности работы электрических машин при пульсирующем токе.

25. Многообмоточные электрические машины.

26. Математические модели асинхронных двигателей с двойной беличьей клеткой и синхронных машин с демпферными обмотками. Учет влияния вихревых токов, гистерезиса и потерь в стали.

27. Математическое моделирование электрических машин с изменяющимися параметрами.

28. Учет вытеснения тока в проводниках, насыщения и изменения момента инерции.

29. Несимметричные электрические машины. Способы математического описания и математические модели синхронных и асинхронных машин с магнитной и электрической несимметрией статора и ротора.

30. Однофазные двигатели переменного тока.

31. Электрическая машина как элемент электромеханической системы

32. Математические модели электрических машин с учетом внешних элементов, включенных в цепи статора и ротора.

33. Область поля электрической машины. Математическое описание электромагнитного поля электрической машины.

34. Разделение области поля на вращающуюся и неподвижную части. Граничные и начальные условия.

35. Электромагнитная сила, действующая в области паза с током в магнитном поле (распределение силы между проводом и стенками паза).

36. Зависимость силы от величины поля, полученная из энергетических соображений. Аналитические выражения электромагнитных сил и моментов.

37. ЭДС, индуцированная в проводнике, расположенном в пазу электрической машины, зависимость ее от индукции в зазоре.

38. Магнитное поле в гладком зазоре между статором и ротором. Магнитное поле в ярмах статора и ротора (учет кривизны, расчет магнитного напряжения, вытеснение магнитного потока в окружающее пространство).

39. Методы и результаты исследования магнитного поля в зубчатом воздушном зазоре. Поле в области пазов с током и без тока при односторонней и двусторонней зубчатости.

40. Подход к вычислению удельной проводимости зазора. Коэффициент воздушного зазора.

41. Гармонических анализ удельной магнитной проводимости воздушного зазора, МДС и магнитной индукции в воздушном зазоре машин переменного тока.

42. Взаимная индукция однофазных и многофазных обмоток для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей в машинах переменного тока.

43. Поле рассеяния в пазах различной формы. Расчет индуктивностей пазового, лобового и дифференциального рассеяния для однослойных и двухслойных однофазных обмоток.

44. Магнитное поле в области торцевых частей машины. Расчетная длина машины. Поле лобовых частей.

45. Электромагнитные силы, действующие на лобовые части. Магнитные поля и параметры синхронных машин при симметричной и несимметричной нагрузках, переходные и сверхпереходные параметры.

46. Методы расчета электромагнитных полей в распределенных вторичных контурах (полый и массивный ротор в асинхронных машинах, массивные полюса и массивный неявнополюсный ротор в синхронных машинах).

47. Эквивалентные параметры роторных контуров в асинхронных и синхронных машинах.

48. Влияние вихревых токов в проводниках, лежащих в пазу, на их активное и индуктивное сопротивление. Меры по уменьшению добавочных потерь в обмотках (транспозиция проводников, скрутка в лобовых частях).

49. Щеточный контакт и его вольтамперные характеристики. Уравнения классической теории коммутации, виды коммутационных процессов.

50. Анализ факторов, влияющих на коммутацию. Способы улучшения коммутации.

51. Критерии потенциальной устойчивости и меры борьбы с круговым огнем. Настройка коммутации.

52. Виды потерь и физические причины их возникновения в электрических машинах.

53. Методики расчета основных и добавочных потерь в машинах переменного и постоянного тока. КПД электрических машин и трансформаторов, способы его расчетного и экспериментального определения.

54. Физические процессы нагревания и охлаждения электрических машин и трансформаторов. Уравнения теплообмена и тепловые параметры.

55. Методы расчета переходных и установившихся температур. Эквивалентные тепловые схемы замещения электрических машин.

56. Электроизоляционные материалы и классы их нагревостойкости. Зависимость срока службы изоляции от температуры и режимов работы электрических машин.

57. Системы косвенного и непосредственного охлаждения электрических машин и трансформаторов. Расчет системы охлаждения.

58. Способы интенсификации охлаждения. Тепловые испытания электрических машин.

59. Использование ЭВМ для исследования и проектирования электрических машин и трансформаторов.

60. Области применения АВМ и ЦВМ. Математические модели электрических машин и трансформаторов, работающих в статических и динамических режимах.

61. Постановка задач оптимизации и методы их решения. Критерии оптимальности и лимитеры.

62. Возможности машинного расчета и конструирования электрических машин и трансформаторов.

63. Системы автоматизированного проектирования (САПР).

