

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Цифровые системы управления
технологическими процессами

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Блок:	Блок 1.Дисциплины (модули)
Часть блока:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.21
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 6
Часов (всего) по учебному плану:	216
Лекции	8 семестр - 16 часов
Практические занятия	8 семестр - 32 часов
Лабораторные работы	8 семестр - 16 часов
Консультации по курсовому проекту/ работе: групповые индивидуальные	учебным планом не предусмотрено
Самостоятельная работа	8 семестр - 116 часов
включая:	
расчетные задания	8 семестр - 18 часов
курсовые проекты (работы)	учебным планом не предусмотрены
Промежуточная аттестация: экзамен	8 семестр –2,5 часа
Контроль: экзамен	8 семестр – 33,5 часа

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Заведующий кафедрой АТП, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

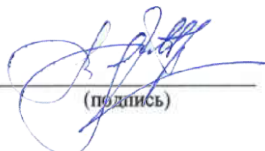
И.А. Болдырев

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательных программ Теплоэнергетические системы и цифровые технологии,
Интеллектуальная распределенная энергетика

Заведующий кафедрой ТЭиТТ,
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

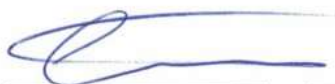
М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Цифровые системы управления технологическими процессами

Заведующий кафедрой АТП, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



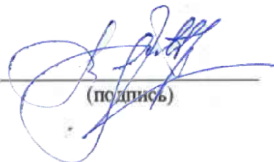
(подпись)

И.А. Болдырев

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ТЭиТТ
(название кафедры)



(подпись)

М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ и общих принципов автоматизации теплоэнергетических объектов, принципов построения и реализации систем управления теплоэнергетическими объектами, методов математического описания, анализа и синтеза элементов и систем управления, в том числе, систем, находящихся под воздействием случайных возмущений, систем сложной структуры, систем с цифровыми контроллерами и нелинейных систем, а также изучение современных тенденций в области систем управления.

Задачи дисциплины

- освоение принципов управления теплотехническими объектами, функций задач автоматических и автоматизированных систем управления;

- получение информации о свойствах объектов управления, освоение методов математического описания динамических систем, в том числе – нелинейных и дискретных систем;;

- получение информации об алгоритмах управления, в том числе – нелинейных и дискретных, освоение методов анализа и синтеза систем управления;;

- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при выборе структуры автоматической системы управления, алгоритма работы регулятора и критерия качества управления..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.4. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	знать: <ul style="list-style-type: none">- основные свойства тепловых объектов как объектов управления;- состав, структуру и задачи автоматических и автоматизированных систем управления;- типовые линейные алгоритмы управления;- методы синтеза линейных систем управления;- методы анализа линейных систем управления;- методы математического описания линейных систем управления;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>- основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;</p> <p>уметь:</p> <p>уметь применять основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;</p> <p>- выполнять анализ линейных систем и систем управления с цифровыми и дискретными элементами;</p> <p>- строить математические модели линейных объектов и систем управления;</p> <p>- рассчитывать статические и динамические характеристики линейных объектов и систем управления, а также получать их экспериментальным путем;</p> <p>- применять методы идентификации объектов управления;</p> <p>- выполнять анализ линейных систем автоматического управления, оценивать качество их работы, рассчитывать прямые и интегральные показатели качества;</p> <p>- применять способы повышения качества работы систем управления;</p> <p>- выполнять синтез АСР с типовыми линейными алгоритмами управления.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части обязательных дисциплин, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Бакалавр 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (профили: Цифровые системы управления технологическими процессами).

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать высшую математику, в том числе: функции одной и нескольких переменных, теорию пределов, интегральное и дифференциальное исчисление, теорию функций комплексных переменных, ряды, линейную алгебру, дифференциальные уравнения
- знать основные разделы физики: механику, термодинамику, электричество и магнетизм
- знать основы метрологии, основы теории погрешностей, основные методы и средства измерения теплотехнических параметров
- уметь вычислять пределы, интегралы и производные; выполнять анализ функций; решать дифференциальные уравнения, применять на практике аппарат линейной алгебры и теории функций комплексных переменных
- уметь применять основные законы физики для явлений природы и технологических процессов и объектов
- уметь измерять основные теплотехнические параметры, оценивать погрешности измерений
- уметь применять персональный компьютер и специализированные программные пакеты для решения математических и физических задач и представления результатов решения

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работы в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	10	8	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Введение. Основные понятия управления, термины и определения" <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Введение. Основные понятия управления, термины и определения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение. Основные понятия управления, термины и определения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], Введение, глава 1	
1.1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-		
2	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	20		4	-	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем" <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена
2.1	Динамические системы их виды. Математический аппарат исследования	20		4	-	6	-	-	-	-	-	-	10	-	

