

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

Теория нелинейных и специальных систем управления

ООП: направление 140600.62 Электротехника, электромеханика и электротехнологии

Шифр по учебному плану: СД(М).Р.1

Факультет: мехатроники и автоматизации очная форма обучения

Курс: 4, семестр: 7 8

Лекции: 64

Практические работы: 32 Лабораторные работы: 32

Курсовой проект: - Курсовая работа: 7 РГЗ: 8

Самостоятельная работа: 124

Экзамен: 7 Зачет: 8

Всего: 258

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 551300 Электротехника, электромеханика и электротехнологии.(№ 208 тех/бак от 27.03.2000)

СД(М).Р.1, дисциплины национально- регионального (вузовского) компонента

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

Программу разработал

доцент, д.т.н.

Аносов Владимир Николаевич

Заведующий кафедрой

доцент, д.т.н.

Аносов Владимир Николаевич

Ответственный за основную образовательную программу

доцент, д.т.н.

Аносов Владимир Николаевич

профессор, д.т.н.

Алиферов Александр Иванович

профессор, д.т.н.

Шевченко Александр Федорович

профессор, д.т.н.

Щуров Николай Иванович

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
СД(М).Р.1	Концептуальная записка по направлению подготовки 140600-Электротехника, электромеханика и электротехнологии. Теория нелинейных и специальных систем управления. Сравнительная оценка динамических свойств; классификация нелинейных звеньев. Способы построения нелинейных характеристик. Понятия о фазовом пространстве; метод фазовой плоскости; метод точечных преобразований; метод "припасовывания" граничных значений. Основы метода; проверка гипотезы фильтра; метод Гольдфарба; устойчивость автоколебаний. Определение абсолютной устойчивости; критерий В.М. Попова; абсолютная устойчивость процессов. Понятия об импульсных системах; классификация импульсных элементов. Основные характеристики импульсных элементов; понятия о решетчатых функциях и конечных разностях; метод Z-преобразования и его свойства; Уравнения и передаточные функции разомкнутых и замкнутых импульсных систем. Общие условия устойчивости; методы оценки устойчивости. Особенности определения показателей качества; методы оценки качества. Применение непрерывных корректирующих устройств; применение дискретных корректирующих устройств. Основные вероятностные характеристики случайных величин; случайные процессы и их основные статистические характеристики. Понятие стационарности; свойство эргодичности; корреляционные функции случайных процессов; спектральная плотность. Связь между спектральными плотностями на входе и выходе линейной САУ; расчет основных статистических характеристик САУ; синтез линейных САУ с минимальной средней квадратичной ошибкой. Характеристика современного этапа развития ТАУ; современные аппаратные средства (обзор); общие понятия ТАУ. Основные понятия о координатах и пространстве состояний; Переход к моделям в пространстве состояний. Понятие модального управления; модальное управление при полных измерениях; модальное управление при неполных измерениях. Метод больших коэффициентов; метод скользящих режимов; метод локализации. Понятие адаптации; системы с эталонной моделью; экстремальные системы. Постановка задачи оптимального управления; законы оптимального управления; критерии оптимальности. Простейшая задача классического вариационного исчисления; Оптимальное управление по минимуму тепловых потерь; Задача об условном экстремуме функционала. Принцип максимума Л.С. Понтрягина; синтез оптимальных по быстродействию программных управлений. Принцип оптимальности в методе динамического программирования; процедура нахождения оптимального управления. Решение многомерных ЛК-задач; вырожденные ЛК-задачи.	258

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	Решение Учёного совета ЭМФ, протокол №2 от 20. 02. 2008 г.
Адресат курса	Студенты направления 140600 - Электротехника, электромеханика и электротехнологии, ориентированные на продолжение обучения в магистратуре и по специальности: 140604 - Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов.
Основная цель (цели) дисциплины	Обеспечение специальной общетехнической подготовки в области автоматического управления техническими устройствами различных видов; развитие инженерного мышления; приобретение знаний, необходимых для выполнения выпускной квалификационной работы, продолжения обучения по избранной специальности и успешной работы в соответствии с квалификационными требованиями. Получение широкого представления о современных системах автоматического управления, изучение основ теории нелинейных и специальных систем управления, получение практических навыков анализа и синтеза названных систем, приобретение опыта их структурного моделирования на компьютерах
Ядро дисциплины	Задачи и методы анализа и синтеза алгоритмов и устройств автоматического управления различной структуры и назначения.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра, изучению программ магистра и дипломированного специалиста. Полученные знания могут быть использованы практически во всех курсах .
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. Студент должен знать основные разделы теории дифференциальных уравнений, методы решения дифференциальных уравнений, теорию функций комплексного переменного, методы анализа и синтеза линейных систем автоматического управления
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Особенности организации учебного процесса по дисциплине - по всем видам учебной работы предусмотрена балльно-рейтинговая система оценки выполнения работ. Каждый вид учебной работы в семестре и экзамен оцениваются предварительным и окончательным баллом. □ Окончательный балл зависит от своевременности и качества выполнения каждого вида учебной работы. Баллы, полученные при