64. Электрические машины автоматических устройств: исполнительные двигатели переменного и постоянного тока; синхронные микродвигатели с постоянными магнитами, шаговые, реактивные, гистерезисные, с электромагнитной редуцией частоты вращения; двигатели с катящимся и гибким волновым ротором; универсальные коллекторные двигатели; информационные электрические микромашины.

65. Многомерные электрические машины, двигатели со сферическим и коническим ротором, торцевые конструкции электрических машин, униполярные машины.

66. Электрические машины колебательного и возвратно-поступательного движения, линейные и дугостаторные двигатели, МГД-генераторы и насосы.

67. Электрические машины со сверхпроводящими обмотками. Емкостные электрические машины.

68. Трансформаторы как электромагнитные преобразователи энергии.

69. Физические процессы в трансформаторе. Магнитные системы и обмотки трансформаторов, группы соединения обмоток.
70. Основные уравнения и схема замещения трансформатора. Параметры трансформаторов, методы их определения.
71. Параллельная работа трансформаторов. Несимметричные режимы работы трансформаторов.
72. Переходные процессы в трансформаторах.
73. Классификация трансформаторов, их специальные типы.
74. Принципы построения макроскопических моделей электромеханических систем электрических аппаратов.
75. Элементы, фазовые переменные, компонентные и топологические уравнения электрической, магнитной, механической и тепловой подсистем. Составление эквивалентных схем.
76. Методы анализа электромагнитных полей. Законы электромагнитного поля.
77. Дифференциальные уравнения для параметров поля.
78. Численные методы (метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод интегральных уравнений) и программное обеспечение для расчетов полей электромагнитных систем.
79. Методы расчетов параметров макромоделей (ЭДС, индуктивностей, силовых характеристик) на основе анализа электромагнитного поля.
80. Магнитные материалы, применяемые в электрических аппаратах и машинах. Магнитные характеристики материалов.
81. Методы и средства измерений магнитных полей, испытаний магнитных материалов и изделий из них.
82. Электродинамические силы в электрических аппаратах. Методы их расчета. Использование электродинамических сил. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.

83. Источники теплоты в электрических аппаратах. Методы анализа. Способы снижения потерь в электрических аппаратах.
84. Теплопередача в окружающее пространство. Критерии подобия. Критериальные уравнения.
85. Расчет коэффициентов теплопередачи. Задачи стационарной и нестационарной теплопроводности в электрических аппаратах.
86. Нестационарный режим нагрева и остывания электрических аппаратов.
87. Контакты электрических аппаратов. Модели контактирования. Ом-вольтная характеристика контактов и сваривание контактов. Стационарный нагрев контактов в токопроводе.
88. Одномерная модель неоднородного токопровода с контактами и распределение температур в нем.
89. Электрическая дуга отключения. Вольтамперные характеристики стационарной и нестационарной дуги. Распределение потенциалов в дуге.
90. Условия гашения электрической дуги в цепи постоянного тока. Шунтирование дуги. Условия гашения дуги переменного тока. Начальная прочность межконтактного промежутка после прохождения тока через нуль.
91. Восстанавливающаяся прочность и восстанавливающееся напряжение. Влияние собственной частоты сети на процессы гашения дуги.
92. Одночастотный и двухчастотный контуры – модели сети.
93. Электромеханические аппараты автоматики. Основные виды. Характеристики.
94. Электрические аппараты распределения энергии низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы испытаний. Тенденции развития.
95. Электрические аппараты управления низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы испытаний. Тенденции развития.

96. Электрические аппараты высокого напряжения. Основные виды. Виды выключателей высокого напряжения. Особенности конструкций, методов гашения дуги и эксплуатации.

97. Реакторы. Конструкции. Использование. Работа реакторов в комплекте с силовыми электронными коммутаторами.

98. Ограничители перенапряжений и разрядники. Устройство, характеристики. Особенности эксплуатации.

99. Испытания электрических аппаратов высокого напряжения. Статические (силовые электронные и магнитно-полупроводниковые) аппараты.

100. Основные виды аппаратов, их функции и классификация. Сравнительный анализ статических и электромеханических аппаратов и области их рационального применения.

101. Силовые электронные ключи. Особенности коммутации электронных ключей.

102. Статические и динамические режимы работы ключей. Области безопасной работы и защита электронных ключей.

103. Пассивные компоненты и охладители силовых электронных приборов. Влияние повышенной частоты и несинусоидальности напряжения на работу конденсаторов и реакторно-трансформаторного оборудования.

104. Системы управления силовыми электронными аппаратами.

105. Обобщенные структурные схемы. Основные функциональные узлы и элементная база.

106. Микропроцессоры в управлении электрическими и электронными аппаратами.

107. Структура и функции микропроцессора, микроконтроллера и примеры их применения в различных аппаратах.

108. Статические коммутационные аппараты постоянного и переменного токов. Функциональные возможности и области рационального применения. Гибридные коммутационные аппараты.

109. Статические регуляторы постоянного тока. Примеры импульсного регулирования параметров электрической энергии.

110. Основные схемы импульсных регуляторов постоянного тока. Тиристорные регуляторы постоянного тока.

111. Статические регуляторы переменного тока. Тиристорные регуляторы переменного тока с естественной и искусственной коммутацией.

112. Применение силовых транзисторов в регуляторах переменного тока. Регуляторы реактивной мощности.

113. Магнитно-полупроводниковые аппараты. Дроссели насыщения и основные способы подмагничивания. Магнитно-полупроводниковые ключи.

114. Феррорезонансный стабилизатор напряжения и тока. Принцип действия, характеристики и области применения.

V. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Экзаменационный билет включает три вопроса, два из которых из основной программы (на базе конспектов аспиранта по вопросам) и третий вопрос – по дополнительной программе (на основе диссертационной работы). Экзамен проходит в устной форме (собеседование): время на подготовку 30-40 мин.

Критерии оценки знаний по учебной дисциплине на экзамене:

«отлично» заслуживает аспирант, показавший при ответе на экзамене • всесторонние и глубокие знания теоретического материала по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты» в полном объеме, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, свободно владеющий профессиональной терминологией;

«хорошо» заслуживает аспирант, показавший при ответе полное знание программы теоретического материала по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты», использовавший при ответе материал основной литературы, правильно пользующийся терминологией, тщательно обдумывающий содержание излагаемого материала;

«удовлетворительно» застуживает аспирант, показавший на экзамене знание основного теоретического материала по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты», знакомый с основной литературой, предусмотренной программой, однако, при ответе допустивший неточности в пользовании терминологией;

«неудовлетворительно» выставляется студенту, не усвоившему основной программный материал теоретического курса по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты», допустивший принципиальные ошибки при ответе.

VI. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1. Основная литература

1. И.П. Копылов. Электрические машины. –М.: Логос, 2000.
2. А.В. Иванов-Смоленский. Электрические машины. –М.: энергия, 1980.
3. Д.А. Бут. Бесконтактные электрические машины. –М.: высшая школа, 1976.
- 4.Ф.М. Юферов, И.Л. Осин. Электрические машины автоматических устройств. –М.: Изд-во МЭИ, 2003.
- 5.И.П. Копылов. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 2001.
6. М.В. Антонов. Технология производства электрических машин. –М.: Энергоатомиздат, 1993.
7. Электрические и электронные аппараты. Учебник для вузов / под ред. Ю.К. Розанова. 2-ое изд., испр. И доп. –М.: Информэлектро, 2001.
8. Электрические аппараты высокого напряжения. /Г.Н. Александров, В.В. Борисов и др. /Под ред. чл.-корр. РАН Г.Н. Александрова. Изд. 2-ое. –СПб.: Издание СПбГТУ, 2000.
9. Основы теории электрических аппаратов. /И.С. Таев, Б.К. Буль, А.Г. Годжелло и др. /Под ред. И.С. Таева. –М.: Высшая школа. 1987.

Дополнительная литература

1. А.И. Борисенко, В.Р. Данько, А.И. Яковлев. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. –М.: Энергия, 1974.
2. Проектирование электрических машин. /Под ред. И.П. Копылова. –М.: Высшая школа, 2002.
3. Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах. /Под ред. А.В. Иванова-Смоленского. –М.: энергоатомиздат, 1986.
4. А.А. Чунихин. Электрические аппараты. Общий курс. –М.: Энергоатомиздат, 1988.
5. Г.В. Буткевич. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. – М.: Госэнергоиздат, 1970.
6. Ю.К. Розанов. Основы силовой электроники. –М.: Энергоатомиздат, 1992.
7. Л.В. Шопен. Бесконтактные электрические аппараты автоматики. –М.: Энергоатомиздат, 1986.
8. П. Четти. Проектирование ключевых источников электропитания. –М.: Энергоатомиздат, 1990.
9. Г.В. Могилевский. Гибридные электрические аппараты низкого напряжения. –М.: Энергоатомиздат, 1986.