

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»**

Кафедра информационных и управляющих систем

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**

Основной образовательной программы по специальности 230201.65 – Информационные системы и технологии

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан д-ром техн. наук, профессором Ерёминим Евгением Леонидовичем, канд. техн. наук, доцентом Чепак Ларисой Владимировной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры

Протокол заседания кафедры от «___» _____ 201_ г. №___

Зав. кафедрой _____ / А.В. Бушманов /

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМСС 230201.65 – Информационные системы и технологии

от «___» _____ 201_ г. №___

Председатель УМСС _____ / В.В. Еремина /

СОДЕРЖАНИЕ

1	Рабочая программа учебной дисциплины	4
1.1	Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.2	Место дисциплины в структуре ООП ВПО	4
1.3	Структура и содержание дисциплины	4
1.4	Содержание разделов и тем дисциплины	5
1.5	Самостоятельная работа	5
1.6	Образовательные технологии	6
1.7	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	6
1.8	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	7
1.9	Материально-техническое обеспечение дисциплины	8
1.10	Рейтинговая оценка знаний студентов по дисциплине	8
2	Краткое изложение программного материала	8
3	Методические указания	14
3.1	Методические указания по изучению дисциплины	14
3.2	Методические указания к лабораторным занятиям	15
3.3	Методические указания по самостоятельной работе студентов	16
4	Контроль знаний	17
4.1	Текущий контроль знаний	17
4.2	Итоговый контроль	21
5	Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе	23

1 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – изучение современных методов анализа и синтеза систем автоматического управления динамическими объектами.

Задачи дисциплины:

- развить инженерный подход к выбору и применению математических методов исследования систем автоматического управления;
- сформировать устойчивые навыки в математическом описании задач анализа и синтеза систем управления.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать: принципы организации систем управления; математическое описание систем управления; методы анализа и синтеза систем автоматического управления.
- 2) Уметь: решать задачи анализа и синтеза систем автоматического управления.
- 3) Владеть: навыками по формированию математического описания системы управления, нахождению ее характеристик; осуществлению анализа систем управления.

1.2 Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина «Основы теории управления» является дисциплиной, входящей в блок общепрофессиональных дисциплин федерального компонента ОПД Ф.08 для специальности 230201.65 «Информационные системы и технологии» (квалификация «инженер»).

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения дисциплин циклов общих математических и естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 230201.65 «Информационные системы и технологии» (квалификация «инженер»): алгебра и геометрия, математический анализ, электротехника и электроника.

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения данной дисциплины необходимы для освоения цикла специальных дисциплин специальности 230201.65 «Информационные системы и технологии» (квалификация «инженер»).

1.3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа.

При изучении данной дисциплины рассматриваются следующие дидактические единицы: управление и информатика; общие принципы системной организации; устойчивость, управляемость и наблюдаемость; инвариантность и чувствительность систем управления; математические модели объектов и систем управления; формы представления моделей; методы анализа и синтеза систем управления. Цифровые системы управления; использование микропроцессоров и микро-ЭВМ в системах управления; особенности математического описания цифровых систем управления, анализа и синтеза систем управления с ЭВМ в качестве управляющего устройства; программная реализация алгоритмов управления в цифровых системах.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах				Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
				Лек	Пр	Лаб	Сам	
1	Управление и информатика. Общие принципы системной организации	5	1-2	2	0	2	4	Защита лаб. работы

2	Математические модели объектов и систем управления	5	3-4	2	0	2	4	Защита лаб. работы
			5-6	2	0	2	4	Защита лаб. работы
			7-8	2	0	2	4	Защита лаб. работы
3	Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления	5	9-10	2	0	2	4	Защита лаб. работы
			11-12	2	0	2	4	Защита лаб. работы
			13-14	2	0	2	4	Защита лаб. работы
4	Цифровые системы управления	5	15-16	2	0	2	4	Защита лаб. работы
			17-18	2	0	2	4	Защита лаб. работы
5	Всего по разделам	5	1-18	18	0	18	36	Экзамен

1.4 Содержание разделов и тем дисциплины

1.4.1 Лекции

1.4.1.1 Раздел 1. Управление и информатика. Общие принципы системной организации.

Тема 1. Основным понятия и определения. Этапы системной деятельности. Характеристика алгоритмов анализа и синтеза систем управления.

1.4.1.2 Раздел 2. Математические модели объектов и систем управления.

Тема 1. Способы линеаризации. Линейные дифференциальные уравнения. Передаточные функции. Импульсная переходная функция. Переходная характеристика. Частотная характеристика.

Тема 2. Типовые динамические звенья.

Тема 3. Анализ процессов в системах низкого порядка. Частотный метод анализа.

1.4.1.3 Раздел 3. Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления.

Тема 1. Понятия и определения. Условие устойчивости линейных систем. Критерии устойчивости.

Тема 2. Условия управляемости и стабилизируемости. Условия наблюдаемости и обнаруживаемости.

Тема 3. Динамические характеристики нелинейных систем. Устойчивость. Основные понятия и определения.

1.4.1.4 Раздел 4. Цифровые системы управления.

Тема 1. Основные понятия. Динамические характеристики импульсных систем. Разностные уравнения. Дискретное преобразование Лапласа и Z-преобразование. Импульсные передаточные функции.

Тема 2. Устойчивость импульсных систем. Синтез импульсных систем. Цифровое моделирование автоматических систем управления.

1.4.2 Лабораторные занятия

1.4.2.1 Лабораторная работа 1. Вводное занятие. Знакомство с интерфейсом, структурой и назначением программного комплекса ОТУ.

1.4.2.2 Лабораторная работа 2. Исследование характеристик типовых звеньев.

1.4.2.3 Лабораторная работа 3. Исследование частотных характеристик линейных систем управления.

1.4.2.3 Лабораторная работа 4. Исследование устойчивости систем управления с обратной связью.

1.4.2.5 Лабораторная работа 5. Изучение типовых законов регулирования.

1.5 Самостоятельная работа

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	Управление и информатика. Общие принципы системной организации	Выполнение лабораторной работы	4

2	Математические модели объектов и систем управления	Выполнение двух лабораторных работ	12
3	Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления	Выполнение лабораторной работы	12
4	Цифровые системы управления	Выполнение лабораторной работы	8

1.6 Образовательные технологии

В качестве образовательных технологий при изучении дисциплины используются мультимедийные лекции. Защита лабораторных работ происходит в виде устной беседы по выполненным студентом заданиям и контрольным вопросам. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме, составляет не менее 7.2 часов аудиторных занятий:

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) образовательных технологий	Количество часов
1	Управление и информатика. Общие принципы системной организации	Мультимедийные лекции	2
		Беседа по лабораторной работе № 1	1
2	Математические модели объектов и систем управления	Мультимедийные лекции	6
		Беседа по лабораторным работам № 2 – 3	2
3	Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления	Мультимедийные лекции	6
		Беседа по лабораторным работам № 4	1
4	Цифровые системы управления	Мультимедийные лекции	4
		Беседа по лабораторной работе № 5	1
5	Всего по разделам		23

1.7 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

1.7.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

1.7.1.1 Индивидуальные задания для лабораторных работ.

1.7.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену:

1.7.2.1 Основные понятия теории управления. Принципы управления в системах автоматического управления.

1.7.2.2 Линеаризация систем автоматического управления. Первая форма записи.

1.7.2.3 Интегральные преобразования Лапласа. Вторая форма записи.

1.7.2.4 Модели систем автоматического управления в пространстве состояний.

1.7.2.5 Частотная передаточная функция систем автоматического управления и ее характеристики

1.7.2.6 Типовые соединения и передаточные функции систем автоматического управления.

1.7.2.7 Структурные преобразования линейных систем автоматического управления.

1.7.2.8 Классификация динамических звеньев систем автоматического управления.

Типовые временные характеристики.

1.7.2.9 Инерционное звено 1-ого порядка.

1.7.2.10 Инерционное звено 2-ого порядка.

1.7.2.11 Идеальное интегрирующее звено.

1.7.2.12 Реальное дифференцирующее звено.

- 1.7.2.13 Звено с чистым запаздыванием.
 - 1.7.2.14 Устойчивость систем автоматического управления. Необходимые и достаточные условия устойчивости.
 - 1.7.2.15 Граница устойчивости и ее типы.
 - 1.7.2.16 Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
 - 1.7.2.17 Критерий устойчивости Михайлова.
 - 1.7.2.18 Критерий устойчивости Найквиста
 - 1.7.2.19 Оценка установившейся точности в режимах стабилизации и слежения.
 - 1.7.2.20 Качество систем автоматического управления. Прямые показатели качества. Оценка быстродействия и запаса устойчивости.
 - 1.7.2.21 Корневой и интегральные методы оценки качества систем автоматического управления.
 - 1.7.2.22 Частотный критерий оценки качества систем автоматического управления.
 - 1.7.2.23 Типовые регуляторы и коррекция систем автоматического управления.
 - 1.7.2.24 Математические модели дискретных систем автоматического управления
 - 1.7.2.25 Основные понятия и определения дискретных систем автоматического управления. Экстраполятор нулевого порядка.
 - 1.7.2.26 Анализ устойчивости и качества дискретных систем автоматического управления.
- 1.7.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
- 1.7.3.1 Карточки с индивидуальными заданиями для лабораторных работ.

1.8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1.8.1 Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления: [учеб. пособие] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - СПб. : Профессия, 2004. - 750 с.

1.8.2 Теория автоматического управления : учеб. : доп. Мин. обр. РФ / под ред. В. Б. Яковлева. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 568 с.

1.8.3 Ротач В. Я. Теория автоматического управления: учеб.: рек. Мин. обр. РФ / В. Я. Ротач. - 4-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2007. - 400 с.

б) дополнительная литература:

1.8.4 Еремин Е. Л. Основы теории управления: практикум на ПЭВМ : учеб. пособие / Е. Л. Еремин, И. Е. Еремин, Л. В. Ильина ; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2002. - 92 с.

1.8.5 Теория автоматического управления: учебник: Рек. Мин. обр. РФ / Ред. Ю.М. Соломенцев. - 4-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2003. - 270 с.

1.8.6 Шишмарев В. Ю. Основы автоматического управления: учеб. пособие: рек. УМО / В. Ю. Шишмарев. - М. : Академия, 2008. - 349 с.

в) периодические издания:

1.8.7 IEEE Transactions on Control Systems Technology.

1.8.8 Автоматика и телемеханика.

1.8.9 Известия РАН. Теория и системы управления.

1.8.10 Мехатроника, автоматизация и управление.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1.8.11 Программный комплекс ОТУ.

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	Интернет библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

1.9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1.9.1 Лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

1.9.2 Лаборатории, оборудованные рабочими местами пользователей ЭВМ.

1.10 Рейтинговая оценка знаний студентов по дисциплине

Семестровый модуль дисциплины						
№ п/п	Раздел дисциплины	Виды контроля	Сроки выполнения (недели)	Максимальное кол-во баллов	Посещение, активность на практических занятиях	Максимальное кол-во баллов за модуль
1	Управление и информатика. Общие принципы системной организации	Сдача лабораторной работы № 1	1-2	5	1	6
2	Математические модели объектов и систем управления	Сдача лабораторных работ № 2 – 3	3-7	22	3	25
3	Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления	Сдача лабораторной работы № 4	8-14	14	3	17
4	Цифровые системы управления	Сдача лабораторной работы № 5	15-18	10	2	12
5	Промежуточная аттестация	Экзамен	1-18	40	0	60
Итого						100

2 КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МАТЕРИАЛА

2.1 Раздел 1. Управление и информатика. Общие принципы системной организации.

Лекция 1: Основные понятия и определения. Этапы системной деятельности. Характеристика алгоритмов анализа и синтеза систем управления.

План:

1. История развития автоматического управления.
2. Основные понятия и определения.
3. Этапы системной деятельности.
4. Характеристика алгоритмов анализа и синтеза систем управления.

Цели, задачи: Ввести основные понятия и определения курса, указать место дисциплины в сфере теории управления и в учебном процессе. Ознакомить студентов со структурой курса, содержанием лабораторных занятий, требованиями Государственного образовательного стандарта. Рекомендовать основную и дополнительную литературу, дать методические указания по изучению дисциплины и организации самостоятельной работы студентов, ознакомить студентов с формами текущего и итогового контроля по дисциплине. Ознакомить студентов с основными этапами системной деятельности. Рассмотреть алгоритмы анализа и синтеза систем управления.

Ключевые вопросы: 1) Что такое информация? 2) Что такое информатика? 3) Что такое кибернетика? 4) Что такое управление? 5) На какие два класса делятся все автоматические системы? 6) Назовите основные этапы системной деятельности. 7) Цель анализа системы управления. 8) Цель синтеза системы управления. 9) Алгоритм анализа системы управления. 10) Алгоритм синтеза системы управления.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.3, 1.8.5, 1.8.6

2.2 Раздел 2. Математические модели объектов и систем управления.

Лекция 2: Способы линеаризации. Линейные дифференциальные уравнения. Передаточные функции. Импульсная переходная функция. Переходная характеристика. Частотная характеристика.

План:

1. Линеаризация уравнений.
2. Линейные дифференциальные уравнения.
3. Аппарат передаточных функций.
4. Импульсная переходная функция.
5. Переходная характеристика.
6. Частотная характеристика.

Цели, задачи: Познакомить студентов с математическими моделями систем автоматического управления. Рассмотреть методики составления уравнений, описывающих процессы в системах управления, линеаризацию уравнений. Познакомить студентов с двумя основными формами записи уравнений. Изучить аппарат передаточных функций. Разъяснить студентам основные понятия передаточных функций и матриц. Закрепить изучаемый материал практическими примерами.

Ключевые вопросы: 1) Назовите первый пример системы автоматического управления. 2) Какими уравнениями могут описываться процессы в автоматических системах? 3) Поясните модели непрерывных систем с сосредоточенными параметрами. 4) Используя какую информацию о системе можно построить ее структурную схему? 5) Что отражает структурная схема системы? 6) Какие допущения используются при линеаризации уравнений? 7) Каким уравнением описывается установившееся состояние звена? 8) Чем отличается линеаризованное уравнение звена от исходного уравнения? 9) Поясните первую форму записи линейного уравнения. 10) Сформулируйте принцип суперпозиции. 11) Поясните вторую форму записи уравнений динамических звеньев. 12) Напишите преобразование Лапласа. 13) Определение передаточной функции. 14) Поясните на примерах нахождение передаточной функции. 15) Дайте определение импульсной переходной функции. 16) Дайте определение d -

функции. 17) Дайте определение переходной характеристики. 18) Докажите зависимость между импульсной переходной функцией и переходной характеристикой. 19) Назовите основные частотные характеристики. 20) Напишите формулы для нахождения основных частотных характеристик. 21) Поясните на примерах нахождение основных временных и частотных характеристик динамических звеньев.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.3, 1.8.5, 1.8.6

Лекция 3: Типовые динамические звенья.

План:

1. Статические звенья.
2. Интегрирующие звенья.
3. Дифференцирующие звенья.

Цели, задачи: Рассмотреть группы типовых динамических звена: временные и частотные характеристики, привести примеры.

Ключевые вопросы: 1) Запишите уравнение безынерционного звена. 2) Запишите передаточную функцию инерционного звена 1-го порядка. 3) Постройте график переходного процесса инерционного звена 1-го порядка. 4) Запишите уравнение весовой функции инерционного звена 2-го порядка. 5) Постройте график амплитудно-частотной характеристики инерционного звена 1-го порядка. 6) Приведите физический пример колебательного звена. 7) Постройте график амплитуднофазочастотной характеристики колебательного звена. 8) Запишите уравнение идеального интегрирующего звена. 9) Запишите передаточную функцию интегрирующего звена с замедлением. 10) Постройте график переходного процесса идеального интегрирующего звена. 11) Запишите уравнение весовой функции интегрирующего звена с замедлением. 12) Постройте график амплитудно-частотной характеристики идеального интегрирующего звена. 13) Приведите физический пример интегрирующего звена с замедлением. 14) Постройте график амплитуднофазочастотной характеристики интегрирующего звена с замедлением. 15) Запишите уравнение идеального дифференцирующего звена. 16) Запишите передаточную функцию реального дифференцирующего звена. 17) Постройте график переходного процесса идеального дифференцирующего звена. 18) Запишите уравнение весовой функции реального дифференцирующего звена. 19) Постройте график амплитудно-частотной характеристики идеального дифференцирующего звена. 20) Приведите физический пример реального дифференцирующего звена. 21) Постройте график амплитудно-фазочастотной характеристики реального дифференцирующего звена.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 4: Анализ процессов в системах низкого порядка. Частотный метод анализа.

План:

1. Анализ процессов в системах низкого порядка.
2. Частотный метод анализа.

Цели, задачи: Сформировать у студентов основные знания по анализу систем автоматического управления. Изучить методику частотного анализа систем управления.

Ключевые вопросы: 1) Назовите обобщенные частотные характеристики замкнутых систем управления. 2) Связь частотных характеристик и характеристик переходного процесса. 3) Поясните суть метода определения вещественных и мнимых частотных характеристик замкнутых систем по амплитудно-фазовым и логарифмическим частотным характеристикам разомкнутых систем. 4) Поясните оценку переходных процессов по виду вещественной частотной характеристики.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.3, 1.8.5, 1.8.6.

2.3 Раздел 3. Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления.

Лекция 5: Понятия и определения. Условие устойчивости линейных систем. Критерии устойчивости.

План:

1. Условие устойчивости линейных систем.
2. Границы устойчивости.
3. Критерии устойчивости.

Цели, задачи: Ввести для студентов основные понятия устойчивости. Рассмотреть границы устойчивости, критерии устойчивости линейных систем. Сформировать у студентов навыки по применению рассмотренных критериев устойчивости.

Ключевые вопросы: 1) Поясните понятие устойчивости. 2) Сформулируйте необходимые и достаточные условия устойчивости линейных систем. 3) Кем сформулирована математическая теория устойчивости. 4) Назовите границы устойчивости. 5) Поясните апериодическую границу устойчивости. 6) Поясните колебательную границу устойчивости. 7) Поясните границу устойчивости бесконечного корня. 8) Что такое матрица Гурвица? 9) Сформулируйте критерий устойчивости Раусса-Гурвица. 10) Необходимые и достаточные условия устойчивости для линейной системы второго порядка. 11) Сформулируйте критерий устойчивости Михайлова. 12) Следствие критерия Михайлова. 13) Нарисуйте годограф Михайлова устойчивой системы 4-го порядка. 14) Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста. 15) Определение минимально-фазовой передаточной функции. 16) Определение гурвицевой передаточной функции. 17) Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста для минимально-

фазовой гурвицевой передаточной функции. 18) Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста для минимально-фазовой негурвицевой передаточной функции.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 6: Условия управляемости и стабилизируемости. Условия наблюдаемости и обнаруживаемости.

План:

1. Управляемость и стабилизируемость.
2. Наблюдаемость и обнаруживаемость.

Цели, задачи: Сформировать у студентов устойчивые навыки по определению управляемости и наблюдаемости линейных систем автоматического управления.

Ключевые вопросы: 1) Определение управляемости. 2) Как строится матрица управляемости? 3) Сформулируйте критерий управляемости. 4) Определение стабилизируемости. 5) Определение наблюдаемости. 6) Как строится матрица наблюдаемости? 7) Сформулируйте критерий наблюдаемости. 8) Понятие обнаруживаемости.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1, 1.8.3.

Лекция 7: Динамические характеристики нелинейных систем. Устойчивость. Основные понятия и определения.

План:

1. Нелинейные системы.
2. Устойчивость нелинейных систем.

Цели, задачи: Ввести понятия нелинейных систем. Рассмотреть основные типы устойчивости нелинейных систем.

Ключевые вопросы: 1) Какая нелинейность называется существенной? 2) Дайте определение нелинейной системы управления. 3) Назовите основные типы существенных нелинейностей. 4) Какие системы относят к нелинейным системам первого типа? 5) Дайте определение нелинейной системы устойчивой в малом. 6) Дайте определение нелинейной системы устойчивой в большом. 7) Дайте определение нелинейной системы устойчивой в целом.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.3, 1.8.5, 1.8.6.

2.4 Раздел 4. Цифровые системы управления.

Лекция 8: Основные понятия. Динамические характеристики импульсных систем. Разностные уравнения. Дискретное преобразование Лапласа и Z-преобразование. Импульсные передаточные функции.

План:

1. Основные понятия цифровых систем управления.
2. Динамические характеристики импульсных систем.
3. Разностные уравнения.
4. Дискретное преобразование Лапласа и Z-преобразование.
5. Импульсные передаточные функции.

Цели, задачи: Формирование основных понятий цифровых систем управления. Рассмотреть дискретное преобразование Лапласа и Z-преобразование. Научить студентов получать импульсные передаточные функции.

Ключевые вопросы: 1) Что такое дискретизация сигнала? 2) Понятие квантования сигнала по времени. 3) Понятие квантования сигнала по уровню. 4) Понятие цифровой системы управления. 5) Понятие линейной импульсной системы. 6) Понятие разностного уравнения. 7) Понятие простейшего импульсного элемента. 8) Понятие экстраполятора. 9) Понятие решетчатой функции. 10) Основные математические операции над решетчатыми функциями. 11) Понятие дискретного преобразования Лапласа. 12) Понятие Z-преобразования. 13) Сформулируйте основные правила и теоремы Z-преобразования. 14) Понятие импульсной автоматической системы. 15) Формула для нахождения передаточной функции приведенной части. 16) Частотная передаточная функция импульсных систем.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.3, 1.8.5, 1.8.6.

Лекция 9: Устойчивость импульсных систем. Синтез импульсных систем. Цифровое моделирование автоматических систем управления.

План:

1. Устойчивость импульсных систем.
2. Синтез импульсных систем.
3. Цифровое моделирование автоматических систем управления.

Цели, задачи: Сформировать у студентов понятия устойчивости импульсных систем, типовых законов управления и навык синтеза дискретных систем управления. Рассмотреть способы реализации алгоритмов систем управления в управляющих ЦВМ.

Ключевые вопросы: 1) Понятие конформного преобразования. 2) Критерий устойчивости импульсной системы управления. 3) Понятие аperiodической границы устойчивости импульсной системы. 4) Понятие колебательной границы устойчивости импульсной системы. 5) Понятие u -преобразования. 6) Понятие псевдочастоты. 7) Приведите пример исследования устойчивости импульсной системы управления. 8) Понятие П-регулятора. 9) Понятие пропорционально-суммарного закона. 10) Понятие пропорционально-разностного закона. 11)

Понятие пропорционально-суммарно-разностного закона. 12) Постановка задачи синтеза систем с фиксированной структурой. 13) Из каких требований определяются параметры регулятора? 14) Что появляется в результате реализации программ на управляющей ЦВМ? 15) Поясните метод Эйлера. 16) Поясните метод трапеций. 17) Назначение методов простой и центральной разностей. 18) Поясните метод прямого программирования. 19) В чем отличия методов последовательного и параллельного программирования?

Ссылки на литературные источники:

1.8.1, 1.8.2, 1.8.5, 1.8.6.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

3.1 Методические указания по изучению дисциплины

Для оптимальной организации изучения дисциплины студентам рекомендуется следовать следующим методическим указаниям.

Студенты обязаны присутствовать на занятиях и выполнять все предусмотренные учебно-методическим комплексом дисциплины формы учебной работы; проходить промежуточный и итоговый контроль в виде защит лабораторных работ, аттестации в форме письменного опроса; сдачи экзамена в предлагаемой преподавателем форме.

Дисциплина «Основы теории управления» изучается студентами в 5 семестре обучения. Курс предусматривает 18 часов лекционных занятий, 18 часов лабораторных занятий и заканчивается экзаменом. На самостоятельную работу студентов отводится 36 часов.

Изучение теоретической части курса предусматривает рассмотрение следующих разделов (в скобках указан объем, затрачиваемый на изучение раздела в часах).

Раздел 1. Управление и информатика. Общие принципы системной организации. (2 часа)

Тема 1. Основные понятия и определения. Этапы системной деятельности. Характеристика алгоритмов анализа и синтеза систем управления.

Раздел 2. Математические модели объектов и систем управления. (6 часов)

Тема 1. Способы линеаризации. Линейные дифференциальные уравнения. Передаточные функции. Импульсная переходная функция. Переходная характеристика. Частотная характеристика.

Тема 2. Типовые динамические звенья.

Тема 3. Анализ процессов в системах низкого порядка. Частотный метод анализа.

Раздел 3. Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления. (6 часов)

Тема 1. Понятия и определения. Условие устойчивости линейных систем. Критерии устойчивости.

Тема 2. Условия управляемости и стабилизируемости. Условия наблюдаемости и обнаруживаемости.

Тема 3. Динамические характеристики нелинейных систем. Устойчивость. Основные понятия и определения.

Раздел 4. Цифровые системы управления. (4 часа)

Тема 1. Основные понятия. Динамические характеристики импульсных систем. Разностные уравнения. Дискретное преобразование Лапласа и Z-преобразование. Импульсные передаточные функции.

Тема 2. Устойчивость импульсных систем. Синтез импульсных систем. Цифровое моделирование автоматических систем управления.

Каждая лекция содержит необходимый объем теоретического материала, изучение которого предусмотрено государственным образовательным стандартом дисциплины. В дополнение к лекционному материалу, студентам рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.8.

Студенты в рамках аудиторных занятий должны, в целом, владеть понятийным аппаратом, основанном на ранее изученных дисциплинах, воспринимать теоретический материал основного содержания лекции, видеть причинно-логические связи в лекции, понимать схему решения примеров, приводимых в лекции. Для освоения темы каждой лекции на более глубоком уровне требуется дополнительная работа с теоретическим материалом в форме прочтения основной и дополнительной литературы, самостоятельной работы с лекцией.

Для выполнения лабораторной работы необходимо освоить теоретические основы соответствующего раздела, ответить на контрольные вопросы, выполнить задания лабораторной работы.

3.2 Методические указания к лабораторным занятиям

Курс предусматривает лабораторные занятия по следующим темам (в скобках указан объем в часах, отводимый на выполнение каждой работы).

Лабораторные занятия:

1. Вводное занятие. Знакомство с интерфейсом, структурой и назначением программного комплекса ОТУ. (2 часа)
2. Исследование характеристик типовых звеньев. (4 часа)
3. Исследование частотных характеристик линейных систем управления. (4 часа)
5. Исследование устойчивости систем управления с обратной связью. (6 часов)
7. Изучение типовых законов регулирования. (2 часа)

Лабораторные работы выполняются и сдаются парами (работа в команде).

Лабораторный курс методически поддержан пособием, указанном в п.1.8.4. В практикуме, ориентированном на пакет ОТУ, изложены принципы работы с системами автоматического управления, методы исследования и анализа линейных и нелинейных систем. Все инструкции изложены подробно, на примерах, с использованием справочных материалов. К каждой лабораторной работе приводится список заданий для самостоятельного выполнения и контрольные вопросы.

Кроме того, студентам рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.8, обращая внимание на практические аспекты использования пакета ОТУ. После выполнения по каждой работе, кроме первой, готовится отчет и каждая лабораторная работа подлежит защите. Преподаватель проверяет правильность выполнения заданий, ответы на контрольные вопросы и может студенту предложить дополнительное индивидуальное задание по теме лабораторной работы.

Сроки защиты лабораторных работ ограничены отведенным на выполнение практикума аудиторным временем – 18 часов. Необходимым условием допуска студента на экзамен является сдача всех лабораторных работ.

3.3 Методические указания по самостоятельной работе студентов

На самостоятельную работу студента по дисциплине «Основы теории управления» отводится 36 часов.

Схема самостоятельной работы студентов, перечень тем, рекомендации по работе с литературой, рекомендации по подготовке к аттестации:

Неделя семестра	Тема и/или форма самостоятельной работы, рекомендация по работе с литературой	Кол-во часов, отведенных на самостоятельную работу
1-2	Управление и информатика. Общие принципы системной организации. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторной работе. Рекомендуется использование лекций по этой теме, литературных источников 1.8.1 – 1.8.6, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; Интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru , http://elibrary.ru , периодических изданий 1.8.7 – 1.8.10	4
3-7	Математические модели объектов и систем управления. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторным работам. Рекомендуется использование лекций по этой теме, литературных источников 1.8.1 – 1.8.6, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; Интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru , http://elibrary.ru , периодических изданий 1.8.7 – 1.8.10	12
8-14	Устойчивость. Методы анализа и синтеза систем управления.	12

	Самостоятельная работа по подготовке к лабораторной работе. Рекомендуется использование лекций по этой теме, литературных источников 1.8.1 – 1.8.6, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; Интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru , http://elibrary.ru , периодических изданий 1.8.7 – 1.8.10	
15-18	Цифровые системы управления. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторной работе. Рекомендуется использование лекций по этой теме, литературных источников 1.8.1 – 1.8.6, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; Интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru , http://elibrary.ru , периодических изданий 1.8.7 – 1.8.10	8

4 КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

4.1 Текущий контроль знаний

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: зачетная система оценки знаний учащихся.

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения лабораторных занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего занятия, а также проверки заданий лабораторных работ. Промежуточный контроль осуществляется четыре раза в семестр в виде письменного опроса по основным понятиям и определениям изучаемых разделов лекционного курса. Перечень вопросов приведен в ключевых вопросах лекций п. 2. Третий промежуточный контроль может быть проведен в качестве тестирования, в который включены тесты по трем изученным разделам.

Примерный вариант теста

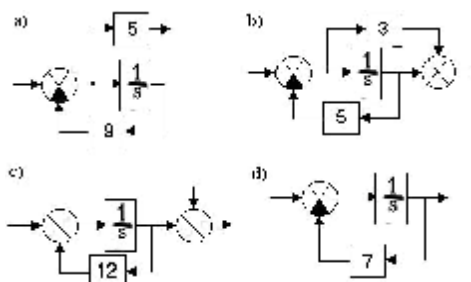
1. Укажите передаточную функцию реально дифференцирующего звена:

a) $W(p) = \frac{2p+1}{3p+8}$	b) $W(p) = \frac{3}{2p+7}$	c) $W(p) = \frac{p}{p+6}$	d) $W(p) = \frac{2p}{p^2+9}$
-------------------------------	----------------------------	---------------------------	------------------------------

2. Сигнал, обладающий свойством $\int_{-\infty}^{\infty} d(t)dt = 1$ называется:

a) Дельта-функцией	b) функцией Дирака	c) весовой функцией	d) функция Ляпунова
--------------------	--------------------	---------------------	---------------------

3. Укажите структурную схему аperiodического звена первого порядка:



4. Укажите уравнение переходного процесса для звена: $W(s) = \frac{T_1 s}{T_2 s + 1}$

a) $h(t) = T_1 \left(T_2 - e^{-\frac{t}{T_2}} \right)$	b) $h(t) = \frac{T_1}{T_2} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}}$	c) $h(t) = \frac{T_2}{T_1} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}$	d) $h(t) = 1 - e^{-\frac{T_1}{T_2} t}$
---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------	------------------------------------------------------	----------------------------------------

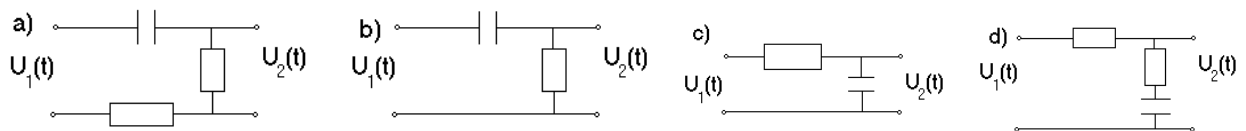
5. Интервалом времени от момента подачи единичной ступени на вход до момента, начиная с которого переходной процесс попадает в зону заданной точности и больше ее не покидает называется:

a) время настройки	b) время регулирования	c) время адаптации	d) время реакции
--------------------	------------------------	--------------------	------------------

6. Уравнение переходного процесса для интегрирующего звена с замедлением имеет вид

a) $h(t) = k \left[1 - e^{-\frac{t}{T}} \right]$	b) $h(t) = k \left[e^{-\frac{t}{T}} - 1 - t \right]$	c) $h(t) = k \left[t - T + T e^{-\frac{t}{T}} \right]$	d) $h(t) = k \left[1 - T \cdot t - T e^{-\frac{t}{T}} \right]$
---------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

7. Укажите схему реально дифференцирующего звена

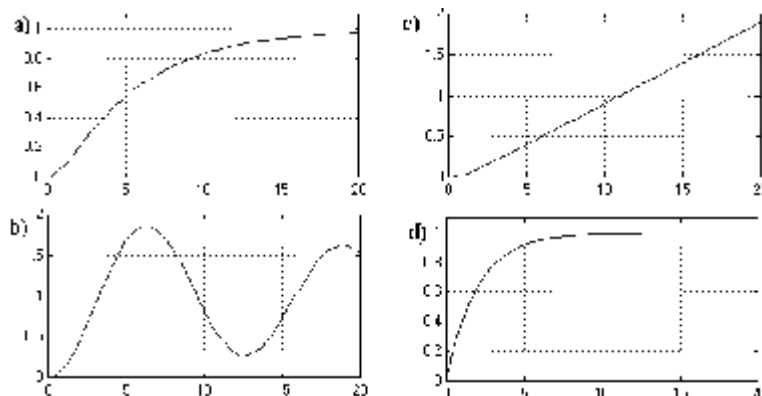


8. Если передаточная функция звена представлена уравнением

$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad T_1^2 - 4T_2^2 < 0, \quad \text{то величина } x = \frac{T_1}{2T_2} \text{ называется}$$

a) степень устойчивости	b) коэффициент затухания	c) степень затухания	d) собственной частотой колебаний
-------------------------	--------------------------	----------------------	-----------------------------------

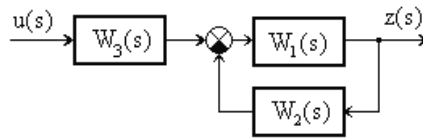
9. Укажите переходной процесс интегрирующего звена с замедлением



10. Переходной процесс колебательного звена имеет вид

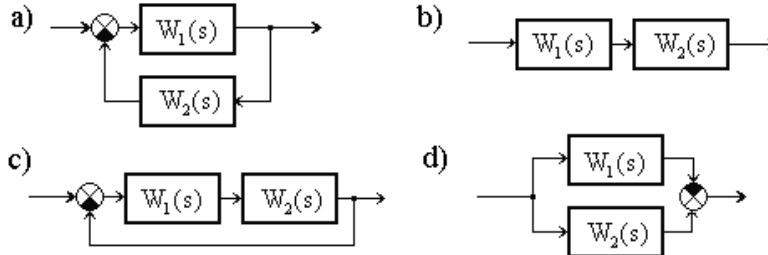
a) $h(t) = 1 + \frac{g}{x \cdot I} \cdot e^{-g \cdot t} \cdot \sin(I t + j)$	b) $h(t) = k \cdot \left[1 - \frac{g}{x \cdot I} \cdot e^{-g \cdot t} \cdot \sin(I t + j) \right]$	c) $h(t) = -\frac{g}{x \cdot I} \cdot e^{-g \cdot t} \cdot \sin(I t - j)$	d) $h(t) = k + 1 + \frac{g}{x \cdot I} \cdot e^{-g \cdot t} \cdot \sin(I t + j)$
------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------

11. Общая передаточная функция звена, представленного на рисунке, имеет вид

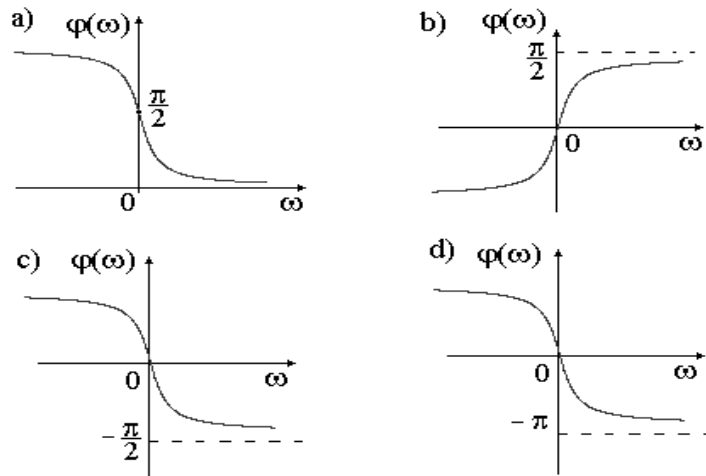


a)	b)	c)	d)
$W(s) = \frac{W_1(s) \cdot W_2(s) \cdot W_3(s)}{1 - W_1(s) \cdot W_2(s)}$	$W(s) = \frac{W_1(s) \cdot W_3(s)}{1 + W_1(s) \cdot W_2(s)}$	$W(s) = \frac{W_1(s) \cdot W_2(s)}{1 + W_1(s) \cdot W_2(s) \cdot W_3(s)}$	$W(s) = \frac{1 + W_1(s) \cdot W_2(s)}{W_1(s) \cdot W_2(s) \cdot W_3(s)}$

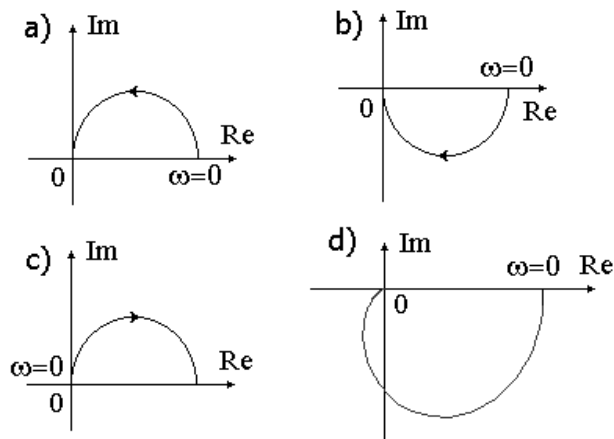
12. Укажите схему, на которой представлено параллельное соединение звеньев



13. Укажите график фазовой частотной характеристики аperiodического звена первого порядка



14. Укажите годограф реально-дифференцирующего звена ($\omega > 0$)



15. Укажите уравнение, по которому можно вычислить фазовую частотную характеристику звена с передаточной функцией

$$W(j\omega) = k \cdot \frac{\operatorname{Re} Q(j\omega) + j \operatorname{Im} Q(j\omega)}{\operatorname{Re} R(j\omega) + j \operatorname{Im} R(j\omega)}$$

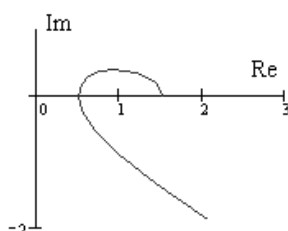
$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Re} R(j\omega)}{\operatorname{Re} Q(j\omega)} - \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} R(j\omega)}{\operatorname{Im} Q(j\omega)},$$

$$\varphi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} Q(j\omega)}{\operatorname{Re} Q(j\omega)} + \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} R(j\omega)}{\operatorname{Re} R(j\omega)},$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} Q(j\omega)}{\operatorname{Im} R(j\omega)} - \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Re} Q(j\omega)}{\operatorname{Re} R(j\omega)},$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} Q(j\omega)}{\operatorname{Re} Q(j\omega)} - \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} R(j\omega)}{\operatorname{Re} R(j\omega)}.$$

16. Если годограф Михайлова исследуемой системы имеет вид, представленный на рисунке



то система является

a) абсолютно устойчивой	b) устойчивой	c) неустойчивой	d) условно устойчивой
-------------------------	---------------	-----------------	-----------------------

17. Укажите уравнение амплитудной частотной характеристики апериодического звена 2-го порядка

$$W(s) = \frac{k}{(T_3 s + 1)(T_4 s + 1)}$$

$$\text{a) } A(\omega) = \frac{k(1 - T_3^2 \omega^2)}{\sqrt{(1 - T_3^2 \omega^2)^2 + 4T_4^2 \omega^2}},$$

$$\text{b) } A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(T_3^2 \omega^2 + 1)(T_4^2 \omega^2 + 1)}},$$

$$\text{c) } A(\omega) = \frac{kT_3 T_4 \omega}{\sqrt{(T_3^2 \omega^2 + 1)(T_4^2 \omega^2 + 1)}},$$

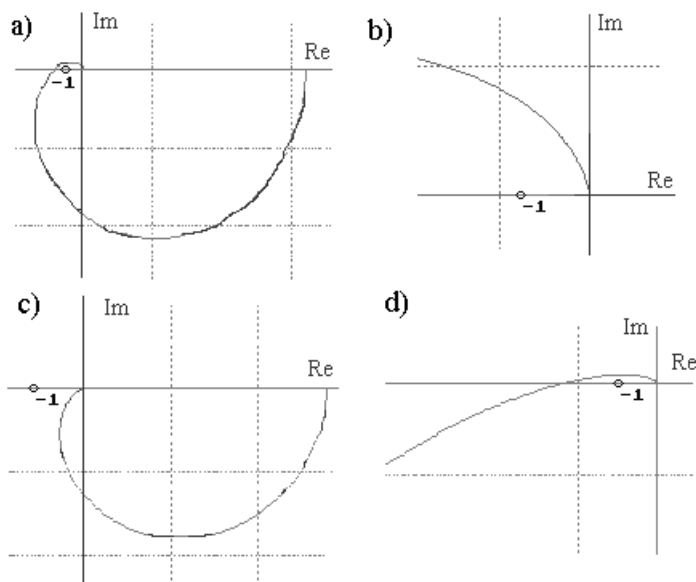
$$\text{d) } A(\omega) = \frac{k(T_3 T_4 + 1)}{\sqrt{(T_3^2 \omega^2 + 1)(T_4^2 \omega^2 + 1)}}.$$

18. Если характеристическое уравнение исследуемой системы имеет вид

$D(p) = a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + a_5$, то укажите верную матрицу Рауса-Гурвица

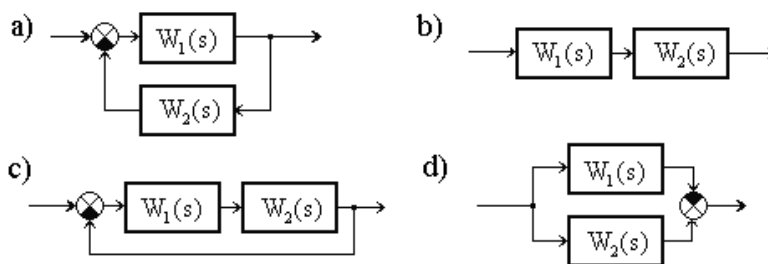
$$\text{a) } \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}, \quad \text{b) } \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & 0 & a_1 & a_2 & a_5 \end{vmatrix}, \quad \text{c) } \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \quad \text{d) } \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 & 0 \\ a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 \\ a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ 0 & 0 & a_1 & a_2 & a_5 \end{vmatrix}$$

19. Укажите устойчивый годограф Найквиста



20. Укажите схему, на которой представлено соединение с итоговой передаточной функцией

$$W(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s)W_2(s)}$$



4.2 Итоговый контроль знаний

Итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде экзамена.

Экзамен сдается в конце пятого семестра. Форма сдачи экзамена – устная. Необходимым условием допуска на экзамен является сдача всех лабораторных работ. В предлагаемый билет входят два вопроса. Студент должен дать развернутые ответы на оба вопроса.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Основные понятия теории управления. Принципы управления в системах автоматического управления.
2. Линеаризация систем автоматического управления. Первая форма записи.
3. Интегральные преобразования Лапласа. Вторая форма записи.
4. Модели систем автоматического управления в пространстве состояний.
5. Частотная передаточная функция систем автоматического управления и ее характеристики.
6. Типовые соединения и передаточные функции систем автоматического управления.

7. Структурные преобразования линейных систем автоматического управления.
8. Классификация динамических звеньев систем автоматического управления. Типовые временные характеристики.
9. Инерционное звено 1-ого порядка.
10. Инерционное звено 2-ого порядка.
11. Идеальное интегрирующее звено.
12. Реальное дифференцирующее звено.
13. Звено с чистым запаздыванием.
14. Устойчивость систем автоматического управления. Необходимые и достаточные условия устойчивости.
15. Граница устойчивости и ее типы.
16. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
17. Критерий устойчивости Михайлова.
18. Критерий устойчивости Найквиста
19. Оценка установившейся точности в режимах стабилизации и слежения.
20. Качество систем автоматического управления. Прямые показатели качества. Оценка быстродействия и запаса устойчивости.
21. Корневой и интегральные методы оценки качества систем автоматического управления.
22. Частотный критерий оценки качества систем автоматического управления.
23. Типовые регуляторы и коррекция систем автоматического управления.
24. Математические модели дискретных систем автоматического управления
25. Основные понятия и определения дискретных систем автоматического управления. Экстраполятор нулевого порядка.
26. Анализ устойчивости и качества дискретных систем автоматического управления.

5 ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Используемые образовательные технологии изложены в п. 1.6.