

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Заведующий отделом
отдела подготовки кадров
высшей квалификации



В.П. Драгунов

2017 г.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по направлению

13.06.01 Электро- и теплотехника

профиль: Электромеханика и электрические аппараты

Новосибирск, 2017

Программа обсуждена и утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации,
протокол № 1 от 18.01.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Шевченко А. Ф.



Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Шевченко А. Ф.



Ответственный за образовательную программу:

профессор, д.т.н. Шевченко А. Ф.



Введение

Программа составлена на основе дисциплин направления «Электротехника, электромеханика и электротехнологии», связанных 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.

Программа разработана с учетом материалов экспертного совета Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по энергетике, электрификации и энергетическому машиностроению при участии МЭИ (ТУ) и МАИ (ТУ).

1. Роль электромеханики в современной технике и методы исследования.

1.1. 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 в системах генерирования, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Типы электрических машин. Оценка эффективности, качества и надежности электрических машин.

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

Испытания электрических машин. 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.

1.2. 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 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.

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

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.

2. 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.

Электродвижущая сила (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.

Гармонический 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.

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 синхронных и асинхронных 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).

3. Специальные вопросы электрических машин

3.1. Коммутация коллекторных машин. Щеточный контакт и его вольт-амперные 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.

3.2. 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. Коэффициент полезного действия 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.

3.3. 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).

3.4. Специальные электрические машины. Электрические машины автоматических устройств: исполнительные двигатели переменного и постоянного тока; синхронные микродвигатели с постоянными магнитами, шаговые, реактивные, гистерезисные, с электромагнитной редукцией частоты враще-

ния; двигатели и катящимся и гибким волновым ротором; универсальные коллекторные двигатели; информационные электрические микромашины. 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.

3.5. Трансформаторы. Трансформаторы как электромагнитные преобразователи энергии. Физические процессы в трансформаторе.

Магнитные системы и обмотки трансформаторов, группы соединения обмоток. Основные уравнения и схемы замещения трансформатора. Параметры трансформаторов, методы их определения. Параллельная работа трансформаторов. Несимметричные режимы работы трансформаторов.

Переходные процессы в трансформаторах. Классификация трансформаторов, их специальные типы.

Литература

Основная литература

1. Копылов И.П. Электрические машины. М.: Высшая школа, 2006.
2. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. М.: Изд-во МЭИ, 2004.
3. Юферов Ф.М., Осин И.Л. Электрические машины автоматических устройств. М.: Изд-во МЭИ, 2003.
4. Инкин А.И. Электромагнитные поля и параметры электрических машин. Учебное пособие. Новосибирск: ООО «Издательство ЮКЭА», 2002. – 464 с.
5. Жуловян В.В. Электромеханическое преобразование энергии: учеб.пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 452 с.
6. Беспалов В.Я. Электрические машины : учебное пособие для вузов по направлению 140600 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. - М., 2006. - 312, [1] с. : ил.
7. Вольдек А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: учебник для вузов по направлению подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» и «Энергетика» / А.И. Вольдек, В.В. Попов. - СПб. [и др.], 2007. - 319 с.: ил.. - Издательская программа 300 лучших учебников для высшей школы.
8. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов по направлению подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» и «Электроэнергетика» / А.И. Вольдек, В.В. Попов. - СПб., 2007. - 349 с.: ил.. - Издательская программа 300 лучших учебников для высшей школы.

Дополнительная литература

1. Борисенко А.И., Данько В.Р., Яковлев А.И. 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. Литвинов Б.В. Типовые звенья и каскадные схемы замещения электрических машин: монография / Б.В. Литвинов, О.Б. Давыденко. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 215 с.
5. Китаев В.Е. Электрические машины. Ч. 2. Машины переменного тока: учебное пособие для электромеханических специальностей техникумов / В.Е. Китаев, Ю.М. Корхов, В.К. Свирин; под ред. В.Е. Китаева. - М., 1978. - 182, [2] с. : ил.
6. Костенко М.П. Электрические машины. Ч. 1. Машины постоянного тока: Трансформатор: Учебник для высш. техн. учеб.заведений / М.П. Костенко. - Л., 1973. - 544 с.
7. Костенко М.П. Электрические машины. Ч. 2: учебник для электроэнергетических и электротехнических специальностей вузов / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. - Л., 1973. - 647 с.
8. Кулик Ю.А. Электрические машины: учебное пособие / Ю.А. Кулик. - М., 1971. - 454 с.
9. Кацман М.М. Электрические машины и трансформаторы: учебник для энергетических и электротехнических специальностей техникумов / М.М. Кацман. - М., 1971. - 413 [1] с.: схемы, табл.
10. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. М.: Высшая школа, 2001.
11. Антонов М.В. Технология производства электрических машин. М.: Энергоатомиздат, 1993.
12. Специальные электрические машины. Источники и преобразователи энергии: Учеб. пособие для вузов. – В 2-х кн. / А.И. Бертинов, Д.А. Бут, С.Р. Мизюрин и др.; под ред. Б.Л. Алиевского. М.: Энергоатомиздат, 1993. – 320 и 368 с.
13. Копылов И.П. Проектирование электрических машин. Кн. 1: В 2 кн.: Учебник для вузов по спец. «Электромеханика» / И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; Под ред. И.П. Копылова. - М., 1993. - 463 с.: ил.

Правила аттестации

Оценка знаний поступающего в аспирантуру осуществляется в виде экзамена в устной форме по билетам, содержащим два вопроса, составленным на основе данной программы. По результатам ответа на вопросы по билету и при необходимости на дополнительные вопросы, поступающий в аспирантуру может получить следующие оценки:

Отлично - на оба вопроса в билете даны правильные ответы, полностью раскрыта суть вопросов, а также даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Хорошо - на вопросы даны правильные, но не полные ответы. Раскрыта суть, но не приведены примеры. На дополнительные вопросы даны правильные ответы.

Удовлетворительно - только на один вопрос дан правильный ответ; на дополнительные вопросы даны правильные ответы.

Неудовлетворительно - на оба вопроса даны неверные ответы.