

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и
воспитательной работе
_____ М.В. Темлянецв
подпись
« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление техническими системами

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
(направленность (профиль): «Промышленная электроника»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2021

Новокузнецк
2021

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

- изучение основных способов управления непрерывными и дискретными системами.

Задачами учебной дисциплины являются:

- усвоение принципов анализа и синтеза линейных систем автоматического управления;
- усвоение принципов анализа и синтеза дискретных систем автоматического управления.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Физика;
- Математика;
- Электротехника. Общая часть.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Электронные промышленные устройства;
- Микропроцессорные управляющие и информационные устройства;
- Электротехника. Специальная часть;
- Основы электропривода;
- Моделирование электронных устройств;
- Научно-исследовательская работа.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Научное мышление	ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инже-	ОПК-1.1 Демонстрирует знание фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов	– знать: принципы, формы и методы математического описания систем автоматического управления.

	нерной деятельности		<ul style="list-style-type: none"> – уметь: получать дифференциальные и разностные уравнения и передаточные функции технических систем и их звеньев. – владеть: математическим аппаратом теории автоматического управления (преобразование Лапласа, z-преобразование, дифференциальные и разностные уравнения).
		ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<ul style="list-style-type: none"> – знать: критерии устойчивости технических систем; уравнения и передаточные функции типовых динамических звеньев. – уметь: составлять структурные схемы технических систем. – владеть: алгеброй структурных схем.
		ОПК-1.3 Использует знания физики и математики при решении практических задач	<ul style="list-style-type: none"> – знать: способы и методы реализации заданных показателей качества технической системы. – уметь: рассчитывать и реализовывать регуляторы и корректирующие устройства. – владеть: навыками анализа и синтеза систем управления.

– Универсальные компетенции

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК	Планируемые результаты обучения
Разработка и реализация	УК-2: Способен определять круг задач в	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимо-	– знать: сущность задач

проектов	рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	связанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач	анализа и синтеза систем автоматического управления. – уметь: оценивать ожидаемые показатели качества системы автоматического управления. – владеть: методиками анализа и синтеза систем автоматического управления.
		УК-2.3 Решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) заявленного качества за установленное время	– знать: основные показатели качества технических систем. – уметь: настраивать технические системы в соответствии с заданными показателями качества. – владеть: навыками оценки показателей качества технической системы.
		УК-2.4 Публично представляет результаты решения задач исследования, проекта, деятельности	– знать: принципы и правила визуализации переходных процессов. – уметь: визуализировать переходные процессы технических системах с помощью годографов и графиков. – владеть: средствами визуального моделирования систем автоматического управления.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа обучающихся с педагогическим работником включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иную контактную работу, предусматривающую групповую или индивидуальную работу обучающихся с педагогическим работником. Контактная работа обучающихся с педагогическим работником может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		ИТОГО	4 семестр	5 семестр
Форма промежуточной аттестации			<i>зачет</i>	<i>экзамен, зачет с оценкой по КР</i>
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	324	108	216
	<i>зачетных единиц</i>	9	3	6
Лекции, <i>академ. час.</i>		68	32	36
в форме практической подготовки		0	0	0
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Практические занятия, <i>академ. час.</i>		68	32	36
в форме практической подготовки		0	0	0
Курсовая работа, <i>академ. час.</i>		36	0	36
в форме практической подготовки		0	0	0
Консультации, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		116	44	72
в форме практической подготовки		0	0	0
Контроль, <i>академ. час.</i>		36	0	36
в форме практической подготовки		0	0	0

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основные принципы построения систем автоматического управления;

Тема 1.1 Основные понятия и определения теории автоматического управления (Автоматическое регулирование. Автоматическое управление. Объект управления. Цель управления. Управляющее воздействие. Координаты объекта. Алгоритм функционирования. Автомати-

ческое управляющее устройство. Типовые законы управления. Принципы классификации САУ. Управление по отклонению. Управление по возмущению. Комбинированное управление. Адаптивные и следящие САУ.);

Тема 1.2 Графическое изображение САУ (Функциональная схема. Структурная схема. Условные обозначения на структурных схемах. Элементы сравнения и их изображение);

Раздел 2 Методы математического описания и характеристики линейных САУ;

Тема 2.1 Математическое описание линейных САУ (Принцип направленности звеньев САУ. Типы структурных элементов САУ. Дифференциальные уравнения звеньев системы.);

Тема 2.2 Линеаризация САУ (Ряд Тейлора. Ряд Маклорена. Линеаризация методом малых отклонений. Метод касательной. Метод секущей.);

Тема 2.3 Передаточная функция САУ (Алгебраизация дифференциальных уравнений. Преобразование Лапласа. Оригинал и изображение функции. Линейность преобразования Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Теорема запаздывания. Теорема смещения. Теорема умножения. Теорема разложения. Передаточная функция звена и САУ в целом. Методы составления передаточной функции. Переход из временной области в частотную.);

Тема 2.4 Типовые воздействия и временные характеристики систем автоматического управления (Единичная ступенчатая функция. Единичная импульсная функция. Гармоническое воздействие. Переходная функция. Весовая функция.);

Тема 2.5 Частотные характеристики САУ. Логарифмические частотные характеристики. (Комплексный коэффициент усиления. Амплитудно-фазовая частотная характеристика. Амплитудно-частотная характеристика. Фазово-частотная характеристика. Вещественная частотная характеристика. Мнимая частотная характеристика. ЛАХ. ЛФХ. Диаграмма Боде);

Раздел 3 Характеристики и модели типовых динамических звеньев систем управления (Пропорциональное безинерционное (масштабное) звено. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено. Инерционное (апериодическое) звено. Реальное дифференцирующее звено (инерционно-дифференцирующее звено). Форсирующее звено. Колебательное звено. Консервативное звено. Апериодическое звено 2 порядка. Неминимально-фазовые звенья. Звенья с запаздыванием.);

Раздел 4 Разомкнутые и замкнутые САУ;

Тема 4.1 Соединение линейных звеньев. Алгебра блочных схем (Последовательное соединение звеньев. Параллельное и встречно-параллельное соединения. Замыкание САУ. Положительные и отрицательные обратные связи. Правила преобразования структурных схем.);

Тема 4.2 Передаточные функции разомкнутых и замкнутых САУ (Уравнение замыкания системы. Структура САУ относительно управляющего и возмущающего воздействий. Замкнутая САУ при приложении нескольких воздействий. Одноконтурные и многоконтурные САУ);

Раздел 5 Статические режимы САУ;

Тема 5.1 Статическое регулирование (Стационарные и переходные режимы. Статическая и динамическая ошибки регулирования. Уравнение САУ в отклонениях. Статизм системы.);

Тема 5.2 Астатическое регулирование (Астатические режимы САУ. Астатизм. Порядок астатизма. Интегрирующие звенья в САУ как средство достижения астатизма.);

Раздел 6 Устойчивость систем автоматического управления;

Тема 6.1 Критерий устойчивости Рауса – Гурвица (Определитель Гурвица. Таблица Рауса. Критерий Рауса. Критерий Гурвица.);

Тема 6.2 Критерий устойчивости Михайлова (Годограф Михайлова. Правило обхода квадрантов. Критерий Михайлова для астатических систем.);

Тема 6.3 Критерий устойчивости Найквиста (Годограф Найквиста. Критическая точка. Критерий Найквиста для астатических систем.);

Тема 6.4 Запас устойчивости САУ (Запас устойчивости по фазе и модулю. Суждение о запасе устойчивости по корне-вому годографу и АФЧХ. Оптимальные запасы устойчивости.);

Тема 6.5 Суждение об устойчивости по амплитудным и фазовым характеристикам (Определение устойчивости САУ по переходам фазовой характеристики через линию -п. Суждение об устойчивости по ЛАХ. Частота среза);

Раздел 7 Оценка качества управления;

Тема 7.1 Частотные критерии качества переходного процесса (Оценка колебательности и длительности переходного процесса по АЧХ замкнутой системы. Оценка колебательности по ЛАХ. Оценка качества переходного процесса по высокочастотной характеристике замкнутой системы.);

Тема 7.2 Корневые критерии качества переходного процесса (Оценка времени затухания. Степень устойчивости. Мера колебательности);

Тема 7.3 Интегральные оценки качества (Линейная интегральная оценка. Квадратичная интегральная оценка);

Раздел 8 Коррекция динамических свойств САУ;

Тема 8.1 Последовательные корректирующие звенья, их синтез (Последовательные корректирующие звенья в контуре САУ. Синтез последовательных корректирующих устройств по логарифмическим характеристикам. Построение желаемой ЛАХ и ЛАХ корректирующего звена. Определения передаточной функции и схемной реализации корректирующего звена по его ЛАХ.);

