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. Темлянцев
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление техническими системами

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(направленность (профиль): «Электроэнергетика и электротехника»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 4 года 6 месяцев

Год начала подготовки 2022

Новокузнецк
2022

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: 861a8d56fc2cfb6de53bd665403c592fd02b1419
Владелец: Ректор Юрьев Алексей Борисович
Действителен: с 12 февраля 2024 г. по 7 мая 2025 г.
Дата и время: 01-03-2024 00:31:05 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

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) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:
– Физика;
– Математика.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:
– Системы управления электроприводов;
– Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и комплексов;
– Микропроцессорные системы управления электроприводов;
– Основы мехатроники;
– Электропривод;
– Моделирование электротехнических устройств и систем.

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
Фундаментальная подготовка	ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический	ОПК-3.1 Применяет физико-математический аппарат при решении задач в	– знать: физико-математический аппарат теории автоматического управления.

	аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	области профессиональной деятельности	– уметь: составлять дифференциальные уравнения, передаточные функции и структурные схемы систем автоматического управления. – владеть: методами операционного исчисления, преобразованием Лапласа, z-преобразованием, преобразованием Фурье.
		ОПК-3.2 Применяет математический аппарат численных методов в рамках моделирования и экспериментального исследования	– знать: основные численные методы, применяемые в теории автоматического управления. – уметь: составлять математические модели систем автоматического управления. – владеть: навыками моделирования и экспериментального исследования систем автоматического управления.
		ОПК-3.5 Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение	– знать: основные этапы и методы анализа и синтеза систем автоматического управления. – уметь: осуществлять анализ и синтез систем автоматического управления в соответствии с целевыми

			показателями их функционирования. – владеть: методиками анализа и синтеза систем автоматического 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	– знать: основные задачи анализ и синтеза систем управления. – уметь: осуществлять анализ и синтез регуляторов для систем управления. – владеть: навыками оценки качества управления в технических системах.

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

Сессия / курс		***ИТОГО***	***2 сессия / 2 курс***	***3 сессия / 2 курс***	***1 сессия / 3 курс***	***2 сессия / 3 курс***
Форма промежуточной аттестации				*зачет*		*экзамен, зачет с оценкой по КР*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***324***	*18*	*54*	*36*	*216*
	зачетных единиц	***9***	*0,5*	*1,5*	*1*	*6*
Лекции, *академ. час.*		***4***	*2*	*0*	*2*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***8***	*0*	*0*	*0*	*8*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Курсовая работа, *академ. час.*		***36***	*0*	*0*	*0*	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***263***	*16*	*50*	*34*	*163*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*		***13***	*0*	*4*	*0*	*9*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*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. 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 корневому 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.).

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	4	
Итого:		**4**	**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.	Дифференциальные уравнения и передаточные функции звеньев САУ	4	
Тема 10.1.	Составление и преобразование разностных уравнений	4	

Итого:	**8**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
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 2; Раздел 3; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6; Раздел 7; Раздел 8.	Синтез линейной системы автоматического управления	36	
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. Изучение теоретического материала.	20	
Раздел 2.	1. Изучение теоретического материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	22	
Раздел 3.	1. Изучение теоретического материала; 2. Прохождение тестирования.	20	
Раздел 4.	1. Изучение теоретического материала.	20	

Раздел 5.	1. Изучение теоретического материала.	22	
Раздел 6.	1. Изучение теоретического материала; 2. Прохождение тестирования.	28	
Раздел 7.	1. Изучение теоретического материала.	22	
Раздел 8.	1. Изучение теоретического материала.	22	
Раздел 9.	1. Изучение теоретического материала; 2. Прохождение тестирования.	22	
Раздел 10.	1. Изучение теоретического материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	22	
Раздел 11.	1. Изучение теоретического материала.	22	
Раздел 12.	1. Изучение теоретического материала; 2. Контрольная работа; 3. Прохождение тестирования.	21	
Курсовая работа	*Выполнение курсовой работы*	36	0
Контроль	*Подготовка к экзамену*	9	
Контроль	*Подготовка к зачёту*	4	
Итого:		**312**	**0**

10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Смирнов, Ю. А. Управление техническими системами : учебное пособие / Ю. А. Смирнов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 264 с. – ISBN 978-5-8114-3899-0. – URL: https://e.lanbook.com/book/126913 (дата обращения: 14.03.2022);

2 Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. – Москва : Юрайт, 2022. – 276 с. – ISBN 978-5-9916-9294-6. – URL: https://urait.ru/bcode/489509 (дата обращения: 14.03.2022);

3 Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Линейные системы. Задачник : учебное пособие для вузов / Д. П. Ким, Н. Д. Дмитриева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2022. – 169 с. – ISBN 978-5-9916-8603-7. – URL: https://urait.ru/bcode/491184 (дата обращения: 14.03.2022);

4 Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. – Москва : Юрайт, 2022. – 470 с. – ISBN 978-5-534-06483-4. – URL: https://urait.ru/bcode/489520 (дата обращения: 14.03.2022);

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

6 Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления : учебное пособие / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб. : Профессия, 2007. – 747 с. : ил.

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: https://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:

– Adobe Acrobat Reader;
– Microsoft Office 2003;
– Microsoft Office 2010;
– Microsoft Windows 7;
– Microsoft Windows XP;
– 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 / ВИНИТИ 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 выполнения курсовых работ;
- 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;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Составитель(и):

доцент 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)
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(направленность (профиль): «Электроэнергетика и электротехника»)
форма обучения – Заочная 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) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Математика.

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

– Системы управления электроприводов;
– Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и комплексов;
– Микропроцессорные системы управления электроприводов;
– Основы мехатроники;
– Электропривод;
– Моделирование электротехнических устройств и систем.

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
Фундаментальная подготовка	ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1 Применяет физико-математический аппарат при решении задач в области профессиональной деятельности	– знать: физико-математический аппарат теории автоматического управления. – уметь: составлять дифференциальные уравнения, передаточные функции и структурные схемы систем автоматического управления. – владеть: методами операционного исчисления, преобразованием Лапласа, z-преобразованием, преобразованием Фурье.
		ОПК-3.2 Применяет математический аппарат численных методов в рамках моделирования и экспериментального исследования	– знать: основные численные методы, применяемые в теории автоматического управления. – уметь: составлять математические модели систем автоматического управления. – владеть: навыками моделирования и экспериментального исследования систем автоматического управления.
		ОПК-3.5 Формулирует в рамках поставленной цели	– знать: основные этапы и методы анализа и синтеза систем

		проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение	автоматического управления. – уметь: осуществлять анализ и синтез систем автоматического управления в соответствии с целевыми показателями их функционирования. – владеть: методиками анализа и синтеза систем автоматического 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	– знать: основные задачи анализ и синтеза систем управления. – уметь: осуществлять анализ и синтез регуляторов для систем управления. – владеть: навыками оценки качества управления в технических системах.

4 Объем учебной дисциплины

Сессия / курс	*ИТОГО*	*2 сессия / 2 курс*	*3 сессия / 2 курс*	*1 сессия / 3 курс*	*2 сессия / 3 курс*
Форма промежуточной аттестации			*зачет*		*экзамен, зачет с*

						оценкой по КР
Трудоёмкость	*академ. час.*	***324***	*18*	*54*	*36*	*216*
	зачетных единиц	***9***	*0,5*	*1,5*	*1*	*6*
Лекции, *академ. час.*		***4***	*2*	*0*	*2*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***8***	*0*	*0*	*0*	*8*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Курсовая работа, *академ. час.*		***36***	*0*	*0*	*0*	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***263***	*16*	*50*	*34*	*163*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*		***13***	*0*	*4*	*0*	*9*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*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 корневому 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):

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