	линейных непрерывных динамических систем.												на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 1.1-1.18 [6], Глава 2
3	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	38	2	8	8	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Структурные схемы систем управления" <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов
3.1	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	38	2	8	8	-	-	-	-	-	20	-	

														обработке результатов по изученному в разделе "Структурные схемы систем управления" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Структурные схемы систем управления" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Структурные схемы систем управления и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Структурные схемы систем управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Структурные схемы систем управления" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3],3-17 [5],2.1-2.19;3.1-3.8 [6].Глава3
4	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	26		4	-	8	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления"

4.1	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	26		4	-	8	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления"</p>
-----	--	----	--	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 4.1-4.26 [6], Глава 4
5	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	34		2	8	4	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" материалу. <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве задания применяются следующие: «Ограниченный параметрический синтез АСР типовыми линейными алгоритмами управления» <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 25-26, 28-77 [3], 18-28 [4], 2.1-2.9; 3.1-3.15 [6], Глава 5
5.1	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	34		2	8	4	-	-	-	-	20	-	

6	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	20	2	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных"
													<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], Глава 6
6.1	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	20	2	-	4	-	-	-	-	-	14	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	16	16	32	-	2	-	-	0.5	116	33.5	
	Итого за семестр	216.0	16	16	32	2	-	0.5					

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК – групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

Краткое содержание разделов

1. Введение. Основные понятия управления, термины и определения

1.1. Введение. Основные понятия управления, термины и определения

Основные понятия управления.. Объекты управления, их классификация. Биологические, социальные, экономические и технические системы, как объекты управления.. Особенности технических систем управления.. Понятие декомпозиции системы и задач управления. Декомпозиция контроллера на регулятор и командный блок, понятия регулирования и управления.. Автоматические и автоматизированные системы управления. Понятия автоматический и автоматизированный..

2. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем

2.1. Динамические системы и их виды. Математический аппарат исследования линейных непрерывных динамических систем.

Динамические системы и их виды. Линейные и нелинейные системы.. Понятие модели системы. Линеаризация. Математические модели физических систем.. Дифференциальные уравнения линейных динамических систем. Преобразование Лапласа. Решение дифференциальных уравнений линейных динамических систем с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция.. Принцип суперпозиции. Временные динамические характеристики линейных динамических систем, их взаимосвязь. Виды тестовых сигналов.. Преобразование Фурье. Частотные динамические характеристики линейных динамических систем.. Дискретные модели непрерывных систем. Разностные уравнения..

3. Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения

3.1. Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения

Структурные схемы систем управления. Виды структурных схем.. Звенья. Принципы выделения звеньев. Определение элементарного звена, виды элементарных звеньев. Пропорциональное (статическое, безынерционное звено). Интегрирующее звено. Инерционное звено первого порядка (апериодическое звено). Идеальное и реальное дифференцирующее звено. Интегродифференцирующее звено. Звено запаздывания. Инерционное звено второго порядка. Колебательное звено. Последовательное соединение звеньев. Параллельное соединение звеньев. Встречно-параллельное соединение звеньев (обратная связь).

4. Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления

4.1. Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления

Устойчивость линейных динамических систем, общие положения. Устойчивая, неустойчивая и нейтральная системы. Связь устойчивости и корней характеристического уравнения. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Критерии Рауса-Гурвица, Ляпунова-Шипара, Михайлова, Найквиста. Д-разбиение в плоскости варьируемых параметров. Диаграмма Вышнеградского. Понятие запаса устойчивости. Численные показатели запаса устойчивости: степень затухания, корневой и частотный показатели колебательности. Запас устойчивости по фазе и модулю. Понятие грубости и робастности систем управления. Чувствительность систем управления. Функция чувствительности.

5. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных

5.1. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных

Прямые показатели качества регулирования: динамическое и статическое отклонение, время регулирования, перерегулирование. Интегральные показатели качества. Линейный, квадратичный и модульный показатели качества. Принцип накопления возмущений Булгакова. Границы области устойчивости и области заданного запаса устойчивости в плоскости Ки-Кп (АСР с ПИ-регулятором). Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на частотный показатель колебательности. Общие положения. М-окружность. Расчет системы автоматического управления с ПИ-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на частотный показатель колебательности по вспомогательной функции. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на частотный показатель колебательности. Расчет системы регулирования с реальным ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя.

6. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных

6.1. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных

Случайные события, величины и процессы. Виды случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Характеристики случайных процессов: математическое ожидание, дисперсия, СКО, автокорреляционная функция, взаимная корреляционная функция.. Спектральные характеристики случайных процессов. Понятие спектральной плотности. Автоспектральная плотность и взаимная спектральная плотность. Преобразование случайных сигналов линейными динамическими системами. Расчет характеристик процесса на выходе системы по свойствам системы и характеристикам процесса на входе. Расчет оптимальных параметров настройки АСР по критерию минимума среднеквадратической ошибки управления. Связь полученных параметров настройки с параметрами, рассчитанными на минимум линейного интегрального показателя. Особенности оценки корреляционных функций входных воздействий для технологически работоспособных систем управления. Расчет оптимальных параметров регуляторов в системах высокой технологической работоспособности. Оптимальный и субоптимальный алгоритмы. Формальное обоснование применимости ПИД-регуляторов.