Тема 8.2 Параллельные корректирующие звенья, их синтез (Параллельные корректирующие звенья в контуре САУ. Жесткие корректирующие обратные связи. Гибкие обратные связи. Понятие о глубокой обратной связи. Синтез звеньев параллельной коррекции по обратным АФЧХ. Синтез параллельных корректирующих устройств по ЛАХ разомкнутой системы.);

Тема 8.3 Параметрический синтез САУ (Понятие о параметрическом синтезе. Общие принципы синтеза алгоритмической структуры системы управления. Принцип подчиненного регулирования. Использование модели объекта управления для управления. Модульный оптимум. Технический оптимум. Фильтр Баттерворта. Симметричный оптимум. Малые некомпенсируемые постоянные времени в контуре САУ, их влияние на качество регулирования);

Раздел 9 Основы построения цифровых САУ;

Тема 9.1 Импульсные и дискретные элементы САУ (Квантование сигнала по времени. Амплитудно-импульсная модуляция. Частотно-импульсная модуляция. Фазо-импульсная модуляция. Широтно-импульсная модуляция. Комбинированное квантование сигнала по времени и уровню.);

Тема 9.2 Программная и аппаратная реализация цифровых САУ (Цифровые САУ на основе дискретных элементов. Цифровые САУ на основе ПЛК. Цифровые САУ на основе микроконтроллеров. Цифровые САУ на основе ПК);

Раздел 10 Математическое моделирование цифровых САУ;

Тема 10.1 Решетчатые функции и разностные уравнения (Переход от дифференциальных уравнений системы к разностным. Свойства разностных уравнений. Решетчатые функции);

Тема 10.2 D- и z-преобразования (Дискретное преобразование Лапласа, его свойства. Z-преобразование (преобразование Лорана). Формы записи z-преобразования. Свойства z-преобразования. Переход от z-передаточной функции к разностным уравнениям. Практическое применение z-преобразования);

Тема 10.3 Метод пространства состояний (Пространство состояний. Векторно-матричное исчисление. Переходная матрица. Решетчатые функции. Рекуррентные разностные уравнения);

Раздел 11 Частотные характеристики и устойчивость цифровых САУ;

Тема 11.1 Частотные характеристики цифровых САУ (АФЧХ дискретных САУ. АЧХ. ФЧХ. ЛАХ. ЛФХ.);

Тема 11.2 Дискретное преобразование Фурье (Понятие спектра сигнала. Спектральный анализ. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье.);

Тема 11.3 Теорема Котельникова (Частота дискретизации. Теорема Котельникова. Интерполяционная формула Котельникова-

Шеннона. Восстановление аналогового сигнала из дискретного. Явление наложения спектров. Передискретизация);

Тема 11.4 Временные характеристики цифровых САУ (Переходная характеристика. Импульсная характеристика.);

Тема 11.5 Устойчивость цифровых систем (Критерии устойчивости цифровых систем. Устойчивость в малом и большом. Критерий Ляпунова.);

Раздел 12 Цифровые регуляторы и фильтры;

Тема 12.1 Анализ и синтез цифровых регуляторов (Принципы синтеза цифровых регуляторов. Синтез цифрового регулятора на основе аналогового прототипа. Модульный и симметричный оптимумы в цифровых САУ. Использование цифровых регуляторов в аналоговых САУ.);

Тема 12.2 Анализ и синтез цифровых фильтров (Цифровая фильтрация сигналов в САУ. Принципы расчета цифровых фильтров. Час-тота среза и частота заграждения. Основные типы фильтров. Окно фильтра. Фильтры с конечной и бесконечной импульсной характеристикой).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, академ. час	
		всего	в форме практической подготовки
Тема 1.1.	Основные понятия и определения теории автоматического управления. Принципы автоматического управления. Принципы классификации САУ	2	
Тема 1.2.	Графическое изображение САУ	2	
Тема 2.1.	Дифференциальные уравнения звеньев САУ	2	
Тема 2.2.	Линеаризация уравнений САУ	2	
Тема 2.3.	Передаточная функция	2	
Тема 2.4.	Типовые воздействия и временные характеристики систем автоматического управления	2	
Тема 2.5.	Частотные характеристики САУ. Логарифмические частотные характеристики.	2	
Раздел 3.	Типовые динамические звенья	4	
Тема 4.1.	Правила преобразования	2	

	структурных схем		
Тема 4.2.	Замкнутые САУ	2	
Тема 5.1.	Статическое регулирование	2	
Тема 5.2.	Астатизм САУ	2	
Тема 6.1.	Алгебраические критерии устойчивости Рауса и Гурвица	2	
Тема 6.2.	Критерий устойчивости Михайлова	2	
Тема 6.3.	Критерий устойчивости Найквиста	4	
Тема 6.4.	Запасы устойчивости по фазе и амплитуде	2	
Тема 7.1.	Частотные критерии качества переходного процесса	2	
Тема 7.2.	Корневые критерии качества переходного процесса	2	
Тема 7.3.	Интегральные оценки качества	2	
Тема 8.1.	Последовательная коррекция	2	
Тема 8.3.	Структурно-параметрический синтез САУ	4	
Тема 9.1.	Дискретные сигналы. Виды модуляции	2	
Тема 10.1.	Решетчатые функции и разностные уравнения	2	
Тема 10.2.	D- и z-преобразования	2	
Тема 11.1.	Частотные характеристики цифровых САУ	4	
Тема 11.3.	Теорема Котельникова и ее применение	2	
Тема 12.1.	Цифровые регуляторы	4	
Тема 12.2.	Цифровые фильтры	4	
Итого:		68	0

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, академ. час	
		всего	в форме практической подготовки
Тема 2.1.	Передаточные функции типовых звеньев в электронике	4	
Раздел 3.	Временные и частотные характеристики типовых динамических звеньев промышленной электроники	2	
Тема 4.1.	Алгебра структурных схем	6	
Тема 5.2.	Точность работы систем управления	4	

Тема 6.4.	Критерии устойчивости систем управления	2	
Тема 6.4.	Анализ устойчивости систем управления в различных режимах	6	
Тема 8.3.	Коррекция динамических свойств САУ	6	
Тема 10.1.	Составление и преобразование разностных уравнений	2	
Тема 10.2.	Дискретное преобразование Лапласа. Преобразование Лорана.	6	
Тема 10.2.	Преобразование непрерывных систем в дискретные	4	
Тема 11.2.	Дискретное преобразование Фурье. Спектральный анализ сигналов	6	
Тема 11.3.	Расчет частоты дискретизации	2	
Тема 11.5.	Устойчивость цифровых систем управления	6	
Тема 12.1.	Синтез цифрового регулятора	6	
Тема 12.2.	Синтез цифрового фильтра	6	
Итого:		68	0

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, академ. час	
		всего	в форме практической подготовки
	<i>Отсутствуют</i>		
Итого:		0	0

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, академ. час	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6; Раздел 7; Раздел 8;	Синтез линейной системы управления электроприводом постоянного тока	36	

Раздел 9; Раздел 10; Раздел 11; Раздел 12.			
Итого:		36	0

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, академ. час	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к текущему контролю; 3. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о	10	

	<p>практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.</p>		
Раздел 6.	<p>1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.</p>	10	
Раздел 7.	<p>1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к текущему контролю; 3. Прохождение тестирования.</p>	10	
Раздел 8.	<p>1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.</p>	10	
Раздел 9.	<p>1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.</p>	9	
Раздел 10.	<p>1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю;</p>	9	

	5. Прохождение тестирования.		
Раздел 11.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.	9	
Раздел 12.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю; 5. Прохождение тестирования.	9	
<i>Курсовая работа</i>	<i>Выполнение курсовой работы</i>	36	0
<i>Контроль</i>	<i>Подготовка к экзамену</i>	36	
Итого:		188	0

10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Лукас, В.А. Теория автоматического управления : учеб.для вузов. – 2-е изд.,перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990.;

2 Панкратов, В. В. Избранные разделы теории автоматического управления : учебное пособие / В. В. Панкратов, О. В. Нос, Е. А. Зима. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 222 с. – ISBN 978-5-7782-1810-9. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135671> (дата обращения: 03.04.2021);

3 Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник / О. Л. Цветкова. – Москва Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 207 с. – ISBN 978-5-4475-8334-7. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 03.04.2021).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Консультант студента. Электронная библиотека технического ВУЗа : электронно-библиотечная система / ООО «Политехресурс». –

Москва, [200 –]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

2 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Инженерно-технические науки»] / ООО «Издательство Лань». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: <http://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

3 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа: по подписке;

4 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство Юрайт». – Москва, [200 –]. – URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: <http://www.biblioclub.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

7 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: <http://libr.sibsiu.ru>.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Libre Office;
- Microsoft Office 2003;
- Microsoft Office 2007;
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 7;
- Microsoft Windows XP;
- Scilab;
- Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

4 Электронный реферативный журнал (ЭлРЖ) : база данных / ВИНТИ РАН. – Москва, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

11 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Составитель(и):

старший преподаватель Поползин Иван Юрьевич (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры электротехники, электропривода и промышленной электроники.

Приложение А

Аннотация рабочей программы дисциплины «Управление техническими системами»

по направлению подготовки (специальности)
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
(направленность (профиль): «Промышленная электроника»)
форма обучения – Очная форма

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

- изучение основных способов управления непрерывными и дискретными системами.

Задачами учебной дисциплины являются:

- усвоение принципов анализа и синтеза линейных систем автоматического управления;
- усвоение принципов анализа и синтеза дискретных систем автоматического управления.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Физика;
- Математика;
- Электротехника. Общая часть.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Электронные промышленные устройства;
- Микропроцессорные управляющие и информационные устройства;
- Электротехника. Специальная часть;
- Основы электропривода;
- Моделирование электронных устройств;
- Научно-исследовательская работа.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- **Общепрофессиональные компетенции**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Научное мышление	ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1 Демонстрирует знание фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов	<ul style="list-style-type: none"> – знать: принципы, формы и методы математического описания систем автоматического управления. – уметь: получать дифференциальные и разностные уравнения и передаточные функции технических систем и их звеньев. – владеть: математическим аппаратом теории автоматического управления (преобразование Лапласа, z-преобразование, дифференциальные и разностные уравнения).
		ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<ul style="list-style-type: none"> – знать: критерии устойчивости технических систем; уравнения и передаточные функции типовых динамических звеньев. – уметь: составлять структурные схемы технических систем. – владеть: алгеброй структурных схем.
		ОПК-1.3 Использует знания физики и математики при решении практических задач	<ul style="list-style-type: none"> – знать: способы и методы реализации заданных показателей качества технической системы. – уметь: рассчитывать и реализовывать регуляторы и корректирующие устройства. – владеть: навыками анализа и синтеза систем управления.

– Универсальные компетенции

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК	Планируемые результаты обучения
Разработка и реализация проектов	УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач	<ul style="list-style-type: none"> – знать: сущность задач анализа и синтеза систем автоматического управления. – уметь: оценивать ожидаемые показатели качества системы автоматического управления. – владеть: методиками анализа и синтеза систем автоматического управления.
		УК-2.3 Решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) заявленного качества за установленное время	<ul style="list-style-type: none"> – знать: основные показатели качества технических систем. – уметь: настраивать технические системы в соответствии с заданными показателями качества. – владеть: навыками оценки показателей качества технической системы.
		УК-2.4 Публично представляет результаты решения задач исследования, проекта, деятельности	<ul style="list-style-type: none"> – знать: принципы и правила визуализации переходных процессов. – уметь: визуализировать переходные процессы технических системах с помощью годографов и графи-

			ков. – владеть: средствами визуального моделирования систем автоматического управления.
--	--	--	--

4 Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		ИТОГО	4 семестр	5 семестр
Форма промежуточной аттестации			зачет	экзамен, зачет с оценкой по КР
Трудоёмкость	академ. час.	324	108	216
	зачетных единиц	9	3	6
Лекции, академ. час.		68	32	36
в форме практической подготовки		0	0	0
Лабораторные работы, академ. час.		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Практические занятия, академ. час.		68	32	36
в форме практической подготовки		0	0	0
Курсовая работа, академ. час.		36	0	36
в форме практической подготовки		0	0	0
Консультации, академ. час.		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Самостоятельная работа, академ. час.		116	44	72
в форме практической подготовки		0	0	0
Контроль, академ. час.		36	0	36
в форме практической подготовки		0	0	0

5 Краткое содержание учебной дисциплины

В структуре учебной дисциплины выделяются следующие основные разделы (темы):

Раздел 1 Основные принципы построения систем автоматического управления;

Тема 1.1 Основные понятия и определения теории автоматического управления (Автоматическое регулирование. Автоматическое управление. Объект управления. Цель управления. Управляющее воздействие. Координаты объекта. Алгоритм функционирования. Автоматическое управляющее устройство. Типовые законы управления. Принципы классификации САУ. Управление по отклонению. Управление по возмущению. Комбинированное управление. Адаптивные и следящие САУ.);

Тема 1.2 Графическое изображение САУ (Функциональная схема. Структурная схема. Условные обозначения на структурных схемах. Элементы сравнения и их изображение);

Раздел 2 Методы математического описания и характеристики линейных САУ;

Тема 2.1 Математическое описание линейных САУ (Принцип направленности звеньев САУ. Типы структурных элементов САУ. Дифференциальные уравнения звеньев системы.);

Тема 2.2 Линеаризация САУ (Ряд Тейлора. Ряд Маклорена. Линеаризация методом малых отклонений. Метод касательной. Метод секущей.);

Тема 2.3 Передаточная функция САУ (Алгебраизация дифференциальных уравнений. Преобразование Лапласа. Оригинал и изображение функции. Линейность преобразования Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Теорема запаздывания. Теорема смещения. Теорема умножения. Теорема разложения. Передаточная функция звена и САУ в целом. Методы составления передаточной функции. Переход из временной области в частотную.);

Тема 2.4 Типовые воздействия и временные характеристики систем автоматического управления (Единичная ступенчатая функция. Единичная импульсная функция. Гармоническое воздействие. Переходная функция. Весовая функция.);

Тема 2.5 Частотные характеристики САУ. Логарифмические частотные характеристики. (Комплексный коэффициент усиления. Амплитудно-фазовая частотная характеристика. Амплитудно-частотная характеристика. Фазово-частотная характеристика. Вещественная частотная характеристика. Мнимая частотная характеристика. ЛАХ. ЛФХ. Диаграмма Боде);

Раздел 3 Характеристики и модели типовых динамических звеньев систем управления (Пропорциональное безинерционное (масштабное) звено. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено. Инерционное (апериодическое) звено. Реальное дифференцирующее звено (инерционно-дифференцирующее звено). Форсирующее звено. Колебательное звено. Консервативное звено. Апериодическое звено 2 порядка. Неминимально-фазовые звенья. Звенья с запаздыванием.);

Раздел 4 Разомкнутые и замкнутые САУ;

Тема 4.1 Соединение линейных звеньев. Алгебра блочных схем (Последовательное соединение звеньев. Параллельное и встречно-параллельное соединения. Замыкание САУ. Положительные и отрицательные обратные связи. Правила преобразования структурных схем.);

Тема 4.2 Передаточные функции разомкнутых и замкнутых САУ (Уравнение замыкания системы. Структура САУ относительно управляющего и возмущающего воздействий. Замкнутая САУ при приложении нескольких воздействий. Одноконтурные и многоконтурные САУ);

Раздел 5 Статические режимы САУ;

Тема 5.1 Статическое регулирование (Стационарные и переходные режимы. Статическая и динамическая ошибки регулирования. Уравнение САУ в отклонениях. Статизм системы.);

Тема 5.2 Астатическое регулирование (Астатические режимы САУ. Астатизм. Порядок астатизма. Интегрирующие звенья в САУ как средство достижения астатизма.);

Раздел 6 Устойчивость систем автоматического управления;

Тема 6.1 Критерий устойчивости Рауса – Гурвица (Определитель Гурвица. Таблица Рауса. Критерий Рауса. Критерий Гурвица.);

Тема 6.2 Критерий устойчивости Михайлова (Годограф Михайлова. Правило обхода квадрантов. Критерий Михайлова для астатических систем.);

Тема 6.3 Критерий устойчивости Найквиста (Годограф Найквиста. Критическая точка. Критерий Найквиста для астатических систем.);

Тема 6.4 Запас устойчивости САУ (Запас устойчивости по фазе и модулю. Суждение о запасе устойчивости по корне-вому годографу и АФЧХ. Оптимальные запасы устойчивости.);

Тема 6.5 Суждение об устойчивости по амплитудным и фазовым характеристикам (Определение устойчивости САУ по переходам фазовой характеристики через линию -п. Суждение об устойчивости по ЛАХ. Частота среза);

Раздел 7 Оценка качества управления;

Тема 7.1 Частотные критерии качества переходного процесса (Оценка колебательности и длительности переходного процесса по АЧХ замкнутой системы. Оценка колебательности по ЛАХ. Оценка качества переходного процесса по высокочастотной характеристике замкнутой системы.);