	выполнении и защите соответствующих работ учитываются в балльно-рейтинговой системе оценки работы в семестре (См. пункт 6.).
--	--

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	О различных подходах при анализе и синтезе нелинейных и специальных систем управления
2	О современных тенденциях развития теории автоматического управления
3	О множестве задач автоматического управления техническими объектами и современных методах их решения
знать	
4	Особенности исследования динамики нелинейных и специальных систем по сравнению с линейными
5	Методы анализа и синтеза нелинейных и специальных систем управления
6	Методы структурного моделирования САУ
7	Статистические характеристики случайных процессов
8	Основные принципы построения современных систем автоматического управления и регулирования, виды математических моделей объектов и алгоритмов управления, основные методы анализа и синтеза оптимальных, экстремальных и адаптивных систем, области применения и особенности этих методов
уметь	
9	Использовать методы линейной ТАУ для анализа и синтеза нелинейных и специальных САУ
10	Использовать изученные методы для синтеза нелинейных и специальных систем управления
11	Самостоятельно и целенаправленно выбрать метод синтеза системы автоматического управления техническим объектом в зависимости от предъявляемых к ней требований и модели объекта
иметь опыт (владеть)	
12	Снятия и построения переходных и частотных характеристик элементов и систем автоматического управления
13	Обработки статистического материала
14	Преобразования структурных схем нелинейных и специальных САУ
15	Структурного и параметрического синтеза оптимальных систем автоматического управления одно- и многосвязными объектами и алгоритмов управления для одноканальных нелинейных и нестационарных систем, расчета корректирующих устройств систем автоматического управления, их статических и динамических характеристик
16	Цифрового моделирования систем и процессов автоматического управления

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 7		
Модуль: Нелинейные САУ		
Дидактическая единица: Сравнительная оценка динамических свойств; классификация нелинейных звеньев.		
Нелинейные САУ и их особенности. Сравнительная оценка динамических свойств линейных и нелинейных САУ. Классификация нелинейных звеньев. Примеры нелинейных систем автоматического управления.	2	1, 2, 4
Дидактическая единица: Способы построения нелинейных характеристик		
Статика нелинейных систем. Последовательное соединение нелинейных звеньев. Параллельное соединение нелинейных звеньев. Нелинейное звено с нелинейной обратной связью.	2	1, 5
Дидактическая единица: Понятия о фазовом пространстве; метод фазовой плоскости; метод точечных преобразований; метод "припасовывания" граничных значений.		
Метод фазовой плоскости. Понятия о фазовом пространстве, изображающей точке, фазовом портрете. Метод фазовой плоскости. Уравнения фазовых траекторий. Метод изоклин. Особые точки. Предельные циклы. Метод точечных преобразований. Функция последования. Определение возможности возникновения автоколебаний, параметров автоколебаний, их устойчивости. Метод "припасовывания" граничных значений. Примеры. Построение переходного процесса по фазовой траектории.	4	1, 14, 4, 5, 9
Дидактическая единица: Основы метода; проверка гипотезы фильтра; метод Гольдфарба; устойчивость автоколебаний.		
Основы метода гармонической линеаризации. Основные понятия. Проверка гипотезы фильтра. Коэффициенты гармонической линеаризации нелинейных звеньев. Метод Гольдфарба. Устойчивость автоколебаний. Параметры автоколебаний. Пример.	4	1, 12, 14, 4, 5
Дидактическая единица: Определение абсолютной устойчивости; критерий В.М. Попова; абсолютная устойчивость процессов.		
Абсолютная устойчивость нелинейных САУ. Определение абсолютной устойчивости. Геометрическая интерпретация. Критерий В.М. Попова для систем с устойчивой линейной частью. Абсолютная устойчивость нелинейной САУ с неустойчивой и нейтрально устойчивой линейной частью. Абсолютная устойчивость процессов в нелинейной САУ. Пример.	4	12, 14, 2, 5, 9
Модуль: Линейные импульсные САУ.		
Дидактическая единица: Понятия об импульсных системах; классификация импульсных элементов.		
Введение Понятия об импульсных системах. Виды квантования сигнала. Классификация импульсных элементов. Типы модуляции. Примеры дискретных САУ.	2	1, 5, 9
Дидактическая единица: Основные характеристики импульсных		

элементов; понятия о решетчатых функциях и конечных разностях; метод Z-преобразования и его свойства; Уравнения и передаточные функции разомкнутых и замкнутых импульсных систем.		
Математическое описание линейных импульсных систем . Основные характеристики импульсных элементов. Теорема Котельникова. Понятия о решетчатых функциях и конечных разностях. Разностные уравнения. Пример составления разностного уравнения. Метод Z-преобразования и его свойства. Примеры определения Z-изображений. Уравнения и передаточные функции разомкнутых импульсных систем. Пример нахождения дискретной передаточной функции. Передаточные функции замкнутых импульсных систем.	4	1, 5, 9
Дидактическая единица: Общие условия устойчивости; методы оценки устойчивости.		
Устойчивость импульсных систем. Общие условия устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости. Частотные критерии устойчивости: критерий Михайлова, критерий Найквиста, исследование устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.	4	1, 12, 14, 5, 9
Дидактическая единица: Особенности определения показателей качества; методы оценки качества.		
Анализ качества импульсных систем. Особенности определения показателей качества. Точность регулирования. Степень устойчивости. Аналоги интегральных оценок. Частотные методы оценки качества импульсных систем.	2	1, 12, 5, 9
Дидактическая единица: Применение непрерывных корректирующих устройств; применение дискретных корректирующих устройств.		
Синтез импульсных САУ. Применение непрерывных корректирующих систем. Последовательная коррекция. Параллельная коррекция. Применение дискретных корректирующих устройств. Параллельная коррекция. Последовательная коррекция.	2	1, 10, 12, 4, 5
Модуль: Линейные САУ при случайных воздействиях		
Дидактическая единица: Основные вероятные характеристики случайных величин; случайные процессы и их основные статические характеристики.		
Линейные САУ при случайных воздействиях Основные вероятные характеристики дискретных случайных величин: законы распределения, математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение; вероятностные характеристики непрерывных случайных величин: интегральный и дифференциальный законы распределения, математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение; случайные процессы и их основные статические характеристики: реализация случайного процесса, сечение случайного процесса, функции распределения и плотности вероятности различного порядка, математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение.	2	1, 13, 7
Дидактическая единица: Понятие стационарности; свойство эргодичности; корреляционные функции случайных процессов; спектральная плотность.		
Стационарные случайные процессы Понятие стационарности, свойство эргодичности, среднее по множеству и среднее по времени, корреляционные функции случайных процессов,	2	1, 13, 7

стационарность в "широком" и "узком" смысле, центрированная корреляционная функция, взаимная корреляционная функция, свойства корреляционной функции, экспериментальное определение корреляционной функции; спектральная плотность: связь спектральной плотности с корреляционной функцией, взаимные спектральные плотности, свойства спектральной плотности, физический смысл спектральной плотности.		
Дидактическая единица: Связь между спектральными плотностями на входе и выходе линейной САУ; расчет основных статистических характеристик САУ; синтез линейных САУ с минимальной средней квадратичной ошибкой		
Прохождение случайного сигнала через линейную САУ Связь между спектральными плотностями на входе и выходе линейной САУ, связь между входом и выходом САУ при наличии двух случайных процессов, расчет основных статистических характеристик САУ при случайных воздействиях; синтез линейных САУ с минимальной средней квадратичной ошибкой: постановка задачи, синтез при заданной структуре системы, синтез при произвольной структуре системы.	2	1, 10, 13, 5, 7
Семестр: 8		
Модуль: Этапы развития теории автоуправления		
Дидактическая единица: Характеристика современного этапа развития ТАУ; современные аппаратные средства (обзор); общие понятия ТАУ.		
Введение. Этапы развития теории автоуправления, их характерные черты. Характеристика современного этапа развития ТАУ как прикладной науки, его особенности: 1) использование математического аппарата метода пространства состояний, 2) оптимизация "в большом" для достижения конечной цели управления на основе методов оптимального управления, 3) использование моделей процесса не только при разработке систем, но и в процессе управления, 4) компенсация неполноты априорной информации средствами оценивания (наблюдения), параметрической идентификации и адаптации. Современные аппаратные средства (обзор). Множество рассматриваемых в курсе моделей управляемых процессов - детерминированные системы обыкновенных дифференциальных уравнений (линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных, как правило, неавтономных). Общие понятия ТАУ: устойчивость, управляемость и стабилизируемость, наблюдаемость и восстанавливаемость. Виды систем управления - программные и стабилизирующие (с обратными связями), возможность компенсации	2	3, 8
Модуль: Пространство состояний		
Дидактическая единица: Основные понятия о координатах и пространстве состояний; Переход к моделям в пространстве состояний		
Метод пространства состояний. Основные понятия о координатах и пространстве состояний. Естественный характер описания динамических систем в нормальной форме Коши, примеры. Переход к моделям в пространстве состояний от уравнений в виде "вход - выход" и дробно-рациональных передаточных функций (для одноканальных САУ). Метод последовательного программирования (для	2	11, 3, 8

"правильных" и "неправильных" объектов). Пример формирования модели по структурной схеме САУ.		
Модуль: Модальное управление		
Дидактическая единица: Понятие модального управления; модальное управление при полных измерениях; модальное управление при неполных измерениях		
Метод модального управления. Понятие модального управления. Управляемость линейных стационарных систем с позиций модального метода, условия полной управляемости. Неполная управляемость и ее структурная интерпретация, стабилизируемость линейных объектов. Модальное управление при полных измерениях. Структура САУ. Стандартные линейные формы (настройки САУ). Модальное управление при неполных измерениях. Полная и неполная наблюдаемость, их структурная интерпретация. Наблюдатели Люенбергера полного порядка. Свойства систем с модальным управлением и наблюдателями полного порядка, их структура. и методика синтеза. Наблюдатели Люенбергера пониженного порядка. Методика синтеза САУ с наблюдателями пониженного порядка, их свойства и структура. Преимущества и недостатки модального метода синтеза. О возможности компенсации "левых" нулей одноканального объекта. Модифицированный модальный метод.	4	11, 15, 3, 8
Модуль: Синтез систем автоматического управления		
Дидактическая единица: Метод больших коэффициентов; метод скользящих режимов; метод локализации.		
Методы синтеза систем автоматического управления одноканальными нелинейными и нестационарными объектами. Метод больших коэффициентов, прием разделения движений, структура и методика синтеза САУ. Пример синтеза системы управления объектом второго порядка. Дифференцирующие фильтры, их функции и влияние на динамику САУ. Метод скользящих режимов: понятие о скользящих режимах, структура закона управления и САУ, условия устойчивости: локальные и метод эквивалентного управления. Пример синтеза системы управления объектом второго порядка. Метод локализации: управление по старшей производной. Структура системы и методика синтеза. Пример синтеза системы управления объектом второго порядка.	4	11, 15, 3, 8
Модуль: Адаптивное управление.		
Дидактическая единица: Понятие адаптации; системы с эталонной моделью; экстремальные системы.		
Введение в адаптивное управление. Понятие адаптации - сигнальной и параметрической. Системы с эталонной моделью. Адаптация с идентификацией. Экстремальные системы.	2	11, 3, 8
Модуль: Оптимальное управление		
Дидактическая единица: Постановка задачи оптимального управления; законы оптимального управления; критерии оптимальности.		
Введение в оптимальное управление. Общая постановка задачи оптимального управления динамическим объектом. Виды законов оптимального управления. Примеры критериев оптимальности. Сравнительный обзор методов и алгоритмов оптимального управления.	2	11, 3, 8
Дидактическая единица: Простейшая задача классического		

вариационного исчисления; Оптимальное управление по минимуму тепловых потерь; Задача об условном экстремуме функционала.		
Решение задач оптимального управления методами классического вариационного исчисления. Простейшая задача классического вариационного исчисления. Уравнения Эйлера и Эйлера - Пуассона. Нахождение оптимального характеристического полинома непрерывной линейной системы и его реализация модальным методом. Оптимальное по минимуму тепловых потерь позиционное управление двигателем постоянного тока. Задача об условном экстремуме функционала. Прием Лагранжа, метод множителей Лагранжа, его место среди методов синтеза оптимальных управлений. Решение задачи оптимального по минимуму тепловых потерь позиционного управления двигателем постоянного тока методом Лагранжа.	4	11, 15, 3, 8
Дидактическая единица: Принцип максимума Л.С. Понтрягина; синтез оптимальных по быстродействию программных управлений.		
Неклассическое вариационное исчисление Принцип максимума Л.С. Понтрягина, его место среди методов оптимального управления. Синтез оптимальных по быстродействию программных управлений с помощью принципа максимума, оптимальное по быстродействию управление линейными объектами, теорема об n интервалах (Айзерман). Синтез оптимального по быстродействию программного управления током якоря ДПТ в позиционном электроприводе. Синтез оптимальной по быстродействию САУ током позиционного электропривода в классе законов управления с обратной связью.	2	11, 15, 3, 8
Дидактическая единица: Принцип оптимальности в методе динамического программирования; процедура нахождения оптимального управления.		
Метод динамического программирования. Принцип оптимальности в методе динамического программирования, функциональное уравнение метода, интерпретация понятия "динамическое программирование". Процедура нахождения оптимального управления. Примеры. Достоинства и недостатки метода, его место в кругу методов оптимального управления динамическими объектами.	4	11, 15, 3, 8
Дидактическая единица: Решение многомерных ЛК-задач; вырожденные ЛК-задачи.		
Линейно-квадратичные задачи оптимального управления. Решение многомерных ЛК-задач методами динамического программирования и Л.С. Понтрягина в классе законов управления с обратной связью. Вырожденные ЛК-задачи, переход к алгоритмам управления с большими коэффициентами и скользящими режимами.	2	11, 15, 3, 8

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 7			
Дидактическая единица: Понятия о фазовом пространстве; метод фазовой плоскости; метод точечных			

преобразований; метод "припасовывания" граничных значений.			
Метод фазовой плоскости	Изучаются методы анализа нелинейных САУ 2-го порядка	4	4, 5
Дидактическая единица: Основы метода; проверка гипотезы фильтра; метод Гольдфарба; устойчивость автоколебаний.			
Метод гармонической линеаризации	Изучаются методы анализа нелинейных САУ 3-го порядка	4	4, 5, 6, 9
Дидактическая единица: Определение абсолютной устойчивости; критерий В.М. Попова; абсолютная устойчивость процессов.			
Критерий В.М. Попова	Использование критерия абсолютной устойчивости для анализа нелинейных САУ	2	4, 5
Дидактическая единица: Основные характеристики импульсных элементов; понятия о решетчатых функциях и конечных разностях; метод Z-преобразования и его свойства; Уравнения и передаточные функции разомкнутых и замкнутых импульсных систем.			
Математическое описание линейных импульсных систем	Нахождение дискретных передаточных функций, составление и преобразование структурных схем	2	4, 5, 9
Дидактическая единица: Общие условия устойчивости; методы оценки устойчивости.			
Устойчивость линейных импульсных систем	Изучение особенностей применения критериев устойчивости для анализа линейных импульсных систем	2	4, 5, 9
Дидактическая единица: Особенности определения показателей качества; методы оценки качества.			
Качество управления в линейных импульсных системах	Закрепление знаний по использованию прямых и косвенных методов оценки показателей качества управления	2	4, 5, 9
Дидактическая единица: Применение непрерывных корректирующих устройств; применение дискретных корректирующих устройств.			
Синтез корректирующих устройств в линейных импульсных системах	Изучаются особенности применения методов синтеза непрерывных систем для линейных импульсных САУ	2	4, 5, 9

Семестр: 8			
Дидактическая единица: Понятие модального управления; модальное управление при полных измерениях; модальное управление при неполных измерениях			
Модальный метод синтеза и наблюдатели	Синтез систем модальным методом при полных измерениях.	4	11, 15
Модальный метод синтеза и наблюдатели	Синтез наблюдателей полного и пониженного порядков.	4	11, 15
Модальный метод синтеза и наблюдатели	Синтез систем модифицированным модальным методом.	6	11, 15

Лабораторная работа

Таблица 4.3

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 7			
Дидактическая единица: Способы построения нелинейных характеристик			
Исследование статических характеристик нелинейных звеньев	Изучение принципов настройки нелинейных блоков и исследование статических характеристик при разных способах соединения звеньев	4	10, 16, 4, 6
Дидактическая единица: Понятия о фазовом пространстве; метод фазовой плоскости; метод точечных преобразований; метод "припасовывания" граничных значений.			
Исследование нелинейной САУ 2-го порядка	Исследование переходных процессов и фазовых траекторий в нелинейной САУ	4	12, 4, 6
Дидактическая единица: Основы метода; проверка гипотезы фильтра; метод Гольдфарба; устойчивость автоколебаний.			
Исследование нелинейной САУ 3-го порядка	Исследование параметров линейной части системы и нелинейного звена на динамические свойства нелинейной САУ	4	12, 4, 6
Дидактическая единица: Особенности определения показателей качества; методы оценки качества.			
Исследование линейной импульсной системы	Исследовать динамические свойства системы с АИМ. Установить влияние параметров импульсного элемента и непрерывной части	6	12, 4, 6

	системы на её динамику		
Семестр: 8			
Дидактическая единица: Понятие модального управления; модальное управление при полных измерениях; модальное управление при неполных измерениях			
Синтез САУ модальным методом	Студенты приобретают навыки синтеза систем автоматического управления модальным методом и их цифрового моделирования.	4	15, 16
Синтез и цифровое моделирование наблюдателей	Студенты приобретают навыки синтеза и цифрового моделирования наблюдателей Люенбергера.	4	15, 16
Синтез САУ модифицированным модальным методом	Студенты приобретают навыки синтеза систем автоматического управления модифицированным модальным методом и их цифрового моделирования.	6	15, 16

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 7, Контрольные работы

На 7-й и 13-й контрольных неделях проводится проверка текущих знаний студентов по пройденному материалу. Результаты оцениваются по трехбалльной шкале.

Семестр- 7, Курсовая работа

Целью курсовой работы является приобретение навыков самостоятельного решения задач по исследованию нелинейных систем автоматического управления.

Каждому студенту выдается свой вариант нелинейных САУ в виде структурных схем и значений параметров.

Для исследования системы второго порядка используется метод фазовой плоскости, для третьего порядка - метод гармонической линеаризации. Динамика нелинейных САУ рассчитывается на вычислительных машинах. На самостоятельную работу студенту отводится 15 часов.

Семестр- 7, Индив. работа

Индивидуальная работа (6 часов) сводится к выполнению разделов курсовой работы в соответствии с заданием.

Семестр- 7, Подготовка к занятиям

Самостоятельная работа студентов (30 часов) охватывает: подготовку к выполнению лабораторных работ, подготовку к лекциям и проработку лекционного материала к экзамену, подготовку к практическим занятиям, выполнение и подготовку к защите расчетно-графической работы, подготовку к контрольной работе.

Семестр- 8, Подготовка к зачету

К зачету допускаются студенты, выполнившие контрольную работу, выполнившие и защитившие все лабораторные работы и расчетно-графическую работу. Перечень вопросов для подготовки к зачету приведен в пункте 9.

Семестр- 8, Контрольные работы

Контрольная работа проводится по вопросам, приведенным в учебном пособии [ОЛ. 3].

Семестр- 8, РГЗ

В течение семестра студенты выполняют расчетно-графическую работу, которая охватывает темы практической части курса (51 час).

Цель. Привить студентам навыки самостоятельного расчета и цифрового моделирования непрерывных систем автоматического управления.

Задание на расчетно-графическую работу изложено в учебном пособии [ОЛ.3].

Семестр- 8, Подготовка к занятиям

Самостоятельная работа студентов (28 часов) охватывает: подготовку к выполнению лабораторных работ, подготовку к лекциям и проработку лекционного материала к зачету, подготовку к практическим занятиям, выполнение и подготовку к защите расчетно-графической работы, подготовку к контрольной работе.

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Оценка выполнения всех видов учебных работ по изучаемой дисциплине производится по балльно-рейтинговой системе. Всего на дисциплину выделено 100 баллов. В том числе: на работу в семестре - 60 баллов, на экзамен - 40 баллов.

6.1 Балльно-рейтинговая система оценки по лабораторным работам

Оценка выполнения каждой лабораторной работы производится предварительным (2.5 баллов) и окончательным баллом.

Предварительный балл уменьшается в следующих случаях:

- 1) Отсутствие основы отчёта к лабораторной работе - на 0.5 балла,
- 2) Оформление отчёта не в соответствии с ГОСТ и образцом - на 0.5 балла,
- 3) Защита лабораторной работы после установленного срока - на 0.5 балла.

Окончательный балл - это разность между предварительным баллом и суммой снятых баллов по пунктам 1), 2) и 3).

Общий окончательный балл по лабораторным работам №1, №2 и №3 включается в сумму баллов по работе в семестре.

6.2 Балльно-рейтинговая система оценки по практическим занятиям

Оценка выполнения каждого задания по практическим работам производится предварительным (5 баллов) и окончательным баллом.

Предварительный балл уменьшается в следующих случаях:

- 1) Задание не сдано в срок - на 1.0 балл,
- 2) Оформление отчёта не соответствует ГОСТ- на 0.5 балла,
- 3) Наличие грубых ошибок - на 1.0 балл.

Окончательный балл - это разность между предварительным баллом и суммой снятых баллов по пунктам 1), 2) и 3).

Общий окончательный балл по заданиям №1 и №2 включается в сумму баллов по работе в семестре.

6.3 Балльно-рейтинговая система оценки по курсовой работе

Оценка выполнения каждого задания по курсовой работе производится предварительным (10.0 баллов) и окончательным баллом.

Предварительный балл уменьшается в следующих случаях:

- 1) Задание не сдано в срок - на 4.0 балл,
- 2) Оформление отчёта не соответствует ГОСТ - на 2 балла,
- 3) Наличие грубых ошибок - на 2 балла.

При несамостоятельном выполнении задания предварительный балл аннулируется, а студенту выдаётся другой вариант на курсовую работу.

Замечания и ошибки, выявленные преподавателем по предыдущим заданиям, должны быть устранены при сдаче последующих заданий (исправленное предыдущее задание вкладывается в последующее). При неустранении замечаний или ошибок в предыдущем задании снимается 1 балл.

При отличной защите курсовой работы студент получает 20 баллов, при хорошей -15 баллов, при посредственной -10 баллов, при неудовлетворительной - 0 баллов. При оценке 0

баллов назначается повторная защита. Оценка повторной защиты не должна превышать 10 баллов.

Балльно-рейтинговая оценка работы в семестре определяется суммой окончательных баллов, набранных студентом за все виды учебной работы, включая защиту курсовой работы.

Балльно-рейтинговая оценка на экзамене зависит от уровня усвоения всей программы по дисциплине "Теория автоматического управления". Так же, как и при защите курсовой работы, студент может получить 40, 30, 20 и 0 баллов. При нуле баллов экзамен следует пересдать. Однако оценка в этом случае не должна превышать 20 баллов.

Итоговая балльно-рейтинговая оценка по дисциплине определяется общей суммой окончательных баллов, набранных студентом за работу в семестре и на экзамене по 15-уровневой шкале ECTS .

6.4. Оценка деятельности студентов в 8-м семестре

Лекции - Работа на лекции (контроль знаний) - 1 лекция (один ответ) - 2,0 б.

Всего- 20 б.

Практические занятия - Контроль знаний и текущая работа - 1 занятие (1 ответ) - 2,0 б.

Всего- 25 б.

РГР или Курсовая работа - Своевременное выполнение работы - 25 б. - в отведенные сроки;

10 б. - с опозданием более чем на неделю

Всего- 25 б.

Контрольная работа - Успешное выполнение - 10 б. - правильно;

5 б. - правильно не менее 50%

Всего-10 б.

Итого: 80 б.

Зачетное занятие: Ответы на вопросы или тесты - 20 б. * доля правильных ответов

Всего-20 б.

Всего- 100 б.

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления : [линейные системы, нелинейные системы, импульсные системы, цифровые и адаптивные системы, критерии устойчивости, случайные процессы] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - СПб., 2004. - 747 с. : ил.
2. Востриков А. С. Основы теории непрерывных и дискретных систем регулирования : учебное пособие / А. С. Востриков, Г. А. Французова, Е. Б. Гаврилов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 476 с.
3. Панкратов В. В. Специальные разделы современной теории автоматического управления / В. В. Панкратов, Е. А. Зима, О. В. Нос ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 218, [1] с. : ил.
4. Панкратов В. В. Специальные разделы теории автоматического управления. Ч. 1 : учебное пособие / В. В. Панкратов, О. В. Нос ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2001. - 47 с. : схемы
5. Панкратов В. В. Специальные разделы теории автоматического управления. Ч. 2 / В. В. Панкратов, О. В. Нос ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 102, [2] с. : ил., схемы

6. Аносов В. Н. Программа Matlab 6.5 / Simulink 5 : учебное пособие / В. Н. Аносов, В. В. Наумов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 102, [1] с. : ил.

В электронном виде

1. Востриков А. С. Основы теории непрерывных и дискретных систем регулирования : учебное пособие / А. С. Востриков, Г. А. Французова, Е. Б. Гаврилов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 476 с.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/vostrikov.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии».
2. Панкратов В. В. Специальные разделы современной теории автоматического управления / В. В. Панкратов, Е. А. Зима, О. В. Нос ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 218, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/pankratov.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Панкратов В. В. Специальные разделы теории автоматического управления. Ч. 2 / В. В. Панкратов, О. В. Нос ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 102, [2] с. : ил., схемы. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2005/05_pankratov.rar
4. Аносов В. Н. Программа Matlab 6.5 / Simulink 5 : учебное пособие / В. Н. Аносов, В. В. Наумов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 102, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/anoss.rar>

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Теория автоматического управления : [учебник для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Автоматизация и управление"] / [С. Е. Душин и др.] ; под. ред. В. Б. Яковлева. - М., 2005. - 566, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
2. Воронов А. А. Основы теории автоматического регулирования и управления : учебное пособие по специальности "Автоматизированные системы управления " / А. А. Воронов. - М., 1977. - 520 с.
3. Теория автоматического управления. Нелинейные системы, управления при случайных воздействиях : Учебник для вузов по спец. "Автоматика и телемеханика", "Электрон. вычисл. машины", "Информ. -измер. техника" / Нетушил А. В., Балтрушевич А. В., Бурляев В. В. и др.; Под ред. А. В. Нетушила. - М., 1983. - 432 с.
4. Абдуллаев Н. Д. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов / Н. Д. Абдуллаев, Ю. П. Петров. - Л., 1985. - 240 с. : ил.
5. Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы : учебное пособие для вузов по специальности " Автоматика и управление в технических системах" / А. Г. Александров. - М., 1989. - 163 с. : ил., схемы - Рекомендовано МО.
6. Востриков А. С. Синтез нелинейных систем методом локализации : [монография] / А. С. Востриков. - Новосибирск, 1990. - 119, [1] с. : ил.
7. Афанасьев В. Н. Математическая теория конструирования систем управления : учебное пособие для техн. вузов / В. Н. Афанасьев, В. Б. Колмановский, В. Р. Носов. - М., 1989. - 447 с. : ил. - Рекомендовано МО.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Теория автоматического управления : методические указания к лабораторным работам № 6-9 факультета мехатроники и автоматизации заочного факультета и института

дистанционного образования / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Аносов, В. В. Наумов]. - Новосибирск, 2010. - 57, [1] с. : ил.

В электронном виде

1. Теория автоматического управления : методические указания к лабораторным работам № 6-9 факультета мехатроники и автоматизации заочного факультета и института дистанционного образования / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Аносов, В. В. Наумов]. - Новосибирск, 2010. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/2010_3761.pdf

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

В соответствии с учебным планом по дисциплине в 7-м семестре предусматривается экзамен, к которому допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные и курсовую работы.

ВОПРОСЫ

для подготовки к экзамену по дисциплине

1. Классификация нелинейных звеньев.
2. Статика нелинейных систем.
3. Метод фазовой плоскости.
4. Метод точечных преобразований.
5. Метод "припасовывания" граничных значений.
6. Метод гармонической линеаризации.
7. Абсолютная устойчивость нелинейных систем.
8. Понятие об импульсных системах, их классификация.
9. Математическое описание импульсных систем. Основные характеристики импульсных элементов.
10. Понятие о решетчатых функциях и разностных уравнениях.
11. Метод Z-преобразования и его свойства.
12. Передаточные функции разомкнутых импульсных систем.
13. Передаточные функции замкнутых импульсных систем.
14. Общие условия устойчивости импульсных систем.
15. Аналогии алгебраических критериев устойчивости.
16. Аналогии частотных критериев устойчивости.
17. Качество импульсных систем.
18. Непрерывные корректирующие устройства.
19. Дискретные корректирующие устройства.
20. Основные вероятные характеристики дискретных случайных величин.
21. Вероятностные характеристики непрерывных случайных величин.
22. Случайные процессы и их основные статистические характеристики.
23. Понятие стационарности, свойство эргодичности.
24. Корреляционные функции случайных процессов.
25. Стационарность в "широком" и "узком" смысле.
26. Свойства корреляционной функции.
27. Спектральная плотность и её свойства.
28. Связь между спектральными плотностями на входе и выходе линейной САУ.
29. Расчет основных статистических характеристик САУ при случайных воздействиях.
30. Синтез линейных САУ с минимальной средней квадратичной ошибкой.

Экзаменационный билет №

По дисциплине ТНиССУ
ФМА Направление 140600 Курс 4

1. Метод изоклин.
2. Общие условия устойчивости импульсных САУ.

Составил Аносов В.Н.
Зав. кафедрой _____

ВОПРОСЫ к зачету (8 семестр)

Теоретические вопросы.

1. Метод пространства состояний в теории автоматического управления.
2. Переход от операторного математического описания линейных динамических систем к моделям в пространстве состояний.
3. Понятия устойчивости, управляемости, стабилизируемости, наблюдаемости (восстанавливаемости) и обнаруживаемости динамических систем.
4. Модальный метод синтеза линейных стационарных систем.
5. Синтез наблюдателей полного порядка.
6. Свойства систем с линейными обратными связями и наблюдателями полного порядка.
7. Синтез наблюдателей пониженного порядка.
8. Преимущества и недостатки "классического" модального метода синтеза. Синтез астатических систем модифицированным модальным методом.
9. Метод локализации.
10. Метод больших коэффициентов.
11. Метод скользящих режимов (с пояснением на примере объекта второго порядка - лабораторная работа по ТАУ №6).
12. Адаптивные системы с идентификацией, адаптивные системы с эталонной моделью, экстремальные САУ (принципы построения).
13. Общая постановка задачи оптимального управления динамическим объектом. Примеры критериев оптимальности, виды законов оптимального управления.
14. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнения Эйлера и Эйлера-Пуассона, условия Лежандра.
15. Задача об условном экстремуме функционала. Метод Лагранжа.
16. Принцип максимума Понтрягина. Синтез оптимальных по быстродействию управлений на основе принципа максимума.
17. Метод динамического программирования.
18. Линейно-квадратичные задачи оптимального управления, "вырожденные" ЛК-задачи: критерии оптимальности и структуры оптимальных систем.

Задачи.

1. Переход от передаточной функции объекта к его математической модели в пространстве состояний (на примере, заданном преподавателем).

2. Исследование устойчивости линейного объекта (на примере объекта третьего порядка, заданного преподавателем).
3. Исследование управляемости линейного объекта (на примере объекта второго порядка, заданного преподавателем).
4. Исследование наблюдаемости линейного объекта (на примере объекта второго порядка, заданного преподавателем).
5. Синтез САУ модальным методом в условиях полных измерений (на примере объекта второго порядка, заданного преподавателем).
6. Синтез наблюдателя полного порядка (на примере объекта второго порядка, заданного преподавателем).
7. Синтез наблюдателя пониженного порядка (на примере объекта второго порядка, заданного преподавателем).
8. Синтез астатической САУ модифицированным модальным методом (на примере объекта второго порядка, заданного преподавателем).
9. Синтез системы управления объектом второго порядка методом локализации.
10. Синтез системы управления объектом второго порядка методом больших коэффициентов.
11. Синтез системы управления объектом второго порядка методом скользящих режимов.
12. Нахождение оптимального характеристического полинома линейной САУ и его реализация модальным методом.
13. Синтез оптимального по критерию минимума тепловых потерь позиционного управления приводом с помощью уравнения Эйлера-Пуассона.
14. Синтез оптимального по критерию минимума тепловых потерь позиционного управления приводом с помощью метода Лагранжа.
15. Синтез оптимального по быстродействию программного управления моментом (током) привода в позиционной системе.
16. Синтез оптимального по быстродействию управления моментом (током) привода в позиционной системе в классе законов с обратной связью.
17. Синтез оптимального по квадратичному критерию закона управления объектом первого - второго порядка методом динамического программирования.
18. Общее решение стационарной ЛК-задачи любым методом.