



**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе
д.т.н. проф.  Драгунов В.К.

«24» мая 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
специальной дисциплины 2.4.2. Электротехнические комплексы и
системы
Профиль: Электромеханика и электрические аппараты

Москва 2022

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы - минимум кандидатского экзамена по специальности «Электротехнические комплексы и системы» в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение вопросов, связанных с устройством, применением и сущностью физических процессов, протекающих в электрических машинах и аппаратах, используемых в производстве и распределении энергии.

Задачами дисциплины являются:

- анализ и исследование физических явлений, лежащих в основе функционирования электромагнитных и электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов;
- изучение научных основ создания и совершенствования электромагнитных и электромеханических преобразователей энергии;
- изучение научных основ создания и совершенствования электрических и электронных аппаратов для управления потоками энергии в составе электротехнических комплексов и систем;
- изучение методов анализа и проектирования преобразователей электрической и механической энергии;
- изучение методов анализа и проектирования электрических аппаратов, включая электронные аппараты;
- изучение подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электромагнитных, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации в составе электротехнических комплексов;
- изучение методов анализа и синтеза систем эффективного управления потоками энергии в электротехнических комплексах с использованием электрических и электронных аппаратов.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

Формула специальности

Научная специальность, объединяющая исследования по физическим и техническим принципам создания и совершенствования силовых и информационных устройств для взаимного преобразования электрической и механической энергии, электрических контактных и бесконтактных аппаратов для коммутации электрических цепей и управления потоками энергии в электротехнических комплексах и системах. В рамках специальности комплексные исследования научно-технических, производственных и технологических проблем проводятся с целью повышения энергетической эффективности, технологичности, экологической и эксплуатационной безопасности преобразователей и аппаратов, снижения их себестоимости и эксплуатационных затрат.

Области исследований

1. Исследование физических явлений, лежащих в основе функционирования электрических, электромагнитных и электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов.
2. Исследование и компьютерное моделирование физических процессов в электромеханических и электромагнитных системах электрических машин и аппаратов.
3. Методы разработки, проектирования и совершенствования конструкций электромеханических преобразователей и электрических аппаратов.
4. Принципы функционирования, методы анализа и синтеза электронных аппаратов.
5. Алгоритмы и систем управления потоками электрической энергии в составе электротехнических комплексов.
6. Поиск и оценка нетрадиционных способов электромеханического преобразования энергии с целью эффективного использования природных ресурсов. Разработка технических устройств, использующих отличные от полевых принципы преобразования энергии.

Отрасль науки

- технические науки.

Классификация электрических машин. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии

Виды и классификация электрических машин. Области применения. Стандартизация и нормализация в электромашиностроении. Конструктивные формы и исполнения электрических машин по способу монтажа и степени защиты. Климатические исполнения. Материалы, применяемые в электромашиностроении. Требования к магнитным, проводниковым, изоляционным и конструкционным материалам.

Основные рабочие характеристики двигателей и генераторов. Требования к характеристикам, связанные с интенсификацией производства, усложнением оборудования и технологических процессов. Показатели надежности и виброакустические.

Размерные соотношения в электрических машинах. Машинная постоянная. Принцип построения серий. Шкалы мощностей, частот вращения, высот оси вращения. Методы расчета и конструирования. Обеспечение технологичности конструкции. Обеспечение безопасности эксплуатации электрических машин. Определение главных размеров электрических машин. Электромагнитные нагрузки электрических машин, ограничения по их выбору. Расчетная мощность.

Обмотки машин переменного и постоянного тока. Механические расчеты электрических машин. Расчет шумов и вибраций. Тепловые расчеты в электрических машинах. Классификация машин по способам охлаждения. Режимы работы электрических машин. Баланс мощностей. Схемы вентиляции. Форсированные системы охлаждения.

Трансформаторы

Современные требования, предъявляемые к силовым трансформаторам. Стандартизация в трансформаторостроении. Классификация и система обозначений. Требования к параметрам. Серии трансформаторов. Подходы к проектированию единичного трансформатора и серии. Методы расчета трансформаторов.

Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора. Материалы применяемые в трансформаторостроении. Магнитная система современного трансформатора. Влияние электротехнической стали и конструкции магнитной системы на характеристики. Влияние проводникового материала на характеристики и массогабаритные показатели трансформатора.

Изоляция в трансформаторах. Требования к изоляции трансформатора. Испытательное напряжение. Защита изоляции от перенапряжений. Обмотки трансформаторов.

Расчет параметров трансформатора. Потери в обмотках и металлоконструкциях. Расчет основных и добавочных потерь. Коэффициент добавочных потерь. Требования по соответствию уровня потерь короткого замыкания. Электромагнитные поля рассеяния в силовых трансформаторах. Влияние индуктивности рассеяния на характеристики, надежность и работоспособность трансформатора. Пути корректировки напряжения короткого замыкания при проектировании.

Определение механических сил и электродинамической устойчивости обмоток. Ударный ток короткого замыкания. Силы, действующие на обмотки в режиме короткого замыкания. Меры по обеспечению электродинамической стойкости обмоток. Оценка термической стойкости обмоток при коротком замыкании. Охлаждение трансформаторов. Классификация систем охлаждения.

Электрические машины переменного тока

Конструкции асинхронных машин. Основные серии асинхронных двигателей (АД). Выбор электромагнитных нагрузок, их влияние на характеристики. Воздушный зазор.

АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Особенности расчета параметров короткозамкнутых роторов. Эффект вытеснения тока и его учет. Насыщение от полей рассеяния.

Магнитная цепь асинхронной машины. Параметры асинхронной машины для номинального режима. Активные и индуктивные сопротивления обмоток. Сопротивления обмоток двигателей с короткозамкнутыми роторами.

Потери и КПД асинхронной машины. Рабочие характеристики и их расчет. Зависимости характеристик АД от входных параметров. Пусковые характеристики асинхронного двигателя. АД специального исполнения. Тепловой и вентиляционный расчет АД.

Конструкции синхронных машин. Турбо и гидрогенераторы. Явнополюсные синхронные машины общего назначения. Главные размеры. Обмотка якоря. Воздушный зазор. Выбор размеров полюсов. Демпферная обмотка. Расчет требуемой МДС обмотки возбуждения. Проектирование обмоток возбуждения. Параметры и постоянные времени. Характеристики синхронных генераторов и двигателей.

Конструкции гидрогенераторов. Главные размеры. Обмотки статора. Расчет магнитной цепи. Расчет обмотки возбуждения гидрогенератора. Расчет параметров и постоянных времени обмоток. Потери и КПД. Характеристики гидрогенератора. Особенности теплового и вентиляционного расчета. Расчет подпятника и подшипников. Особенности расчета механических частей на прочность.

Конструкции турбогенераторов. Главные размеры. Обмотки статора. Зубцовая зона и ярмо ротора. Расчет магнитной цепи. Расчет обмотки возбуждения турбогенератора. Расчет параметров и постоянных времени обмоток. Отношение короткого замыкания, токи короткого замыкания, статическая перегружаемость. Потери и КПД. Особенности теплового расчета. Особенности расчета механических частей на прочность. Расчет критических частот вращения ротора. Системы охлаждения, выбор и расчёт.

Синхронные компенсаторы. Конструкция. Главные размеры. Характеристики, параметры при номинальном режиме и асинхронном пуске.

Специальные машины переменного тока. Микромашины. Шаговые и вентильные двигатели.

Электрические машины постоянного тока

Конструкции машин постоянного тока. Общая характеристика МПТ, область их применения. Современные серии. Выбор главных размеров. Электромагнитные нагрузки. Расчет обмоточных данных и зубцовой зоны якоря. Особенности проектирования якорных обмоток машин постоянного тока. Расчетные соотношения, связывающие обмотку якоря с коллектором. Выбор типа обмотки. Волновые и петлевые обмотки.

Воздушный зазор машины постоянного тока. Компенсационная обмотка. Определение требуемой МДС обмотки возбуждения. Проектирование коллектора и щеточного аппарата. Расчет коммутации и проектирование добавочных полюсов. Потери и КПД. Рабочие характеристики МПТ.

Математическое моделирование электрических машин

Дифференциальные уравнения электрической машины. Обобщённый электромеханический преобразователь.

Методика определения параметров интегрального контура вихревых токов. Методика расчета параметров машины с массивным ротором. Частотный метод определения параметров. Определение параметров роторного контура методом идентификации.

Моделирование электрических машин различных типов. Особенности моделирования асинхронной машины в программном комплексе макро моделирования в фазовой заторможенной системе координат.

Методика расчета вытеснения тока в роторном контуре асинхронной машины. Методика расчета параметров матрицы динамических индуктивностей.

Расчет полной, активной полезной, активной потребляемой мощности через токи и напряжения. Коэффициент отношения активных мощностей для адекватного учета энергообмена.

Анализ влияния несинусоидальности напряжения питания. Особенности решения уравнений динамики численными методами.

Назначение и классификация электрических и электронных аппаратов

Классификация по назначению, по току и напряжению, по области применения. Применение в схемах электроснабжения, электроприводе и электрическом транспорте.

Физические явления в электрических аппаратах

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 расчета. Использование электродинамических сил. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.

Источники теплоты в электрических аппаратах. Методы и программные средства для анализа тепловых процессов. 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. Методы и средства экспериментальных исследований тепловых процессов.

Контакты электрических аппаратов. Модели контактирования. Методы и средства экспериментальных исследований контактных явлений. 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. Методы моделирования и экспериментальных исследований электрической дуги.

Электромеханические аппараты

Электромеханические аппараты автоматики. Основные виды. Характеристики. Электрические аппараты распределения энергии низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы экспериментальных исследований и испытаний. Тенденции развития.

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

Микроэлектромеханические системы - МЭМС. Конструктивные схемы и применение.

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. Анализ электромагнитной совместимости реакторов.

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

Испытания электрических аппаратов высокого напряжения.

Применение высокотемпературных сверхпроводящих (ВТСП) материалов в электрических аппаратах.

Силовые электронные аппараты

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 систем управления силовыми электронными аппаратами. 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

Статические коммутационные аппараты постоянного и переменного токов. Функциональные возможности и области рационального применения. Гибридные коммутационные аппараты. Методы и средства для тестирования и испытаний устройств силовой электроники

Статические регуляторы постоянного и переменного тока

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.

Методы и программные средства для математического моделирования процессов в электрических и электронных аппаратах

Математическое моделирование статических и динамических процессов в электромеханических электрических аппаратах. Модели электромагнитных, магнитоэлектрических, электродинамических, индукционных, магнитострикционных и пьезоэлектрических электромеханических преобразователей. Модели и анализ динамики работы механических узлов электрических аппаратов.

Математическое моделирование режимов работы устройств силовой электроники и систем управления электромеханических и электронных аппаратов.

Вопросы, включенные в билеты для проведения экзамена:

1. Виды и классификация электрических машин. Области применения. Стандартизация и нормализация в электромашиностроении. Конструктивные формы и исполнения электрических машин по способу монтажа и степени защиты. Климатические исполнения.
2. Основные рабочие характеристики двигателей и генераторов. Требования к характеристикам, связанные с интенсификацией производства, усложнением оборудования и технологических процессов.
3. Размерные соотношения в электрических машинах. Машинная постоянная. Принцип построения серий.
4. Обмотки машин переменного и постоянного тока.
5. Принципы преобразования энергии в электрических машинах. Электромеханические системы электрических машин с электромагнитными, магнитоэлектрическими и индукционными принципами преобразования энергии.
6. Механические расчеты электрических машин. Расчет шумов и вибраций.

7. Тепловые расчеты в электрических машинах. Классификация машин по способам охлаждения.
8. Режимы работы электрических машин. Баланс мощностей.
9. Схемы вентиляции электрических машин. Форсированные системы охлаждения.
10. Современные требования предъявляемые к силовым трансформаторам. Стандартизация в трансформаторостроении. Классификация и система обозначений.
11. Требования к параметрам трансформатора. Серии трансформаторов. Подходы к проектированию единичного трансформатора и серии.
12. Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора.
13. Материалы применяемые в трансформаторостроении. Магнитная система современного трансформатора. Влияние электротехнической стали и конструкции магнитной системы на характеристики. Влияние проводникового материала на характеристики и массогабаритные показатели трансформатора.
14. Изоляция в трансформаторах. Требования к изоляции трансформатора. Испытательное напряжение. Защита изоляции от перенапряжений. Обмотки трансформаторов.
15. Расчет параметров трансформатора. Потери в обмотках и металлоконструкциях. Расчет основных и добавочных потерь. Коэффициент добавочных потерь. Требования по соответствию уровня потерь короткого замыкания.
16. Электромагнитные поля рассеяния в силовых трансформаторах. Влияние индуктивности рассеяния на характеристики, надежность и работоспособность трансформатора. Пути корректировки напряжения короткого замыкания при проектировании.
17. Определение механических сил и электродинамической устойчивости обмоток. Ударный ток короткого замыкания. Силы, действующие на обмотки в режиме короткого замыкания. Меры по обеспечению электродинамической стойкости обмоток. Оценка термической стойкости обмоток при коротком замыкании.
18. Охлаждение трансформаторов. Классификация систем охлаждения.
19. Конструкции асинхронных машин. Основные серии асинхронных двигателей (АД). Выбор электромагнитных нагрузок, их влияние на характеристики.

20. АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Особенности расчета параметров короткозамкнутых роторов. Эффект вытеснения тока и его учет.
21. Магнитная цепь асинхронной машины. Параметры асинхронной машины для номинального режима. Активные и индуктивные сопротивления обмоток. Сопротивления обмоток двигателей с короткозамкнутыми роторами.
22. Потери и КПД асинхронной машины. Рабочие характеристики и их расчет. Зависимости характеристик АД от входных параметров.
23. Пусковые характеристики асинхронного двигателя.
24. АД специального исполнения.
25. Тепловой и вентиляционный расчет АД.
26. Конструкции синхронных машин. Турбо и гидрогенераторы. Явнополюсные синхронные машины общего назначения. Главные размеры.
27. Обмотка якоря синхронной машины. Воздушный зазор. Выбор размеров полюсов. Демпферная обмотка.
28. Расчет требуемой МДС обмотки возбуждения синхронной машины. Проектирование обмоток возбуждения.
29. Параметры и постоянные времени. Характеристики синхронных генераторов и двигателей.
30. Конструкции гидрогенераторов. Главные размеры. Обмотки статора. Расчет магнитной цепи.
31. Расчет обмотки возбуждения гидрогенератора. Расчет параметров и постоянных времени обмоток. Потери и КПД.
32. Характеристики гидрогенератора. Особенности теплового и вентиляционного расчета.
33. Расчет подпятника и подшипников гидрогенератора. Особенности расчета механических частей на прочность.
34. Конструкции турбогенераторов. Главные размеры. Обмотки статора. Зубцовая зона и ярмо ротора. Расчет магнитной цепи.
35. Расчет обмотки возбуждения турбогенератора. Расчет параметров и постоянных времени обмоток. Отношение короткого замыкания, ток короткого замыкания, статическая перегружаемость. Потери и КПД.

36. Особенности теплового расчета турбогенератора. Особенности расчета механических частей на прочность. Расчет критических частот вращения ротора. Системы охлаждения, выбор и расчёт.
37. Синхронные компенсаторы. Конструкция. Главные размеры. Характеристики, параметры при номинальном режиме и асинхронном пуске.
38. Специальные машины переменного тока. Микромашины. Шаговые и вентильные двигатели.
39. Конструкции машин постоянного тока. Общая характеристика МПТ, область их применения. Современные серии. Выбор главных размеров. Электромагнитные нагрузки.
40. Расчет обмоточных данных и зубцовой зоны якоря МПТ. Особенности проектирования якорных обмоток машин постоянного тока.
41. Расчетные соотношения, связывающие обмотку якоря МПТ с коллектором. Выбор типа обмотки. Волновые и петлевые обмотки.
42. Воздушный зазор машины постоянного тока. Компенсационная обмотка. Определение требуемой МДС обмотки возбуждения.
43. Проектирование коллектора и щеточного аппарата МПТ. Расчет коммутации и проектирование добавочных полюсов. Потери и КПД. Рабочие характеристики МПТ.
44. Моделирование тепловых процессов в электрических машинах. Уравнения для расчета стационарных и нестационарных тепловых полей.
45. Тепловой и вентиляционный расчеты в электрических машинах с использованием численных методов.
46. Дифференциальные уравнения электрической машины. Обобщённый электромеханический преобразователь.
47. Методика определения параметров интегрального контура вихревых токов. Методика расчета параметров машины с массивным ротором. Частотный метод определения параметров. Определение параметров роторного контура методом идентификации.
48. Математическое моделирование электрических машин различных типов.
49. Методика расчета вытеснения тока в роторном контуре асинхронной машины. Методика расчета параметров матрицы динамических индуктивностей.

50. Расчет полной, активной полезной, активной потребляемой мощности через токи и напряжения. Коэффициент отношения активных мощностей для адекватного учета энергообмена.
51. Анализ влияния несинусоидальности напряжения питания. Особенности решения уравнений динамики численными методами.
52. Принципы построения макроскопических моделей электромеханических систем электрических аппаратов. Составление эквивалентных схем.
53. Электродинамические силы в электрических аппаратах. Методы и программные средства для их расчета. Использование электродинамических сил для функционирования электрических аппаратов.
54. Источники теплоты в электрических аппаратах. Методы и программные средства для анализа тепловых процессов. Способы снижения потерь в электрических аппаратах. Методы и средства экспериментальных исследований тепловых процессов.
55. Контакты электрических аппаратов. Модели и программные средства для анализа процессов в контактах. Ом-вольтная характеристика контактов и сваривание контактов.
56. Электрическая дуга отключения. Вольт-амперные характеристики стационарной и нестационарной дуги. Условия гашения электрической дуги в цепи постоянного тока. Шунтирование дуги. Условия гашения дуги переменного тока. Методы моделирования и экспериментальных исследований электрической дуги.
57. Начальная прочность межконтактного промежутка после прохождения тока через нуль. Восстанавливающаяся прочность и восстанавливающееся напряжение. Влияние собственной частоты сети на процессы гашения дуги. Методы и средства экспериментальных исследований контактных явлений.
58. Электромеханические аппараты автоматики. Основные виды. Характеристики.
59. Микроэлектромеханические системы МЭМС, примеры конструкций и принципы функционирования.
60. Электрические аппараты распределения энергии низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы экспериментальных исследований и испытаний. Тенденции развития.
61. Электрические аппараты управления низкого напряжения. Основные виды. Характеристики. Методы выбора. Методы экспериментальных исследований и испытаний. Тенденции развития.

62. Электрические аппараты высокого напряжения. Основные виды. Виды выключателей высокого напряжения. Методы экспериментальных исследований и испытаний. Тенденции развития.
63. Применение ВТСП в электрических аппаратах. Примеры конструкций.
64. Реакторы. Конструкции. Использование. Работа реакторов в комплекте с силовыми электронными коммутаторами. Анализ электромагнитной совместимости реакторов.
65. Ограничители перенапряжений и разрядники. Устройство, характеристики. Особенности эксплуатации.
66. 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.
67. Силовые электронные ключи. Особенности коммутации электронных ключей. Статические и динамические режимы работы ключей. Области безопасной работы и защита электронных ключей.
68. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники.
69. Пассивные компоненты и охладители силовых электронных приборов. Влияние повышенной частоты и несинусоидальности напряжения на работу конденсаторов и реакторно-трансформаторного оборудования.
70. Системы управления силовыми электронными аппаратами. Обобщенные структурные схемы. Основные функциональные узлы и элементная база. Программные средства для моделирования работы систем управления.
71. Микропроцессоры в управлении электрическими и электронными аппаратами. Структура и функции микропроцессора, микроконтроллера и примеры их применения в различных аппаратах.
72. Статические коммутационные аппараты постоянного и переменного токов. Функциональные возможности и области рационального применения. Гибридные коммутационные аппараты.
73. Статические регуляторы постоянного тока. Примеры импульсного регулирования параметров электрической энергии. Основные схемы импульсных регуляторов постоянного тока. Тиристорные регуляторы постоянного тока.
74. Статические регуляторы переменного тока. Тиристорные регуляторы переменного тока с естественной и искусственной коммутацией.

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

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

77. Методы и средства для тестирования и испытаний устройств силовой электроники

78. Математическое моделирование процессов в электромеханических системах электрических аппаратов с магнитоэлектрическими, электродинамическими и индукционными принципами преобразования энергии.

79. Математическое моделирование процессов в электромеханических системах электрических аппаратов с пьезоэлектрическими, магнитоэлектрическими и магнитогидродинамическими преобразователями.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Требования и критерии оценивания ответов экзамена

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

а) не ответил на вопросы экзаменационного билета

б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Электрические аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата / под редакцией П. А. Курбатова. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 250 с.
2. Электронные аппараты : учебник и практикум для вузов / под редакцией П. А. Курбатова. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 195 с.
3. 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.
4. Основы теории электрических аппаратов/Под ред. П.А. Курбатова. - 5-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Издательство "Лань", 2015. – 592 с.
5. Силовые электронные ключи (методическое пособие по курсу Электрические и электронные аппараты): Под ред Ю.К., Розанова. - Изд-во МЭИ, 1996.
6. Математическое моделирование электромеханических систем электрических аппаратов: учеб. пособие / П.А. Курбатов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 110 с.
7. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
8. Буткевич Г.В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. М.: Госэнергоиздат, 1970.
9. Силовая электроника : учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632 с.
10. Электрические машины: учебник для вузов / И.П. Копылов. – М: Академия, 2012 г. – 360 с.
11. Электрические машины : учебное пособие для вузов / Б.Ф. Токарев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
12. Электрические машины : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В. Я.Беспалов, Н. Ф. Котеленец. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 320 с.

Дополнительная литература:

1. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. – М.: Альянс, 2013. – 528 с.
2. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. М: Издательский дом МЭИ, 2010 г, 735с.
3. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. М.: Академия. 2011. 327с.
4. Сипайлов Г.А., Кононенко Е.В., Хорьков К.А. Электрические машины (специальный курс). М.: Академия. 2009. 287с.
5. Высоцкий В.Е., Горячев В.Я., Соляков О.В., Тулупов П.В. Машины постоянного тока. Учеб. пособие для втузов. Самара.: Самарский гос. техн. университет., 2012. 257 с.
6. Амбарцумова Т.Т. Макромоделирование асинхронных машин с учетом динамики. М.: Изд-во МЭИ. 2012г. 40с.
7. Амбарцумова Т.Т. Исследование динамических режимов асинхронных машин в программном комплексе макромоделирования. Лабораторные работы № 1-3. М.: Изд-во МЭИ. 2011г. 40с.
8. Чунихин А.А. Электрические аппараты. Общий курс. М.: Энергоатомиздат, 1988.
9. Основы силовой электроники, 4-е издание. : монография / Г. С. Зиновьев. - : Новосибирск, НГТУ, 2009. - 672 с. Шопен Л.В. Бесконтактные электрические аппараты автоматики. М.: Энергоатомиздат, 1986.
10. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания. М.: Энергоатомиздат, 1990.
11. Могилевский Г.В. Гибридные электрические аппараты низкого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1986.

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ»
<https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ
<https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
<https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ
<http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»
<https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ"
<https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Профессор кафедры Электромеханики,
электрических и электронных аппаратов
д.т.н., профессор



П.А. Курбатов

И.о. заведующего кафедрой Электромеханики,
электрических и электронных аппаратов
к.т.н., доцент



М.Г. Киселев

Директор ИЭТЭ
к.т.н., доцент



М.Я. Погребисский