Тема 7.2 Корневые критерии качества переходного процесса (Оценка времени затухания. Степень устойчивости. Мера колебательности);

Тема 7.3 Интегральные оценки качества (Линейная интегральная оценка. Квадратичная интегральная оценка);

Раздел 8 Коррекция динамических свойств САУ;

Тема 8.1 Последовательные корректирующие звенья, их синтез (Последовательные корректирующие звенья в контуре САУ. Синтез последовательных корректирующих устройств по логарифмическим характеристикам. Построение желаемой ЛАХ и ЛАХ корректирующего звена. Определения передаточной функции и схемной реализации корректирующего звена по его ЛАХ.);

Тема 8.2 Параллельные корректирующие звенья, их синтез (Параллельные корректирующие звенья в контуре САУ. Жесткие корректирующие обратные связи. Гибкие обратные связи. Понятие о глубокой обратной связи. Синтез звеньев параллельной коррекции по обратным АФЧХ. Синтез параллельных корректирующих устройств по ЛАХ разомкнутой системы.);

Тема 8.3 Параметрический синтез САУ (Понятие о параметрическом синтезе. Общие принципы синтеза алгоритмической структуры системы управления. Принцип подчиненного регулирования. Использование модели объекта управления для управления. Модульный оптимум. Технический оптимум. Фильтр Баттерворта. Симметричный оптимум. Малые некомпенсируемые постоянные времени в контуре САУ, их влияние на качество регулирования);

Раздел 9 Основы построения цифровых САУ;

Тема 9.1 Импульсные и дискретные элементы САУ (Квантование сигнала по времени. Амплитудно-импульсная модуляция. Частотно-импульсная модуляция. Фазо-импульсная модуляция. Широтно-импульсная модуляция. Комбинированное квантование сигнала по времени и уровню.);

Тема 9.2 Программная и аппаратная реализация цифровых САУ (Цифровые САУ на основе дискретных элементов. Цифровые САУ на основе ПЛК. Цифровые САУ на основе микроконтроллеров. Цифровые САУ на основе ПК);

Раздел 10 Математическое моделирование цифровых САУ;

Тема 10.1 Решетчатые функции и разностные уравнения (Переход от дифференциальных уравнений системы к разностным. Свойства разностных уравнений. Решетчатые функции);

Тема 10.2 D- и z-преобразования (Дискретное преобразование Лапласа, его свойства. Z-преобразование (преобразование Лорана). Формы записи z-преобразования. Свойства z-преобразования. Переход от z-передаточной функции к разностным уравнениям. Практическое применение z-преобразования);

Тема 10.3 Метод пространства состояний (Пространство состояний. Векторно-матричное исчисление. Переходная матрица. Решетчатые функции. Рекуррентные разностные уравнения);

Раздел 11 Частотные характеристики и устойчивость цифровых САУ;

Тема 11.1 Частотные характеристики цифровых САУ (АФЧХ дискретных САУ. АЧХ. ФЧХ. ЛАХ. ЛФХ.);

Тема 11.2 Дискретное преобразование Фурье (Понятие спектра сигнала. Спектральный анализ. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье.);

Тема 11.3 Теорема Котельникова (Частота дискретизации. Теорема Котельникова. Интерполяционная формула Котельникова-Шеннона. Восстановление аналогового сигнала из дискретного. Явление наложения спектров. Передискретизация);

Тема 11.4 Временные характеристики цифровых САУ (Переходная характеристика. Импульсная характеристика.);

Тема 11.5 Устойчивость цифровых систем (Критерии устойчивости цифровых систем. Устойчивость в малом и большом. Критерий Ляпунова.);

Раздел 12 Цифровые регуляторы и фильтры;

Тема 12.1 Анализ и синтез цифровых регуляторов (Принципы синтеза цифровых регуляторов. Синтез цифрового регулятора на основе аналогового прототипа. Модульный и симметричный оптимумы в цифровых САУ. Использование цифровых регуляторов в аналоговых САУ.);

Тема 12.2 Анализ и синтез цифровых фильтров (Цифровая фильтрация сигналов в САУ. Принципы расчета цифровых фильтров. Частота среза и частота заграждения. Основные типы фильтров. Окно фильтра. Фильтры с конечной и бесконечной импульсной характеристикой).

6 Составитель(и):

старший преподаватель Поползин Иван Юрьевич (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники).