

**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 (ДОП. ГЛАВЫ)**

Основной образовательной программы по специальности 230201.65 – Информационные системы и технологии

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан д-ром техн. наук, профессором Ерёминым 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	Требования к результатам освоения дисциплины	4
1.4	Структура и содержание дисциплины	4
1.5	Содержание разделов и тем дисциплины	5
1.6	Самостоятельная работа	5
1.7	Образовательные технологии	6
1.8	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	6
1.9	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	8
1.10	Материально-техническое обеспечение дисциплины	9
1.11	Рейтинговая оценка знаний студентов по дисциплине	9
2	Краткое изложение программного материала	9
3	Методические указания	17
3.1	Методические указания по изучению дисциплины	17
3.2	Методические указания по самостоятельной работе студентов	19
4	Контроль знаний	20
4.1	Текущий контроль знаний	20
4.2	Итоговый контроль	21
5	Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе	22

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.

1.2 Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина «Основы теории управления» является дисциплиной, входящей в блок дисциплин специализации 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 Требования к результатам освоения дисциплины

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.

1.4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа.

№ 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	Кибернетические основы управления. Динамические звенья и их характеристики	5	1	2	0	0	0	
			2	2	0	0	0	
			3	2	0	0	0	
			4	2	0	0	0	
			5	2	0	0	5	Подготовка к контрольной работе
2	Устойчивость линейных непрерывных систем управления	5	6	2	0	0	0	
			7	2	0	0	0	
			8	2	0	0	0	

			9	2	0	0	5	Подготовка к контрольной работе
3	Качество систем управления	5	10	2	0	0	0	
			11	2	0	0	0	
			12	2	0	0	0	
			13	2	0	0	0	
			14	2	0	0	6	Подготовка к контрольной работе
4	Нелинейные системы управления	5	15	2	0	0	0	
			16	2	0	0	0	
			17	2	0	0	5	Подготовка к контрольной работе
			18	2	0	0	15	Подготовка к зачету
5	Всего по разделам	5	1-18	36	0	0	36	Зачет

1.5 Содержание разделов и тем дисциплины

1.5.1 Лекции

1.5.1.1 Раздел 1. Кибернетические основы управления. Динамические звенья и их характеристики

Тема 1. Системы, сигналы, каналы связи, обратные связи. Управление и функции управления.

Тема 2. Способы представления систем управления. Временные и частотные характеристики.

Тема 3. Статические типовые динамические звенья.

Тема 4. Интегрирующие типовые динамические звенья.

Тема 5. Дифференцирующие типовые динамические звенья.

1.5.1.2 Раздел 2. Устойчивость линейных непрерывных систем управления

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

Тема 2. Критерий Рауса-Гурвица. Критерии Михайлова.

Тема 3. Критерий Найквиста. Абсолютно и условно устойчивые системы.

Тема 4. Области и запасы устойчивости, метод Д- разбиения. Системы с запаздыванием.

1.5.1.3 Раздел 3. Качество систем управления.

Тема 1. Оценка точности в режимах стабилизации и слежения.

Тема 2. Прямые показатели качества.

Тема 3. Корневой и интегральные методы оценки качества систем автоматического управления.

Тема 4. Частотные критерии оценки качества систем автоматического управления.

Тема 5. Типовые регуляторы и корректирующие устройства.

1.5.1.4 Раздел 4. Нелинейные системы управления

Тема 1. Особенности нелинейных систем автоматического управления.

Тема 2. Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Метод фазовой плоскости.

Тема 3. Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Прямой метод Ляпунова и его применение.

Тема 4. Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Частотный метод В.М. Попова.

1.6 Самостоятельная работа

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	Кибернетические основы управ-	Подготовка к контрольной рабо-	5

	ления. Динамические звенья и их характеристики	те	
2	Устойчивость линейных непрерывных систем управления	Подготовка к контрольной работе	5
3	Качество систем управления	Подготовка к контрольной работе	6
4	Нелинейные системы управления	Подготовка к контрольной работе, подготовка к зачету	20

1.7 Образовательные технологии

В качестве образовательных технологий при изучении дисциплины используются мультимедийные лекции. 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	Кибернетические основы управления. Динамические звенья и их характеристики	Мультимедийные лекции	10
2	Устойчивость линейных непрерывных систем управления	Мультимедийные лекции	8
3	Качество систем управления	Мультимедийные лекции	10
4	Нелинейные системы управления	Мультимедийные лекции	8
5	Всего по разделам		36

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

1.8.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

1.8.1.1 Индивидуальные задания для контрольных работ.

1.8.1.1.1 Пример индивидуального задания к контрольной работе № 1.

1) Найти реакцию звена, описываемого дифференциальным уравнением $\ddot{x}(t) - 3\dot{x}(t) + 2x(t) = r(t)$ на входное воздействие $r(t) = 1(t)$ при начальных условиях $x(0) = 1, \dot{x}(0) = -2$.

2) Найти свободное, вынужденное движение, выходной сигнал системы, описываемой дифференциальным уравнением $\ddot{x}(t) + 4x(t) = r(t)$ с начальными условиями $x(0) = 1, \dot{x}(0) = -1$ при входном сигнале $r(t) = \cos(2t)$.

1.8.1.1.2 Пример индивидуального задания к контрольной работе № 2.

1) Исследовать устойчивость системы, описываемой дифференциальным уравнением $\ddot{x}(t) + 4x(t) = r(t)$.

2) Обеспечивая устойчивость замкнутой системы управления с помощью критерия устойчивости Рауса-Гурвица, запишите соотношения, которым должны удовлетворять коэффициенты разомкнутой $W(s) = \frac{K(T_1s + 1)}{s \cdot (T_2s + 1)}$.

3) Построить годограф Михайлова для системы управления с характеристическим уравнением $D(s) = 10s^5 + 55s^4 + 75s^3 + 35s^2 + 5s + 45$ и проанализировать устойчивость системы.

1.8.1.1.3 Пример индивидуального задания к контрольной работе № 3.

1) По графику переходного процесса (рисунок 1) найти перерегулирование, если известно, что $h(\infty) = 1$, $\Delta = 0.1 h(\infty)$.

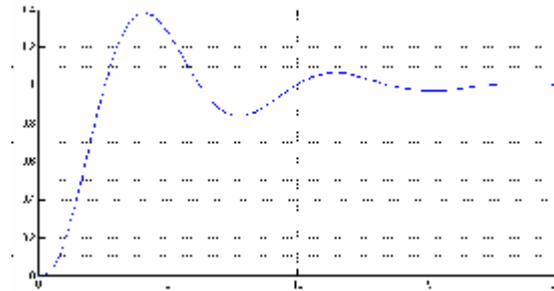


Рисунок 1.

2) По передаточной функции разомкнутой системы $W(p) = \frac{2(p+3)}{p(p+2)}$ найти величину установившейся ошибки, если $r(t) = 4t$.

3) Используя корневой метод оценки качества найти степень устойчивости, если $W(p) = \frac{7(p+1)}{(p^2 + 3p + 3)(p+2)(p+3)}$.

1.8.1.4 Пример индивидуального задания к контрольной работе № 4.

1) Составить дифференциальное уравнение системы управления, структурная схема которой изображена на рисунке 2, где $W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\alpha T s + 1}$, $F(s)$ – нелинейный элемент.

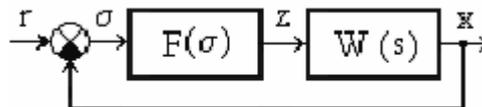


Рисунок 2.

2) Исследовать с помощью метода Ляпунова нелинейную систему $\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - x_1 x_2^4, \\ \dot{x}_2 = -x_1^3 - x_2. \end{cases}$

3) Исследовать устойчивость нелинейной системы управления, структурная схема которой представлена на рисунке 3 с помощью критерия абсолютной устойчивости, где

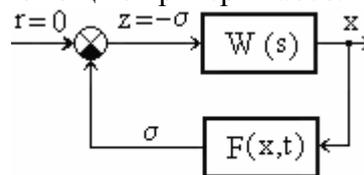


Рисунок 3.

$$F(x) = 0.5 \cdot (x + \sin(x)), \quad W(s) = \frac{1}{(s^2 + s + 1)(s + 1)}.$$

1.8.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету:

1.8.2.1 Системы, сигналы, каналы связи, обратные связи.

1.8.2.2 Управление и функции управления.

1.8.2.3 Дифференциальные уравнения и первая форма записи систем управления.

1.8.2.4 Интегральные преобразования Лапласа. Вторая форма записи систем управления.

- 1.8.2.5 Модели систем автоматического управления в пространстве состояний.
- 1.8.2.6 Временные характеристики систем управления.
- 1.8.2.7 Частотные характеристики систем управления.
- 1.8.2.8 Типовые соединения и структурные преобразования систем управления.
- 1.8.2.9 Статические типовые динамические звенья.
- 1.8.2.10 Интегрирующие типовые динамические звенья.
- 1.8.2.11 Дифференцирующие типовые динамические звенья.
- 1.8.2.12 Понятия и определения. Условие устойчивости линейных систем.
- 1.8.2.13 Критерий устойчивости Гурвица.
- 1.8.2.14 Критерии Михайлова.
- 1.8.2.15 Критерий Найквиста. Абсолютно и условно устойчивые системы.
- 1.8.2.16 Оценка точности в режимах стабилизации и слежения.
- 1.8.2.17 Прямые показатели качества.
- 1.8.2.18 Корневой метод оценки качества систем автоматического управления.
- 1.8.2.19 Интегральный метод оценки качества систем автоматического управления.
- 1.8.2.20 Частотные критерии оценки качества систем автоматического управления.
- 1.8.2.21 Типовые регуляторы.
- 1.8.2.22 Корректирующие устройства.
- 1.8.2.23 Особенности нелинейных систем автоматического управления.
- 1.8.2.24 Метод фазовой плоскости.
- 1.8.2.25 Прямой метод Ляпунова и его применение.
- 1.8.2.26 Частотный метод В.М. Попова.

1.8.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

- 1.8.3.1 Карточки с индивидуальными заданиями для контрольных работ.

1.9 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

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

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

1.9.3 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:

1.9.4 Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления: учеб. пособие / А. А. Первозванский. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 616 с.

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

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

в) периодические издания:

1.9.7 IEEE Transactions on Control Systems Technology.

1.9.8 Автоматика и телемеханика.

1.9.9 Известия РАН. Теория и системы управления.

1.9.10 Мехатроника, автоматизация и управление.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	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.

1.10 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1.10.1 Лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

1.11 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	Кибернетические основы управления. Динамические звенья и их характеристики	Контрольная работа № 1	1-4	10	4	14
2	Устойчивость линейных непрерывных систем управления	Контрольная работа № 2	5-9	10	5	15
3	Качество систем управления	Контрольная работа № 3	10-13	10	4	14
4	Нелинейные системы управления	Контрольная работа № 4	14-18	12	5	17
5	Промежуточная аттестация	Зачет	1-18	0	0	60
Итого						60

2 КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МАТЕРИАЛА

2.1 Раздел 1. Кибернетические основы управления. Динамические звенья и их характеристики

Лекция 1: Системы, сигналы, каналы связи, обратные связи. Управление и функции управления.

План:

1. Основные понятия.
2. Управление и функции 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.

Ключевые вопросы: 1) Что такое система? 2) Что такое сигнал? 3) Что такое канал связи? 4) Что такое обратная связь? 5) Что такое кибернетический блок? 6) Назовите функции управления.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 2: Способы представления систем управления. Временные и частотные характеристики.

План:

1. Системы стабилизации и слежения.
2. Временные характеристики.
3. Частотные характеристики.

Цели, задачи: Ввести для студентов понятия основных временных и частотных характеристик, используемых для изучения процессов в динамических системах. Рассмотреть изучаемый материал на практических примерах.

Ключевые вопросы: 1) Дайте определение импульсной переходной функции. 2) Дайте определение d -функции. 3) Дайте определение переходной характеристики. 4) Докажите зависимость между импульсной переходной функцией и переходной характеристикой. 5) Назовите основные частотные характеристики. 6) Напишите формулы для нахождения основных частотных характеристик. 7) Поясните на примерах нахождение основных временных и частотных характеристик динамических звеньев.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 3: Статические типовые динамические звенья.

План:

1. Безынерционное звено.
2. Инерционное звено 1-го порядка.
3. Инерционное звено 2-го порядка.
4. Колебательное звено.

Цели, задачи: Рассмотреть четыре типовых статических 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.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 4: Интегрирующие типовые динамические звенья.

План:

1. Идеальное интегрирующее звено.
2. Интегрирующее звено с замедлением.

Цели, задачи: Рассмотреть типовые интегрирующие динамические звенья, их временные и частотные характеристики, привести примеры.

Ключевые вопросы: 1) Запишите уравнение идеального интегрирующего звена. 2) Запишите передаточную функцию интегрирующего звена с замедлением. 3) Постройте график переходного процесса идеального интегрирующего звена. 4) Запишите уравнение весовой функции интегрирующего звена с замедлением. 5) Постройте график амплитудно-частотной характеристики идеального интегрирующего звена. 6) Приведите физический пример интегрирующего звена с замедлением. 7) Постройте график амплитуднофазочастотной характеристики интегрирующего звена с замедлением.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 5: Дифференцирующие типовые динамические звенья.

План:

1. Идеальное дифференцирующее звено.
2. Реальное дифференцирующее звено.

Цели, задачи: Рассмотреть типовые дифференцирующие динамические звенья, их временные и частотные характеристики, привести примеры.

Ключевые вопросы: 1) Запишите уравнение идеального дифференцирующего звена. 2) Запишите передаточную функцию реального дифференцирующего звена. 3) Постройте график переходного процесса идеального дифференцирующего звена. 4) Запишите уравнение весовой функции реального дифференцирующего звена. 5) Постройте график амплитудно-частотной характеристики идеального дифференцирующего звена. 6) Приведите физический пример реального дифференцирующего звена. 7) Постройте график амплитуднофазочастотной характеристики реального дифференцирующего звена.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

2.2 Раздел 2. Устойчивость линейных непрерывных систем управления

Лекция 6: Понятия и определения. Условие устойчивости линейных систем.

План:

1. Общие сведения.
2. Границы устойчивости.

Цели, задачи: Ввести для студентов основные понятия устойчивости. Рассмотреть границы 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.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 7: Критерий Рауса-Гурвица. Критерии Михайлова.

План:

1. Критерий Рауса-Гурвица.

2. Критерии Михайлова.

Цели, задачи: Рассмотреть алгебраический и частотный критерии устойчивости линейных систем. Сформировать у студентов навыки по применению рассмотренных критериев устойчивости.

Ключевые вопросы: 1) Что такое матрица Гурвица? 2) Сформулируйте критерий устойчивости Рауса-Гурвица. 3) Необходимые и достаточные условия устойчивости для линейной системы второго порядка. 4) Сформулируйте критерий устойчивости Михайлова. 5) Следствие критерия Михайлова. 6) Нарисуйте годограф Михайлова устойчивой системы 4-го порядка.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6.

Лекция 8: Критерий Найквиста. Абсолютно и условно устойчивые системы.

План:

1. Критерий Найквиста.

2. Абсолютно и условно устойчивые системы.

Цели, задачи: Рассмотреть две формулировки критерия Найквиста. Сформировать у студентов навыки по применению рассмотренных критериев устойчивости.

Ключевые вопросы: 1) Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста. 2) Определение минимально-фазовой передаточной функции. 3) Определение гурвицевой передаточной функции. 4) Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста для минимально-фазовой гурвицевой передаточной функции. 5) Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста для минимально-фазовой негурвицевой передаточной функции. 6) Понятие абсолютно устойчивой системы. 7) Понятие условно устойчивой системы. 8) Понятие критиче-

ского коэффициента усиления.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6.

Лекция 9: Области и запасы устойчивости, метод Д- разбиения. Системы с запаздыванием.

План:

1. Области и запасы устойчивости.
2. Метод Д- разбиения.
3. Системы с запаздыванием.

Цели, задачи: Ввести для студентов основные понятия областей и запасов устойчивости. Сформировать устойчивые навыки по применению метода Д-разбиения. Дать характеристику систем с запаздыванием.

Ключевые вопросы: 1) Понятие области устойчивости. 2) Дайте определение запаса устойчивости по амплитуде. 3) Дайте определение запаса устойчивости по фазе. 4) Правила нахождения запасов устойчивости по амплитуде и по фазе. 5) Поясните суть метода Д-разбиения. 6) Что такое запаздывание? 7) Как наличие запаздывания в системе влияет на устойчивость?

Ссылки на литературные источники:

1.8.1, 1.8.3.

2.3 Раздел 3. Качество систем управления.

Лекция 10: Оценка точности в режимах стабилизации и слежения.

План:

1. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем.
2. Точность в различных режимах работы систем управления.

Цели, задачи: Сформировать у студентов устойчивые навыки по определению передаточных функций различных систем и нахождению установившихся ошибок в режимах стабилизации и слежения для статических и астатических систем управления.

Ключевые вопросы: 1) Как определить передаточную функцию разомкнутой системы? 2) Как определить передаточную функцию замкнутой системы, если известна передаточная функция соответствующей разомкнутой системы? 3) Чему равна установившаяся ошибка в режиме стабилизации для статической системы? 4) Чему равна установившаяся ошибка в режиме стабилизации для астатической системы? 5) Чему равна установившаяся ошибка в режиме слежения для статической системы? 6) Чему равна установившаяся ошибка в режиме слежения для астатической системы? 7) Какая гипотеза применяется для получения установившейся ошибки в режиме слежения?

Ссылки на литературные источники:

1.8.1, 1.8.2.

Лекция 11: Прямые показатели качества.

План:

1. Время регулирования.
2. Перерегулирование.
3. Колебательность.

Цели, задачи: Ввести понятия прямых показателей качества систем управления. Для каждого показателя подробно разобрать примеры использования.

Ключевые вопросы: 1) