

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

в аспирантуру

по направлению 13.06.01

"Электро- и теплотехника"

1. Теоретические основы электротехники

Общая характеристика классического метода анализа переходных процессов в динамических цепях. Анализ переходных процессов в разветвленных цепях 1-го порядка.

Анализ переходных процессов в цепях высокого порядка по уравнениям состояния. Анализ цепей высокого порядка по дискретным резистивным схемам замещения.

Свободный процесс в последовательном RLC-контуре (случаи апериодического, колебательного и критического режимов). Свободный процесс в идеальном LC-контуре.

Определение реакции при воздействии кусочно-линейной формы (метод последовательного дифференцирования, разложение на простейшие составляющие). Определение реакции при воздействии произвольной формы.

Законы Кирхгофа в комплексной форме. Комплексные вольтамперные характеристики элементов цепи. Последовательная RLC-цепь в установившемся синусоидальном режиме. Параллельная RLC-цепь в установившемся синусоидальном режиме.

Мощность в установившемся синусоидальном режиме. Энергетические характеристики элементов цепи. Мощность в комплексной форме. Баланс мощностей. Ограничение угла пассивного двухполюсника.

Законы Кирхгофа и схемы замещения элементов в операторной форме. Расчет переходных процессов в цепях операторным методом.

Передаточная функция цепи и ее связь с дифференциальным уравнением, импульсной, переходной и частотными характеристиками цепи.

Периодические сигналы. Тригонометрические формы ряда Фурье. Ряд Фурье в комплексной форме. Дискретные спектральные характеристики периодического сигнала. Использование преобразования Лапласа для расчета коэффициентов ряда Фурье и спектра периодического сигнала.

Мощность в установившемся периодическом режиме. Действующие значения токов и напряжений. Анализ установившихся периодических режимов в цепях.

Переход от периодических сигналов к апериодическим и от рядов к интегралу Фурье. Связь преобразования Лапласа с односторонним преобразованием Фурье.

Основные понятия и определения индуктивно-связанных цепей. Особенности расчета цепей с магнитными связями. Эквивалентное исключение индуктивных связей.

Последовательное и параллельное соединения индуктивно-связанных элементов. Трансформатор в линейном режиме.

2. Электротехнические комплексы и системы

2.1. Электротехнические комплексы как средство распределения, преобразования и управления потоками энергии для технологических объектов

Современные тенденции в построении систем, управляющих преобразованием электрической энергии в механическую. Технологические комплексы и требования к распределению и преобразованию энергии в них.

Общие закономерностям преобразования, накопления, передачи и использования электрической энергии и электротехнической информации. Принципы и средства управления объектами, определяющие функциональные свойства действующих или создаваемых электротехнических комплексов и систем промышленного, транспортного, бытового и специального назначения.

Общая теория электротехнических комплексов и систем, системные свойства и связи, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем.

Структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления.

2.2. Электромеханика и электрические машины

Основные элементы конструкции и принцип действия двигателя постоянного тока как преобразователя одного вида энергии в другую. Основные элементы конструкции и принцип действия генератора постоянного тока как преобразователя одного вида энергии в другую.

Способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска в ход двигателей постоянного тока.

Основные элементы конструкции и принцип действия асинхронного двигателя как преобразователя одного вида энергии в другую.

Способы пуска в ход асинхронных двигателей. Способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.

Синхронные машины. Основные элементы конструкции, назначение. Способы включения синхронных генераторов на параллельную работу с сетью. Синхронные двигатели. Их достоинства и недостатки. Способы пуска в ход.

2.3. Электропривод как основной элемент производственных объектов

Функции, выполняемые 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.

Расчетные электромеханические характеристики электропривода. Механические устройства. Статические и динамические нагрузки в электроприводе.

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

Многодвигательные электромеханические системы.

Выбор мощности электроприводов. Требования к электроприводам конвейеров. Q-H характеристики насосов и вентиляторов. Требования к электроприводам крановых механизмов. Требования к электроприводам экскаваторов. Требования к регулируемым электроприводам металлорежущих станков. Требования к электроприводам прокатных станов. Требования к электроприводам роботов манипуляторов.

2.4. Микропроцессоры в системах управления электроприводами

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.

2.5. Элементы теории автоматического управления

Уравнения динамической системы в форме переменных состояния: определения, формы записи уравнений. Передаточные матрицы динамической системы. Управляемая каноническая форма матрицы A и ее нахождение по передаточной функции.

Типовые нелинейные характеристики. Гармоническая линеаризация однозначных нелинейностей. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Найквиста.

Математическая модель и структурная схема системы автоматического регулирования скорости с двигателем постоянного тока.

Точность САУ. Установившаяся ошибка и ее определение по теореме о конечном значении. Коэффициенты ошибок, способы их определения.

Восстановление состояния динамической системы с помощью стационарного наблюдателя.

Методика расчета систем подчиненного регулирования.

Модальное управление: основная теорема, методика синтеза модального регулятора, роль стандартных полиномов.

Адаптивная система с эталонной моделью.

Цифровые регуляторы: ПИД-регуляторы и регуляторы состояния

Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ.

2.6. Автоматическое управление электроприводами и электрическими машинами

Основные принципы и структуры систем управления 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.

Методика выбора исполнительного двигателя, связанного с нагрузкой через редуктор.

Виды электрического торможения двигателя постоянного тока.

Электромагнитный момент и электромеханическая характеристика асинхронного двигателя.

Математическая модель двухмассового упругого механического объекта.

Электромеханические свойства двигателя постоянного тока, асинхронного и синхронного двигателя.

Математическая модель и структурная схема системы автоматического регулирования скорости с асинхронным двигателем.

3. Электротехнологии и силовая электроника

3.1. Научно-технические основы электротехнологий.

Классификация электротехнологических установок. Основные методы преобразования электрической энергии в тепловую. Перспективные направления в использовании электроэнергии для технологических процессов.

Использование физического, математического и численного моделирования для решения задач электрического нагрева и его оптимизации. Основные законы подобия и моделирования процессов в электротермических установках.

3.2. Физические принципы и техническая реализация современных электротехнологических процессов и установок.

Эффект теплообразования при прохождении электрического тока по проводнику. Сопротивление проводника. Особенности тепловыделения в сопротивлении. Основные законы теплопередачи от элемента сопротивления к объекту нагрева. Влияние геометрии рабочего пространства и третьих тел на теплопередачу. Основные методы расчёта стационарных и нестационарных тепловых полей. Решение тепловых задач с внутренними источниками тепла.

Перенос и преобразование энергии в электромагнитном поле. Плоская волна, скин-эффект. Процесс взаимодействия электромагнитного поля с металлом. Электромагнитные явления в металлах с постоянной магнитной проницаемостью. Принцип индукционного нагрева. Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности системы «индуктор-металл». Электродинамические процессы в ферромагнитных телах. Источники питания индукционных установок. Механические усилия в электродинамических системах. Взаимодействия электромагнитного поля с плазмой и расплавленным металлом.

Канальные и тигельные печи индукционного нагрева. Магнитогидродинамические процессы в ванне печи. Энергетический баланс установки. Источники питания и электрооборудование тигельных печей. Энергетический баланс канальной печи. Электродинамические явления в каналах печей.

Установки индукционного нагрева на средних и высоких частотах. Установки сквозного нагрева. Выбор основных параметров установок сквозного нагрева. Источники питания и электрооборудование на средних частотах.

Индукционная поверхностная закалка. Зависимость микроструктуры стали от режимов нагрева и охлаждения при закалке. Выбор основных параметров установок индукционной закалки.

Ламповые генераторы. Режимы работы ламповых генераторов. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников. Установки зонной плавки.

Электродуговая сварка. Особенности формирования сварочных дуг. Источники питания сварочных дуг. Плазменно-дуговая сварка и резка металлов. Физические основы плазменной сварки и резки металлов. Контактная сварка. Физические основы электрической контактной сварки. Стыковая сварка. Точечная сварка. Шовная сварка. Электрооборудование установок контактной сварки.

Промышленные лазеры. Физические основы лазерной техники. Принцип действия и характеристики газовых лазеров, лазерные технологии.

3.3. Теоретические основы высокочастотной электротехники

Плоская электромагнитная волна в полубесконечной среде с постоянными физическими параметрами.

Одиночная шина. Система двух шин. Проводящая пластина в продольном магнитном поле.

Сплошной цилиндр в продольном магнитном поле. Полый цилиндр в продольном магнитном поле.

Стадии нагрева стальных заготовок.

Плоская электромагнитная волна в двухслойной среде.

Приближенный расчет параметров коротких индукторов.

3.4. Электронагрев

Термометрия. Температура. Температурные шкалы. Датчики температуры. Вторичные приборы.

Теплообмен теплопроводностью, конвекцией и излучением. Законы теплообмена.

Матричные методы расчёта теплообмена излучением между поверхностями сложной формы.

Нагрев внутренними источниками тепла. Прямой нагрев сопротивлением. Индукционный нагрев. Диэлектрический нагрев. Электрошлаковый переплав.

Нагрев внешними потоками тепла. Косвенный нагрев сопротивлением. Дуговой и плазменный нагрев. Лазерный и электронный лучевой нагрев.

3.5. Источники электропитания электротехнологических установок.

Источники питания электротехнологических установок с первичной энергией в виде электросети промышленной частоты. Система управления режимом работы источника питания.

Источники питания постоянного тока для электротехнологических установок. Основные схемы выпрямления, регулирования тока и напряжения источника питания. Формирования падающих вольтамперных характеристик источника питания. Условия совместимости источников питания с первичной сетью. Коррекция коэффициента мощности источников питания.

Источники питания звуковой и ультразвуковой частот для установок индукционного нагрева. Особенности построения схем инвертирования тока и выбор элементов базы для полупроводниковых источников питания установок индукционного нагрева. Транзисторные генераторы. Индукционный нагреватель, как нагрузка, транзисторного генератора. Согласование транзисторных генераторов с индукционной нагрузкой.

Ламповые генераторы. Основные схемы генерации и регулирования мощности. Генераторные триоды, параметры ламповых генераторов.

3.6. Процессы переработки промышленных отходов

Промышленные отходы. Тепловые потери электротермических установок. Разложение высокотоксичных отходов плазмой. Сжигание горючих отходов.

Переплавление металлических и неметаллических отходов.

Обращение с побочными продуктами процессов переработки промышленных отходов.

Обезвреживание и сушка жидких радиоактивных отходов.

Литература

К разделу 1.

1. Основы теоретической электротехники / Ю.А. Бычков, В.М. Золотницкий, Э. П. Чернышев, А. Н. Белянин. – СПб.: Лань, 2008.

2. Справочник по основам теоретической электротехники: Учебное пособие / Под ред. Ю.А. Бычкова, В.М. Золотницкого, Е.Б. Соловьевой, Э.П. Чернышева. – СПб.: Издательство «Лань», 2012.– 368 с.

3. Сборник задач по основам теоретической электротехники: Учебное пособие / Под ред. Ю. А. Бычкова, В. М. Золотницкого, Э. П. Чернышева, А. Н. Белянина, Е. Б. Соловьевой. – СПб.: Издательство «Лань», 2011.– 400 с.

К разделу 2

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов, - СПб.: Профессия, 2004. – 747 с.

2. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учеб. для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.

3. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М. П. Белов, О. И. Зементов, А. Е. Козярук и др.; Под ред. В. А. Новикова и Л. М. Чернигова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.

4. Ключев В. И. Теория электропривода: Учеб. для вузов / В.И. Ключев. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 697 с.

5. 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.

6. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В. А. Елисеева, А. В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.

7. Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1992.

8. Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1987.

9. Федоров А.А. Основы электроснабжения предприятий. М.: Энергия, 1980.

10. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. М.: Изд-во МЭИ, 2000.

К разделу 3

1. Установки индукционного нагрева. Под ред. Слухоцкого А.Е. Для студентов вузов. М.: Энергоиздат, 1981. 328 с.

2. Электрические промышленные печи. Учебник для вузов. Ч.1. Свенчанский А.Д. Электрические печи сопротивления. Изд. 2-е, перераб. М.: Энергия, 1975. 384 с.

3. Электрические промышленные печи: Дуговые печи и установки специального нагрева. Учебник для вузов/ Свенчанский А.Д. Жердев И.Т., Кручинин А.М. и др.; Под ред. А.Д. Свенчанского. -2-е изд. -М.: Энергоиздат, 1981. 296 с.

4. Слухоцкий А.Е., Рыскин С.Е. Индукторы для индукционного нагрева. Л.: Энергия, 1974. 264с.

5. Головин Г.Ф., Замятин М.М. Высоочастотная термическая обработка. Л.: Машиностроение. 1990. 239 с.
6. Материаловедение. Под ред. Арзамасцева Г.И. Учебник для ВУЗов, М., Металлургия, 1989.
7. Васильев А.С., Гуревич С.Г., Иоффе И.С. Источники питания электротермических установок. М.: Энергоатомиздат, 1985.
8. Дзлийев С.В. Транзисторные генераторы для индукционного нагрева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 143 с.
9. Опре В.М. Основы силовой импульсной техники. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 170 с.
10. Бааке Э., Галунин С.А., Наке Б., Печенков А.Ю., Якович А. и др. Теоретические основы и аспекты электротехнологий. Физические принципы и реализация. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 359 с.