Темы практических занятий

1. Устойчивость и качество переходных процессов в нелинейных системах;
2. Линейное представление нелинейных систем. Линеаризация по методу малых отклонений. Статистическая линеаризация. Гармоническая линеаризация;
3. Метод фазовой плоскости;
4. Типы нелинейности. Нелинейности в составе АСР. Типы нелинейных алгоритмы регулирования;
5. Расчет АСР с цифровыми контроллерами. Теорема Котельникова-Шеннона;
6. Устойчивость и запас устойчивости АСР с цифровыми контроллерами;
7. z-преобразование и модифицированное z-преобразование;
8. Дискретные АСР. Структура цифрового контроллера. Разностные уравнения

- типовых алгоритмов регулирования;
9. Нечеткие системы управления;
 10. Каскадная АСР;
 11. АСР с регулятором и дифференциатором;
 12. Эквивалентные преобразования структурных схем систем управления. Формула Мейсона. Представление структурных схем систем управления в виде графов и в блочном виде;
 13. Адаптивные системы управления;
 14. Случайные процессы и их характеристики. Анализ АСР, находящихся под воздействием случайных возмущений.;
 15. Прямые и косвенные показатели качества регулирования. Расчет систем регулирования на заданный запас устойчивости. Расчет АСР типовыми алгоритмами регулирования (П, ПИ, ПИД).;
 16. Типовые алгоритмы регулирования и их характеристики.;
 17. Устойчивость. Критерии Рауса-Гурвица, Михайлова, Найквиста. Запас устойчивости. Робастность.;
 18. Представление линейных динамических систем в пространстве состояний.;
 19. Элементарные звенья и их соединения. Основные динамические характеристики элементарных звеньев и их соединений.;
 20. Преобразование Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция. Получение передаточной функции по дифференциальному уравнению. Временные и частотные характеристики линейных динамических систем. Анализ систем регулирования с помощью дифференциальных уравнений;
 21. Многомерные АСР;

Темы лабораторных работ

1. Ознакомление с пакетом MathCad. Элементарные звенья и их характеристики. Соединения элементарных звеньев;
2. Типовые линейные алгоритмы регулирования и их характеристики;
3. Одноконтурная АСР с П, И и ПИ-регуляторами;
4. Одноконтурная АСР с ПИД-регулятором.

Тематика расчетного задания

8 Семестр

Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования

3.7. Соответствие разделов дисциплины формируемым внешним компетенциям

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
Знать:		1	2	3	4	5	6	
основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;	ПК-1.4	+						Тестирование/Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления
методы математического описания линейных систем управления	ПК-1.4		+	+			+	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 8 семестр Тестирование/Тест 2, 8 семестр. Структурные схемы систем управления
методы анализа линейных систем управления	ПК-1.4		+		+	+	+	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 8 семестр Тестирование/Тест 3, 8 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
методы синтеза линейных систем управления	ПК-1.4					+	+	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 8 семестр Тестирование/Тест 3, 8 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
типовые линейные алгоритмы управления	ПК-1.4			+				Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 8 семестр Тестирование/Тест 2, 8 семестр. Структурные схемы систем управления
состав, структуру и задачи автоматических и автоматизированных систем управления	ПК-1.4	+						Тестирование/Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления
основные свойства тепловых объектов как объектов управления	ПК-1.4	+		+				Тестирование/Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления Тестирование/Тест 2, 8 семестр. Структурные схемы систем управления
выполнять синтез АСР с типовыми линейными алгоритмами управления	ПК-1.4					+		Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 8 семестр

							Расчетно-графическая работа/Расчетное задание, 8 семестр: «Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования»
выполнять анализ линейных систем автоматического управления, оценивать качество их работы, рассчитывать прямые и интегральные показатели качества	ПК-1.4				+	+	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 8 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 2, 8 семестр. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости Тестирование/Тест 3, 8 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
применять методы идентификации объектов управления	ПК-1.4			+			Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 8 семестр
рассчитывать статические и динамические характеристики линейных объектов и систем управления, а также получать их экспериментальным путем	ПК-1.4		+	+			Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 8 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 1, 8 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические
строить математические модели линейных объектов и систем управления	ПК-1.4		+	+			Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 8 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 1, 8 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Формы реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1, 8 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2, 8 семестр. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости (Контрольная работа)
3. Расчетное задание, 8 семестр: «Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования» (Расчетно-графическая работа)
4. Тест 1, 8. Основные термины и определения теории автоматического управления (Тестирование)
5. Тест 2, 8 семестр. Структурные схемы систем управления (Тестирование)
6. Тест 3, 8 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО (Тестирование)

