

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет мехатроники и автоматизации

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан ФМА

профессор, д.т.н. Щуров
Николай Иванович

“ ___ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления электроприводов

ООП: специальность 140604.65 Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Шифр по учебному плану: СД.Ф.4

Факультет: мехатроники и автоматизации очная форма обучения

Курс: 4 5, семестр: 8 9

Лекции: 82

Практические работы: 32 Лабораторные работы: 32

Курсовой проект: - Курсовая работа: 9 РГЗ: 8

Самостоятельная работа: 166

Экзамен: 8 Зачет: 9

Всего: 320

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 654500 Электротехника, электромеханика и электротехнологии.(№ 207 тех/дс от 27.03.2000)

СД.Ф.4, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электропривод и автоматизация промышленных установок протокол № 3 от 30.05.2011

Программу разработал

профессор, д.т.н.

Панкратов Владимир Вячеславович

Заведующий кафедрой

доцент, д.т.н.

Аносов Владимир Николаевич

Ответственный за основную образовательную программу

доцент, д.т.н.

Аносов Владимир Николаевич

1. Внешние требования

Индекс дисциплины по ГОС	Основные разделы дисциплины	Всего часов (мин.)
СД.02	<p>Системы управления электроприводов: назначение, классификация систем управления; релейно-контакторные системы; защиты электропривода; методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры; дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах; синтез дискретных систем; построение дискретных систем на основе микросхем; непрерывные системы управления в электроприводах; непрерывные системы управления скоростью электропривода постоянного тока; модальное управление; наблюдающие устройства; адаптивно-модальное управление; адаптивный регулятор тока; системы управления с высокомоментными и вентильными двигателями; непрерывные системы управления скоростью электропривода переменного тока; непрерывные системы управления положением электропривода; режимы позиционирования и слежения; точностные показатели в следящем электроприводе; особенности оптимизации следящих электроприводов с детерминированными и стохастическими воздействиями; цифровые системы управления; особенности учета дискретности по уровню и времени; обобщенная структурная схема и дискретная передаточная функция; синтез цифровых регуляторов; аппаратные и программные реализации цифровых систем.</p>	300

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Требования Государственного образовательного стандарта высшего образования (ГОС) (регистрационный номер 207 тех/дс от 27.03.2000) по направлению подготовки дипломированного специалиста 654500.
Адресат курса	Студенты специальности 140604 - электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов
Основная цель (цели) дисциплины	Обеспечение специальной инженерной подготовки в области автоматического управления устройствами электромеханического преобразования энергии и, в частности, электроприводами различных видов; развитие инженерного мышления; приобретение знаний, необходимых для дипломного проектирования и успешной работы по специальности
Ядро дисциплины	Задачи анализа и синтеза алгоритмов и устройств автоматического управления электроприводами различной структуры и назначения

Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Теория автоматического управления Теория электропривода Основы электроники
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Для успешного изучения дисциплины студенту необходимы знания, получаемые из курсов теоретических основ электротехники, электроники, электрических машин, теории автоматического управления, основ и теории электропривода. Опыт работы на персональном компьютере, знание прикладных программ моделирования динамических систем (MATLAB - Simulink). Опыт практической работы с нагрузочными и лабораторными стендами.
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Использование балльно-рейтинговой системы аттестации. Некоторые дидактические единицы на лекциях рассматриваются обзорно и более подробно изучаются в других дисциплинах учебного плана: релейно-контакторные системы - в курсе теории электропривода; защиты электропривода - при выполнении курсовой работы по СУЭП; методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры, дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах, синтез дискретных систем, построение дискретных систем на основе микросхем - в курсе автоматизации типовых технологических процессов и установок; модальное управление, наблюдающие устройства, адаптивно-модальное управление, дискретная передаточная функция, синтез цифровых регуляторов - в курсе теории нелинейных и специальных систем управления; аппаратные и программные реализации цифровых систем - в курсе микропроцессорных систем управления электроприводами.

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	о множестве задач автоматического управления электроприводами и методах их решения в зависимости от особенностей объекта электропривода
2	о методах анализа, синтеза и оптимизации систем автоматического управления электроприводами
3	о современных проблемах теории автоматического управления электроприводами и новых видах электроприводов и систем управления
знать	
4	основные виды систем электропривода постоянного и переменного тока,

	их особенности и технические возможности
5	методы анализа и синтеза алгоритмов управления типовых систем электропривода
6	основные элементы и устройства систем автоматизированного электропривода и принципы их расчета
уметь	
7	использовать полученные в процессе изучения дисциплины знания при выборе типа электропривода, силового преобразователя электрической энергии и т.п.
8	рассчитывать регуляторы типовых структур систем управления электроприводами и выбирать элементы силовой электроники
иметь опыт (владеть)	
9	расчета типовых структур систем управления электроприводами и устройств силовой электроники
10	моделирования систем и процессов автоматического управления электроприводами

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 8		
Модуль: Системы управления электроприводами постоянного тока.		
Дидактическая единица: Основные понятия и структура дисциплины.		
Введение. Список литературы по дисциплине. Понятия электропривода (ЭП), электромеханического преобразователя электрической энергии, передаточного и управляющего устройств, датчиков и обратных связей. Условные обозначения элементов принципиальных и функциональных схем электроприводов. Классификации систем электропривода. Основные функции систем управления электроприводами (СУЭП). Принципы построения СУЭП. Обобщенная функциональная схема автоматизированного электропривода. Общие требования, предъявляемые к СУЭП.	4	1, 2, 3, 4
Дидактическая единица: Математические модели и способы управления ДПТ НВ.		
Математические модели машины постоянного тока как объекта управления. Дифференциальные уравнения и структурная схема двигателя постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ) при переменном магнитном потоке, основные допущения; линеаризованные модели ДПТ: уравнения, структурные схемы, передаточные функции скорости, момента двигателя и тока якоря по управляющим и возмущающему воздействиям. Способы регулирования ДПТ, передаточные функции и переходные характеристики двигателя для первой зоны регулирования.	4	1, 2, 4, 5, 6
Дидактическая единица: Тиристорные электроприводы постоянного тока.		
Тиристорный ЭП постоянного тока. Вентильный электропривод постоянного тока.	24	1, 2, 4, 5, 6

Схемы и режимы работы вентильных преобразователей (ВП), их внешние и регулировочные характеристики. Скоростные характеристики электропривода с нереверсивным ВП в цепи обмотки якоря. Реверсивные вентильные преобразователи, встречно-параллельное и перекрестное включение вентильных комплектов. Основные функциональные схемы реверсивных ЭП (с реверсом момента по возбуждению и по якорю). Совместное управление, его особенности, линейное согласование регулировочных характеристик реверсивных вентильных комплектов. Способы уменьшения уравнивающих токов. Раздельное управление, функции логики. Сравнение способов управления реверсивными ВП. Управляемые ВП и их характеристики, системы импульсно-фазового управления (СИФУ). ВП как динамическое звено СУЭП. Особенности токоограничения в вентильном электроприводе постоянного тока. Синтез линеаризованных структур автоматизированного вентильного электропривода по методике диаграмм качества.		
Дидактическая единица: Транзисторные электроприводы постоянного тока.		
Транзисторный электропривод постоянного тока. Функциональная схема транзисторного электропривода постоянного тока и ее узлы. Способы управления транзисторным преобразователем в режиме широтно-импульсной модуляции. Регулировочные характеристики широтно-импульсных преобразователей и модуляторов. Основные расчетные соотношения при работе транзисторного преобразователя на цепь якоря ДПТ. Синтез СПР скорости транзисторного электропривода.	8	1, 2, 3, 4, 5, 6
Дидактическая единица: Позиционные и следящие электроприводы.		
Следящие и позиционные системы электропривода. Системы управления положением рабочих органов механизмов. Типовые задающие воздействия систем управления положением электроприводов. Понятия позиционной и следящей системы. Датчики положения. Синтез позиционного ЭП по методике СПР. Влияние параметров регулятора положения на характеристики простейшей следящей системы.	8	1, 2, 3, 4, 5, 6
Семестр: 9		
Модуль: Системы управления электроприводов переменного тока.		
Дидактическая единица: Основные понятия и структура дисциплины.		
Введение. Задачи и структура курса. Назначение, классификация систем управления ЭП; релейно-контакторные системы; защиты электропривода. Обзор типов ЭП постоянного и переменного тока: тиристорные и транзисторные ЭП постоянного тока, асинхронные (АД с кзр - параметрическое и частотное регулирование, векторное управление; фазный ротор - параметрическое регулирование, АВК, МДП с частотным или векторным управлением) и синхронные (с электромагнитным и магнитоэлектрическим возбуждением - параметрическое при запуске, частотное регулирование, векторное управление; бесконтактный двигатель постоянного тока; синхронные реактивные машины, ДЭРы; шаговые и вентильно-индукторный двигатели - SRM); шаговые и гистерезисные двигатели и электроприводы. Непрерывные системы управления, системы управления скоростью и положением электроприводов постоянного и переменного тока, режимы позиционирования и слежения; точностные	2	1, 4

показатели в следящем электроприводе; особенности оптимизации следящих электроприводов.		
Дидактическая единица: Автоматическое управление асинхронными электроприводами.		
<p>Регулируемый асинхронный электропривод.</p> <p>Параметрическое регулирование АД с короткозамкнутым ротором.</p> <p>О возможностях использования схемы замещения.</p> <p>Скоростные характеристики, механические характеристики (с асимптотами и критическими параметрами), формула Клосса, влияние параметров.</p> <p>Реостатный и реакторный пуск.</p> <p>Фазовое регулирование, регулировочная характеристика ТРН (для "длинного" управляющего импульса). Система ТРН-АД - разомкнутая и замкнутая по скорости.</p> <p>СПР с КРТ - схема. Механические характеристики АД при питании от источника тока (с асимптотами и критическими параметрами), характеристики разомкнутой системы ИТ-АД и замкнутой СПР.</p> <p>Допустимые нагрузки в области малых скольжений.</p> <p>Область применения систем ТРН-АД. Системы софт-старта.</p> <p>Частотное регулирование АД с кзр.</p> <p>Определение. Законы типа М.П. Костенко.</p> <p>Характеристики и структуры простейших ЭП без конкретизации вида ПЧ.</p> <p>Векторное управление АД.</p>	22	1, 2, 3, 4, 5, 6
Дидактическая единица: Автоматическое управление синхронными электроприводами.		
<p>Регулируемый синхронный электропривод.</p> <p>Регулируемый синхронный электропривод. Конструкция двигателя, оси ротора. Математическая модель СД с электромагнитным возбуждением в одной оси. Угловая и механические характеристики. СДЭМВ как объект управления. Обобщенная функциональная схема СУЭП. Понятие о рациональных режимах регулирования, векторные диаграммы и годографы векторов токов и потокосцеплений в функции момента, характеристики задатчиков токов якоря и возбуждения в первой зоне регулирования.</p> <p>Регулируемый ЭП на базе СДПМ. Конструкция двигателя.</p> <p>Математическая модель СДПМ, ее особенности, механические характеристики СДПМ. Векторное управление с поперечным током якоря (частотно-токовое - в фазной и вращающейся с.к.). Двухзонное регулирование (с псевдоослаблением потока). Структурная схема ЭП, синтез регуляторов.</p> <p>Бесконтактный двигатель постоянного тока на базе СДПМ (вентильный двигатель), принцип действия (на основе угловых характеристик), опережение угла. Вентильно-индукторный ЭП.</p>	10	1, 2, 3, 4, 5, 6

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 8			
Модуль: Системы управления электроприводами постоянного тока.			
Дидактическая единица: Тиристорные электроприводы постоянного тока.			
Основные методы автоматического управления ЭП	<p>Системы регулирования скорости электроприводов постоянного тока с обобщенным преобразователем.</p> <p>Математическое моделирование электрических машин постоянного тока: дифференциальные уравнения, структурные схемы, передаточные функции, физический смысл основных параметров.</p> <p>Основные показатели и характеристики систем регулирования скорости. Понятие обобщенного преобразователя. Влияние обратных связей по напряжению, току якоря и скорости двигателя на статические (электромеханические) характеристики системы "Обобщенный преобразователь - двигатель" (ОП-Д) с суммирующим усилителем. "Токовая отсечка". Выдача задания на РГР.</p> <p>Синтез и расчет систем подчиненного регулирования скорости электроприводов постоянного тока. Реализация типовых регуляторов на базе операционных усилителей.</p>	8	5, 7, 8, 9
Системы и алгоритмы автоматического управления тиристорными электроприводами	<p>Системы регулирования скорости электроприводов постоянного тока с вентильным преобразователем.</p> <p>Схемы, статические и динамические характеристики электроприводов с вентильными преобразователями - нереверсивными и с контактным реверсом (как по возбуждению, так и по якорю), а также реверсивными - с совместным и отдельным управлением (также два варианта). Построение и анализ временных диаграмм основных переменных в режимах пуска, реверса, торможения, частичного снижения скорости.</p> <p>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА по вопросам, приведенным в методической разработке</p>	8	10, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Семестр: 9			
Модуль: Системы			

управления электроприводами постоянного тока.			
Дидактическая единица: Основные понятия и структура дисциплины.			
Непрерывные системы регулирования координат электроприводов	Студенты изучают функциональную схему, работу и характеристики вентильных ЭП постоянного тока трехфазных на базе мостовых схем выпрямления и реверсивного преобразователя на их основе с отдельным управлением на примере БТУ3601.	2	6, 7, 8
Дидактическая единица: Тиристорные электроприводы постоянного тока.			
Узлы типового тиристорного электропривода с отдельным управлением	Студенты изучают работу узлов схемы управления БТУ3601 по принципиальным схемам и временным диаграммам (регулятор скорости, регулятор и датчик тока, узел зависимого токоограничения, НЗ, ФПЕ и ПК, управляющий орган, формирователь импульсов, усилители импульсов, нагруженные на ИТ, устройство логики и ДПВ, узел защит). Адаптивный регулятор тока.	8	6, 7, 8
Совместное управление реверсивными ТП	Студенты изучают функциональную схему, работу и характеристики вентильных ЭП постоянного тока на базе шестифазных нулевых схем выпрямления и реверсивного преобразователя на их основе с совместным управлением на примере ЭТб.	2	6, 7, 8
Узлы ТП с совместным управлением	Студенты изучают работу узлов схемы управления ЭТб по принципиальным схемам и временным диаграммам (СИФУ, регулятор и датчик тока, регулятор скорости, схема ограничения минимального угла, схема ограничения тока, схема защит).	4	6, 7, 8

Лабораторная работа

Таблица 4.3

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 8			
Модуль: Системы управления электроприводами постоянного тока.			
Дидактическая единица: Тиристорные электроприводы постоянного тока.			
Системы управления	Студенты изучают назначение, принципы	8	10, 6, 8, 9

электроприводами. Вентильный электропривод с раздельным управлением	работы, схемы и функционирование узлов комплектного тиристорного электропривода с раздельным управлением реверсивными комплектами, статические и динамические характеристики		
Исследование тиристорного электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием	Студенты изучают назначение, принципы работы, схемы и функционирование узлов комплектного тиристорного электропривода с совместным управлением реверсивными комплектами, статические и динамические характеристики	8	10, 6, 8, 9
Семестр: 9			
Модуль: Системы управления электроприводов переменного тока.			
Дидактическая единица: Автоматическое управление асинхронными электроприводами.			
Исследование характеристик станции группового частотного управления электроприводами насосных агрегатов СЧ-400	Студенты изучают функции, процедуры наладки и осваивают работу станции СЧ- 400	8	10, 7, 8, 9
Исследование характеристик асинхронного электропривода с векторным или частотно-токовым управлением	Студенты изучают процессы, динамические и статические характеристики электроприводов "ЭРАТОН", "ИРБИ" или "Размер". Сопоставляют результаты теории и эксперимента	8	10, 7, 8, 9

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 8, Контрольные работы

Принципы автоматического регулирования координат электроприводов, 10 часов

Семестр- 8, РГЗ

Проектирование системы подчиненного регулирования скорости электропривода типа "тиристорный возбудитель - генератор - двигатель", 40 часов

Семестр- 8, Подготовка к экзамену

По экзаменационным вопросам, выдаваемым преподавателем, 40 часов.

Семестр- 8, Подготовка к занятиям

Подготовка докладов по изучаемым темам, 10 часов

Семестр- 9, Подготовка к зачету

По списку вопросов, выдаваемых преподавателем, 20 часов

Семестр- 9, Курсовая работа

Проектирование типового тиристорного электропривода постоянного тока, 30 часов

Семестр- 9, Индив. работа

Работа с преподавателем по теме курсовой работы - 8 часов

Семестр- 9, Подготовка к занятиям

Подготовка докладов по изучаемым темам, 8 часов

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Оценка деятельности студентов осуществляется по балльно-рейтинговой системе. Примеры экзаменационных билетов приведены в разделе 9.

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Терехов В. М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов по специальности "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" направления подготовки дипломированных специалистов 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / В. М. Терехов, О. И. Осипов ; под ред. В. М. Терехова. - М., 2006. - 299, [1] с. : ил., схемы - Рекомендовано УМО.
2. Симаков Г. М. Системы автоматического управления электроприводов металлорежущих станков / Г. М. Симаков. - Новосибирск, 2007. - 299 с. : схемы

В электронном виде

1. Симаков Г. М. Системы автоматического управления электроприводов металлорежущих станков / Г. М. Симаков. - Новосибирск, 2007. - 299 с. : схемы. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/simakov.pdf>

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Терехов В. М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. - М., 2005. - 299, [1] с. : ил., схемы - Рекомендовано УМО.
2. Панкратов В. В. Векторное управление асинхронными электроприводами : учебное пособие для 4-5 курсов ЭМФ / В. В. Панкратов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1999. - 66 с. : схемы
3. Панкратов В. В. Энергооптимальное векторное управление асинхронными электроприводами : учебное пособие / В. В. Панкратов, Е. А. Зима ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 118, [1] с. : ил

В электронном виде

1. Панкратов В. В. Энергооптимальное векторное управление асинхронными электроприводами : учебное пособие / В. В. Панкратов, Е. А. Зима ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 118, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2005/pankratov.rar>

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Абакумов И. Д. Теория электропривода : учебно-методическое пособие / И. Д. Абакумов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 70, [1] с. : ил., табл.
2. Теория электропривода : методические указания к лабораторным работам / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Д. Абакумов и др.]. - Новосибирск, 2008. - 46, [1] с. : ил., схемы

В электронном виде

1. Абакумов И. Д. Теория электропривода : учебно-методическое пособие / И. Д. Абакумов ; Новосибир. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 70, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/abaku.rar>

8.2 Программное обеспечение

2. MathWorks, Matlab Simulink, Моделирование электромагнитных процессов

1. Microsoft Corporation, Office XP, Офисный пакет приложений

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Министерство
образования и науки РФ

Билет № 1

НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

По дисциплине СУЭП

Факультет ФМА Курс V

1. Параметрическое регулирование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Фазовое управление. Системы "ТРН-АД" - разомкнутые и с обратными связями. Область применения, допустимые нагрузки.

2. Схема защиты ЭТ-6.

Составил: проф. Панкратов В.В. Дата 19. 12. 2009 г.

Утверждаю: Зав. кафедрой _____

Министерство
образования и науки РФ

Билет № 2

НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

По дисциплине СУЭП

Факультет ФМА Курс V

1. Частотное регулирование АД. Закон М.П. Костенко. IR-компенсация. Обобщенная структурно-функциональная схема электропривода с частотным регулированием.

2. Схема источника питания ЭТ-6.

Составил: проф. Панкратов В.В. Дата 19. 12. 2009 г.

Утверждаю: Зав. кафедрой _____

Министерство
образования и науки РФ

Билет № 3

НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

По дисциплине СУЭП

Факультет ФМА

Курс V

1. Непосредственные преобразователи частоты. Схемы, особенности и характеристики.
Функциональная схема электропривода на базе НПЧ.

2. Регуляторы скорости и тока ЭТ-6.

Составил: проф. Панкратов В.В.

Дата 19. 12. 2009 г.

Утверждаю: Зав. кафедрой _____
