

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

“УТВЕРЖДАЮ”

Заведующий отделом подготовки
кадров высшей квалификации



В.П. Драгунов

22 февраля 2022 г.

ПРОГРАММА

Вступительного экзамена в аспирантуру по специальности

2.4.2 Электротехнические комплексы и системы

Новосибирск

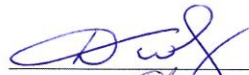
2022

Программа обсуждена на заседании ученого совета факультета мехатроники и автоматизации

протокол № 1 от 16 февраля 2022 г.

Программу разработал

к.т.н., доцент



Д.А. Котин

д.т.н., профессор



Н.И. Щуров

д.т.н., профессор



А.Ф. Шевченко

Заведующий кафедрой:

ЭАПУ, к.т.н., доцент



Д.А. Котин

ЭТК, д.т.н., профессор



Н.И. Щуров

ЭМ, д.т.н., профессор



А.Ф. Шевченко

ЭЭ, д.т.н., профессор



С.А. Харитонов

Декан ФМА,

к.т.н., доцент



М.Е. Вильбергер

Ответственный за образовательную программу

д.т.н., доцент



В.Н. Аносов

Введение

Программа составлена на основе дисциплин направлений «Электроэнергетика и электротехника», «Электроника и нанoeлектроника» связанных с особенностями анализа, синтеза и технического использования силовых и информационных устройств для взаимного преобразования, регулирования и передачи электрической и механической энергии, электрических, контактных и бесконтактных аппаратов для коммутации электрических цепей и управления потоками энергии.

1. Перечень вопросов для подготовки к вступительному экзамену

1.1. Электротехнические комплексы как средство распределения, преобразования и управления потоками энергии для технологических объектов и транспортных комплексов.

Современные тенденции в построении систем, управляющих и распределяющих потоки электроэнергии с заданными качественными и количественными показателями. Современные тенденции в построении систем, управляющих преобразованием электрической энергии в механическую. Требования к распределению и преобразованию энергии в технологических и транспортных комплексах.

1.2. Электропривод как основной элемент производственных и транспортных объектов.

Теория электропривода

Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым электроприводом. Обобщенная функциональная схема автоматизированного электропривода.

Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах. Обобщенная электрическая машина. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых при

различных способах управления. Системы с линейными двигателями и сферы их применения. Тяговый электропривод.

Расчетные электромеханические характеристики электропривода. Механические устройства. Статические и динамические нагрузки в электроприводе. Сопряжение двигателей с рабочим механизмом.

Установившиеся режимы работы электропривода. Частотный анализ. Учет упругих звеньев и связей.

Переходные процессы электроприводов. Пуск, реверс и динамическое торможение двигателей. Передаточные и переходные функции электроприводов.

Многодвигательные электромеханические системы.

Выбор мощности электроприводов.

Автоматическое управление электроприводами

Основные принципы и структуры систем управления общепромышленными и тяговыми электроприводами.

Принципы построения систем автоматического управления электроприводами. Электрические схемы и требования к ним.

Типовые узлы схем и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск и реверс электродвигателей. Синтез систем с контактными и бесконтактными элементами, в том числе логический синтез.

Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводами. Методы анализа и синтеза замкнутых линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных систем управления.

Теория Z - преобразования и метод пространства состояний в исследовании дискретных систем управления электроприводами.

Структурное и имитационное моделирование систем управления.

Анализ системы во временной и частотной области.

Микропроцессоры в системах управления общепромышленными, специальными и тяговыми электроприводами.

Теоретико-структурные принципы построения микропроцессорных систем управления электроприводами.

Основы теории построения микропроцессорных систем управления электроприводами. Особенности проектирования МПС. Анализ МПС. Синтез МПС. Разработка логических систем управления.

Алгоритмическое и программное обеспечение МПС для электроприводов. Разработка алгоритмического обеспечения МПС. Структура и состав программного Обеспечения МПС. Реализация работы МПС электропривода в реальном масштабе времени. Выбор микропроцессорных средств.

Микропроцессорные системы для управления электроприводами, обеспечивающие заданные скоростные и пространственные характеристики.

Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие пространство заданных переменных и формирующие переходные процессы в непрерывных и дискретных вариантах. Системы автоматического фазового, импульсного и релейного управления постоянного и переменного тока.

Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного, релейного и импульсного действия. Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий и возмущений.

Адаптивные системы автоматического управления: экстремальные и с эталонными моделями.

Методы синтеза различных классов систем управления электроприводами с учетом стоимости, надежности, долговечности.

Учет энергетических показателей управляемых электроприводов.

Теория и принципы работы узлов электротехнических комплексов

Научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплектных узлов электротехнических установок (по отраслям).

Преобразователи напряжения, в том числе: генераторы, управляемые вентильные преобразователи постоянного и переменного тока в постоянный,

инверторы, преобразователи частоты переменного тока. Типовые датчики систем управления электроприводами.

Основные принципы построения систем и комплектных узлов промышленного и тягового электрооборудования. Силовые коммутационные и электронные узлы систем управления в промышленном и тяговом электроприводе.

Типовые контактные и бесконтактные узлы в схемах управления электродвигателями постоянного и переменного тока, работающих в непрерывных, релейных и импульсных режимах.

1.3 Роль электромеханики в современной технике и методы исследования.

Теория электромеханики

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.

Методы исследования в электромеханике

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.

1.4. 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).

1.5. Специальные вопросы электрических машин

Вопросы коммутации

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.

Потери в электрических машинах

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.

Цифровизация в электромеханике

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).

Специальные электрические машины

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 вращения; двигатели с 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.

Трансформаторы

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.

2. Литература

Основная литература

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Изд-во Академия, 2007. – 575 с.
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб.: Профессия, 2004. – 747 с.
3. Востриков А.С. Основы теории непрерывных и дискретных систем регулирования: учебное пособие / А.С. Востриков, Г.А. Французова, Е.Б. Гаврилов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 476 с.
4. Востриков А.С. Теория автоматического регулирования: учебное пособие / А.С. Востриков, Г.А. Французова. – М.: Высшая школа, 2006. – 365 с.
5. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода / Н.Ф. Ильинский. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 220 с.
6. Терехов В.М. Системы управления электроприводов / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – М.: Изд-во Академия, 2005. – 299 с.

7. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов: Учебное пособие для вузов по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов» / Ю.С. Усынин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 327с.
8. Копылов И.П. Электрические машины. М.: Высшая школа, 2006.
9. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. М.: Изд-во МЭИ, 2004.
10. Юферов Ф.М., Осин И.Л. Электрические машины автоматических устройств. М.: Изд-во МЭИ, 2003.
11. Инкин А.И. Электромагнитные поля и параметры электрических машин. Учебное пособие. Новосибирск: ООО «Издательство ЮКЭА», 2002. – 464 с.
12. Жуловян В.В. Электромеханическое преобразование энергии: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 452 с.
13. 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 с.
14. 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.
15. 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. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. для вузов / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
2. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов по спец. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» / В.И. Ключев. – М.: Энергия, 1980. – 359 с.
3. Ковчин С.А. Теория электропривода: учебник для вузов по направлению «Автоматизация и управление» и спец. «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов» / С.А. Ковчин. Ю.А. Сабинин. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000. – 496 с.
4. Токхайм Роджер Л. Микропроцессоры: курс и упражнения. Токхайм: пер. с англ. В.Н. Герасевича, Л.А. Ильяшенко. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 335 с.
5. Борисенко А.И., Данько В.Р., Яковлев А.И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. М.: Энергия, 1974.
6. Проектирование электрических машин / под ред. И.П. Копылова. М.: Высшая школа, 2002.
7. Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах / под ред. А.В. Иванова-Смоленского. М.: Энергоатомиздат, 1986.
8. 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.
9. 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 с.
10. Костенко М.П. Электрические машины. Ч. 1. Машины постоянного тока: Трансформатор: Учебник для высш. техн. учеб. заведений / М.П. Костенко. – Л., 1973. – 544 с.

11. Костенко М.П. Электрические машины. Ч. 2: учебник для электроэнергетических и электротехнических специальностей вузов / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. – Л., 1973. – 647 с.

12. Кулик Ю.А. Электрические машины: учебное пособие / Ю.А. Кулик. – М., 1971. – 454 с.

13. Кацман М.М. Электрические машины и трансформаторы: учебник для энергетических и электротехнических специальностей техникумов / М.М. Кацман. – М., 1971. – 413 с.

14. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. М.: Высшая школа, 2001.

15. Антонов М.В. Технология производства электрических машин. М.: Энергоатомиздат, 1993.

16. 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.

17. 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.

3. 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