Формы реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ 1-3, 8 семестр (Коллоквиум)
2. Защита лабораторных работ 4-5, 8 семестр (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Итоговая оценка = (Средний балл за семестр) * 0,6 + (Оценка за промежуточную аттестацию) * 0,4

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине не приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Печатные и электронные издания:

1. Панько, М. А. Расчет и моделирование автоматических систем регулирования в среде Mathcad: Учебное пособие по курсу "Теория автоматического управления", по направлению "Теплоэнергетика" и специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" / М. А. Панько, Моск. энерг. ин-т (МЭИТУ). – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 92 с. – ISBN 5-7046-0695-4.;
2. Андрияшин, А. В. Управление и инноватика в теплоэнергетике: учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. В. Андрияшин, В. Р. Сабанин, Н. И. Смирнов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 392 с. – ISBN 978-5-383-00539-2.
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4186;
3. Мерзликина, Е. И. Моделирование линейных динамических систем управления в пакете SIMULINK : практикум по курсам "Метрология, теплотехнические измерения", "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М.: Изд-во МЭИ, 2016. – 32 с.
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8239;
4. Мерзликина, Е. И. Расчет одноконтурных систем управления : задачник по курсу "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ "МЭИ"). – Москва: Изд-во МЭИ, 2020. – 48 с. – ISBN 978-5-7046-2260-4.
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11247;
5. Мерзликина, Е. И. Теория автоматического управления : задачник по курсу "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ "МЭИ"). – М.: Изд-во МЭИ, 2019. – 52 с. – ISBN 978-5-7046-2120-1.
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10822;
6. Ротач В. Я. - "Теория автоматического управления", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014172.html>.

Лицензионное и свободное распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. MathCad;
4. Scilab.

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>
Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>
База данных Scopus <https://www.scopus.com>
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>
Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>
Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория автоматического управления

(название дисциплины)

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест 1, 8 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления (Тестирование)
- КМ-2 Тест 2, 8 семестр. Структурные схемы систем управления (Тестирование)
- КМ-3 Тест 3, 8 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО (Тестирование)
- КМ-4 Контрольная работа 1, 8 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения (Контрольная работа)
- КМ-5 Контрольная работа 2, 8 семестр. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости (Контрольная работа)
- КМ-6 Расчетное задание, 8 семестр: «Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-7 Защита лабораторных работ 1-3, 8 семестр (Коллоквиум)
- КМ-8 Защита лабораторных работ 4-5, 8 семестр (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения									
1.1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения		+	+						
2	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем									
2.1	Динамические системы и их виды. Математический аппарат исследования линейных непрерывных динамических систем.			+	+	+			+	+
3	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения									
3.1	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения		+	+		+			+	

4	Устойчивость, запас устойчивости и робастность системы управления								
4.1	Устойчивость, запас устойчивости и робастность системы управления			+		+			+
5	Расчет системы автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных								
5.1	Расчет системы автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных			+		+	+		+
6	Расчет системы автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных								
6.1	Расчет системы автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных		+	+		+		+	+
Вес КМ, %:		5	5	5	20	20	25	10	10

Министерство образования и науки РФ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Программа бакалавриата: Цифровые системы управления технологическими процессами

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

**Оценочные материалы по дисциплине
Б1.В.21 ТАУ**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Оценочное средство (тип и наименование)
Знать:		
основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;	ПК-1.4	Тестирование/Тест 1, 7семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления
методы математического описания линейных систем управления	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Тестирование/Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления
методы анализа линейных систем управления	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр Тестирование/Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
методы синтеза линейных систем управления	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр Тестирование/Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
типовые линейные алгоритмы управления	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Тестирование/Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления
состав, структуру и задачи автоматических и автоматизированных систем управления	ПК-1.4	Тестирование/Тест 1, 7семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления
основные свойства тепловых объектов как объектов управления	ПК-1.4	Тестирование/Тест 1, 7семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления Тестирование/Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления
выполнять синтез АСР с типовыми	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ
линейными алгоритмами		4-5, 7 семестр

управления		Расчетно-графическая работа/Расчетное задание, 7 семестр: «Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования»
выполнять анализ линейных систем автоматического управления, оценивать качество их работы, рассчитывать прямые и интегральные показатели качества	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 2, 7 семестр. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости Тестирование/Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
применять методы идентификации объектов управления	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр
рассчитывать статические и динамические характеристики линейных объектов и систем управления, а также получать их экспериментальным путем	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 1, 7 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические
строить математические модели линейных объектов и систем управления	ПК-1.4	Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 1, 7 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Фонд компетентностно-ориентированных оценочных средств по дисциплине включает:

А) Перечень лабораторных работ

1. Ознакомление с пакетом MathCad. Элементарные звенья и их характеристики. Соединения элементарных звеньев;
2. Типовые линейные алгоритмы регулирования и их характеристики;
3. Одноконтурная АСР с П, И и ПИ-регуляторами;
4. Одноконтурная АСР с ПИД-регулятором.

Фонд компетентностно-ориентированных оценочных средств по дисциплине включает:

А) Для текущего контроля успеваемости:

Тест 1 Основные термины и определения теории автоматического управления

Тест 2. Структурные схемы систем управления

Тест 3 Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО

Контрольная работа 1. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления.

Контрольная работа 2. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости

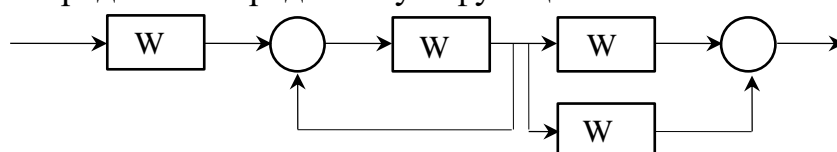
Содержание оценочных средств:

Тестовое задание №1. Тема – Основные термины и определения теории автоматического управления

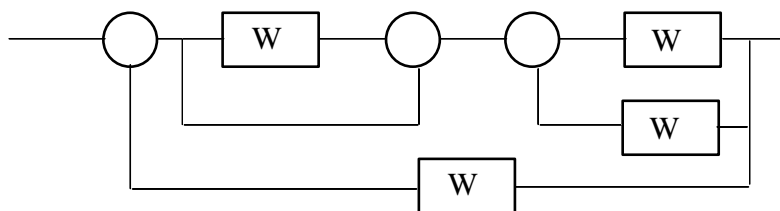
1. Перечислите основные функциональные элементы СУ, их назначение и выполняемые функции.
2. Приведите классификацию видов воздействий на СУ и их элементы.
3. Введите понятие контура регулирования и его каналов.
4. Понятие главной и местной обратной связи их назначение.
5. Введите понятие регуляторов прямого и непрямого действия.
6. Введите понятие жёсткой и гибкой обратной связи, их применение в СУ.
7. Какие принципы управления применяются в автоматических системах?
8. Назовите разновидности и свойства САР.
9. Что такое передаточные функции, особые точки и корневой годограф?
10. Что такое регулятор и закон регулирования?
11. Какими свойствами обладают основные законы регулирования?
12. Что такое временные характеристики систем и элементов?
13. Что такое частотные характеристики систем и элементов?
14. Какие правила структурных преобразований существуют?
15. Разновидности типовых звеньев систем.
16. Позиционные звенья и их свойства.
17. Интегрирующие звенья и их свойства.
18. Дифференцирующие звенья и их свойства.
19. Что такое критерий устойчивости Гурвица?
20. Что такое критерий устойчивости Михайлова?
21. Что такое критерий устойчивости Найквиста?
22. Назовите основные оценки качества систем.
23. Какие существуют методы повышения устойчивости и качества систем?
24. Укажите основные особенности анализа нелинейных систем.
25. Какова структура и особенности процессов в цифровых системах управления?
26. Что такое системы экстремального управления?
27. Какие существуют методы экстремального управления?
28. Что такое системы оптимального управления?

Тестовое задание №2. Тема – Структурные схемы систем управления

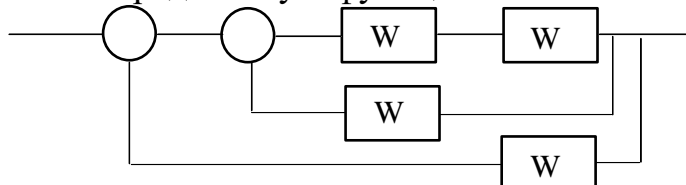
-
1. Определить передаточную функцию системы



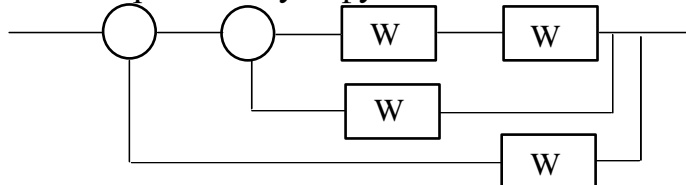
2. Определить передаточную функцию системы



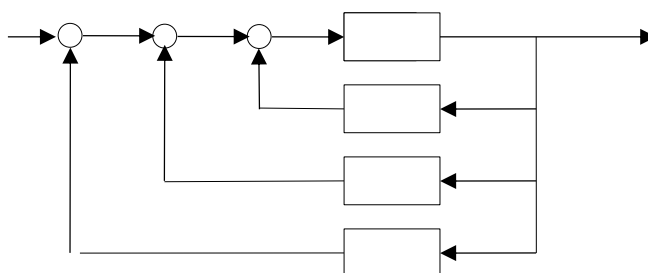
3. Определить передаточную функцию системы



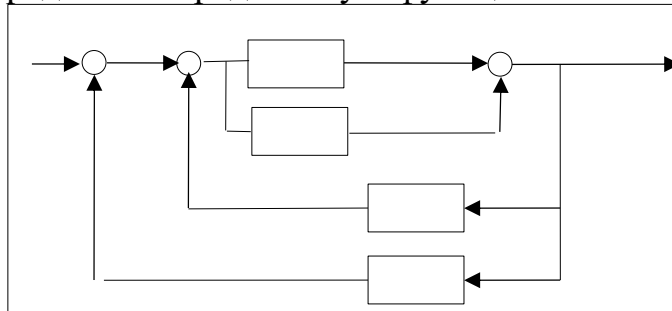
4. Определить передаточную функцию системы



5. Определить передаточную функцию системы



6. Определить передаточную функцию системы



на минимум СКО

Контрольная работа 1. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления.

1. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'''' + 78y' + 4y = 9u' + u$$

2. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'' + 2y' + 78y = 6u'' + u$$

3. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'' + 11y' + 3y = 12u' + 5u$$

4. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'''' + 4y'' + 2y = 23u' + 4u$$

5. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'' + 6y' + 3y = 3u'' + 7u$$

Контрольная работа 2. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости

-
6. Исследовать устойчивость системы управления, если характеристическое уравнение имеет вид

$$\lambda^4 + 5\lambda^3 + 9\lambda^2 + 11\lambda + 8 = 0$$

-
7. Исследовать устойчивость системы управления, если характеристическое уравнение имеет вид

$$5\lambda^4 + 3\lambda^3 + 18\lambda^2 + 10\lambda + 2 = 0$$

-
8. Исследовать устойчивость системы управления, если характеристическое уравнение имеет вид

$$\lambda^5 + 15 \lambda^4 + 9 \lambda^2 + 3 \lambda + 156 = 0$$

Методика оценки теста:

Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста.

Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста.

Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста.

Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины.

Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также неправильно выполнил расчетное задание, но наметил правильный путь его выполнения.

Расчетное задание на тему: Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования

Руководство по выполнению расчетного задания:

- 1) Содержание пояснительной записки:

Введение

1. Выбор структуры регулирования и расчёт параметров настройки
2. Моделирование характеристик расчётной системы
3. Расчёт компенсатора по каналу воздействия
4. Моделирование динамических характеристик с учетом компенсатора

5. Исследование системы управления с учётом нелинейности.

6. Настройка параметров регулирования нелинейной системы.

Заключение

Литература

2) Выбор структуры регулятора и расчет параметров настройки

В практике автоматизации производственных процессов в большинстве случаев применяются регуляторы со следующими линейными законами регулирования.

Интегральные регуляторы (сокращенно И- регуляторы).

Пропорциональные регуляторы (сокращенно П- регуляторы).

Пропорциональные регуляторы с введением в закон регулирования интеграла (сокращенно ПИ- регуляторы).

Пропорциональные регуляторы с введением в закон регулирования производной от регулируемой величины (сокращенно ПД-регуляторы).

Пропорциональные регуляторы с введением в закон регулирования интеграла и производной от регулируемой величины (сокращенно ПИД -регуляторы).

Структура и параметры настройки регуляторов выбираются исходя из динамических или математических моделей объектов.

При определении оптимальных параметров настройки регуляторов промышленных процессов в качестве показателя оптимальности системы регулирования обычно выбирается требование минимума того или иного интегрального критерия качества при действии на объект наиболее тяжелого возмущения (или изменении заданного значения регулируемой величины) с учетом добавочного ограничения на запас устойчивости системы.

При практических расчетах запас устойчивости удобно характеризовать показателем колебательности системы, величина которого в системах, совпадает с максимумом амплитудно-частотной характеристики замкнутой системы регулирования.

Для системы требуется подобрать регулятор, обеспечивающий желаемый показатель колебательности.

Допустимое значение показателя колебательности M определяется на основании опыта эксплуатации систем регулирования. Считается, что в хорошо демпфированных системах регулирования показатель колебательности не должен превосходить значений $1,1 \div 1,5$, хотя в некоторых случаях можно допускать величины до $2 \div 2,5$.

В нашем случае $M=1.34$.

После тщательного анализа системы и подбора регуляторов установили, что более разумно использовать ПИ-регулятор.

3) Расчёт ПИ-регулятора

Величина регулятора, при которой амплитудно-фазовая характеристика разомкнутой системы будет касаться окружности с заданным M , определяется следующим образом.

1) строятся АФЧХ регулируемого объекта при различных промышленных значениях времен интегрирования (1; 5; 10; 100 и т.д.), принимая в соответствие каждому значению T_i коэффициент пропорциональности равный единице.

2) задаваясь желаемым значением показателя колебательности из АФЧХ определяем коэффициенты пропорциональности, после чего из зависимости коэффициента пропорциональности от времени интегрирования находим коэффициенты входящие в состав регулятора.

4) Моделирование характеристик системы с регулятором

5) Расчёт компенсатора по каналу возмущения

Для системы, на которую действует возмущение F , требуется рассчитать компенсатор по каналу воздействия.

Для того чтобы добиться желаемого качества процесса управления или регулирования, т.е. требуемой точности системы и качества переходного процесса, есть два пути. Первый состоит в том, чтобы достигнуть этого путем изменения параметров данной системы, так как с изменением параметров меняются соответственно коэффициенты уравнения и частотные характеристики, а значит, и качество процесса.

Если же путем изменения не удастся получить желаемый результат, то надо идти вторым путем- изменить структуру системы, вводя дополнительные звенья- *корректирующие устройства*.

Основная задача корректирующих устройств состоит в улучшении точности системы и качества переходных процессов. Однако наряду с этим путем введения корректирующих устройств можно решать и более общую задачу- сделать систему устойчивой, если она была без них неустойчивой, а затем и добиться и желаемого качества процесса регулирования.

Четыре основных вида корректирующих устройств.

1. Последовательные корректирующие устройства.
2. Параллельные корректирующие устройства.
3. Корректирующие устройства по внешнему воздействию.
4. Неединичная главная обратная связь.

Если относительно основной переменной, которая должна быть нечувствительна к возмущению, построить систему таким образом, что бы воздействие этого возмущения проходило как минимум через два канала, то в этом случае можно реализовать инвариантную систему относительно данного возмущения на эту переменную.

Внешние воздействия делятся на задающие, сигнал которых система должна

воспроизводить, и возмущающие, действие которых нужно нейтрализовать. В нашем случае нужно скомпенсировать возмущающее воздействие.

6) Моделирование характеристик системы с учётом компенсатора

7) Исследование системы управления с учётом нелинейности

Методы исследования нелинейных систем:

1) *классический* (метод фазовых траекторий в фазовых плоскостях);

2) *линеаризация нелинейных характеристик.*

8) Коррекция параметров регулятора нелинейной системы

Б) Для промежуточной аттестации:

Экзамен

Проводится в письменной форме по вопросам к лабораторным работам, а также по расчетному заданию.

Перечень вопросов экзаменационных билетов

Основные понятия и задачи автоматизации. Структурная схема системы автоматического регулирования одной величины.

Классификация элементов автоматики. Схемы автоматизации технологических процессов.

Системы оптимального управления.

Математические модели.

Разновидности систем автоматического регулирования (САР) и систем автоматического управления (САУ).

Качество САУ.

Корневой и интегральный методы оценки качества САУ. Частотные методы оценки качества.

Основные соотношения между ВЧХ и переходной характеристикой. Метод трапеций

Синтез САУ. Включение корректирующих устройств

Синтез корректирующих устройств.

Коррекция свойств САУ изменением параметров звеньев

Каскадные системы управления. Синтез систем. Построение переходных процессов методом разностных уравнений.

Системы с импульсом по производной. Синтез систем. Построение переходных процессов методом разностных уравнений.

Многомерные системы управления. Синтез систем. Построение переходных процессов многомерных систем.

Перечень задач для экзамена

9. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'''' + 78y' + 4y = 9u' + u$$

10. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'' + 2y' + 78y = 6u'' + u$$

11. Определить передаточную функцию в операторной форме системы

управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y''+11y'+3y=12u'+5u$$

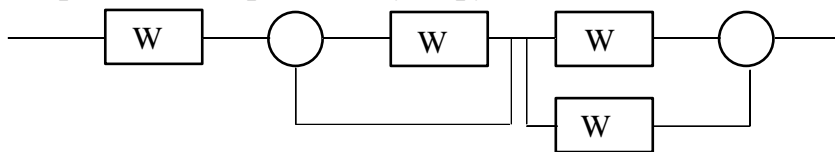
12. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y''''+4y''+2y=23u'+4u$$

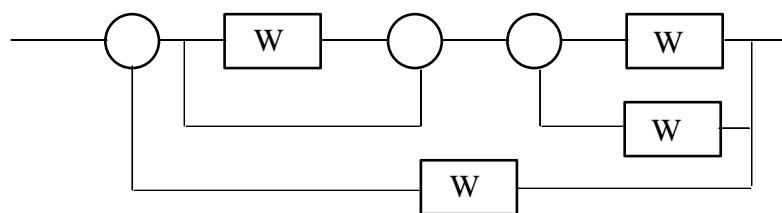
13. Определить передаточную функцию в операторной форме системы управления, которая описывается следующим уравнением (y – выход, u – вход):

$$y'' + 6y' + 3y = 3u'' + 7u$$

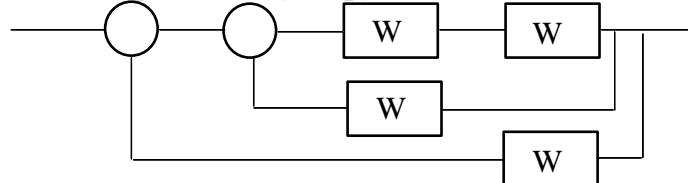
14. Определить передаточную функцию системы



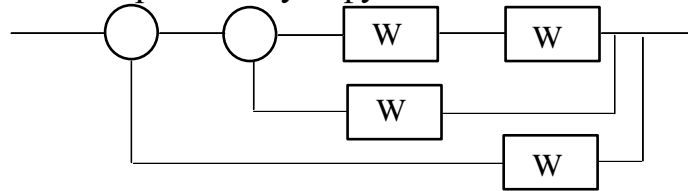
15. Определить передаточную функцию системы



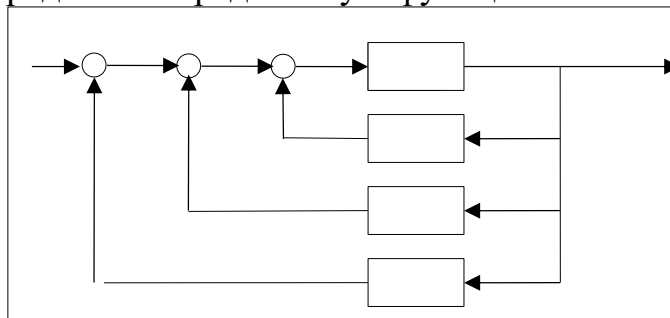
16. Определить передаточную функцию системы



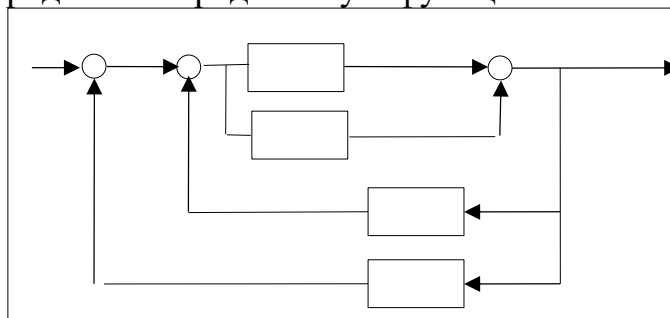
17. Определить передаточную функцию системы



18. Определить передаточную функцию системы



19. Определить передаточную функцию системы



20. Исследовать устойчивость системы управления, если характеристическое уравнение имеет вид

$$\lambda^4 + 5 \lambda^3 + 9 \lambda^2 + 11 \lambda + 8 = 0$$

21. Исследовать устойчивость системы управления, если характеристическое уравнение имеет вид

$$5\lambda^4 + 3\lambda^3 + 18\lambda^2 + 10\lambda + 2 = 0$$

22. Исследовать устойчивость системы управления, если характеристическое уравнение имеет вид

$$\lambda^5 + 15 \lambda^4 + 9 \lambda^2 + 3 \lambda + 156 = 0$$

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Показатель оценивания – описание оцениваемых основных параметров процесса или результата деятельности.

Критерий оценивания – признак, на основании которого проводится оценка по показателю.

Шкала оценивания – порядок преобразования оцениваемых параметров процесса или результата деятельности в баллы.

Формирование рейтинговой оценки по дисциплине

Показатели, критерии и шкала оценивания лабораторных работ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Материалы необходим ые для оценки знаний, умений и навыков	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценива ния
Лабораторная работа.	Соответствие методике выполнения.	Соответствует	2
		Не соответствует	0
	Срок выполнения и защиты работы	В течении текущего цикла	3
		Работа выполнена и защищена после текущего цикла	1
	Правильность ответа на вопросы	Получены правильные ответы на вопросы	3
		Получены частично неправильные ответы	2
		Получены частично правильные ответы	1
		Получены неправильные ответы	0
	Итого максимальное количество баллов за лабораторную работу		8

Методика оценки теста:

Тест считается выполненным на максимальное количество баллов (5 балла) если выполнены следующие условия:

- даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ;
- на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

Тест считается выполненным на 4 балла если выполнены следующие условия:

- даны правильные ответы не менее чем на 75 % вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ;

- на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

Тест считается выполненным минимальное количество баллов (3 балла) если выполнены следующие условия:

- даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ;
- на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

Тест считается не выполненным если:

- даны правильные ответы меньше чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ;
- на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

Критерии оценки ответа на экзаменационные вопросы

За ответ на экзаменационные вопросы ставится от 35 до 40 баллов, если получены полные ответы на вопросы;

За ответ на экзаменационные вопросы ставится от 28 до 34 баллов, если получены достаточно полные ответы на вопросы;

За ответ на экзаменационные вопросы ставится от 20 до 27 баллов, если получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов;

Экзамен не сдан, если не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты.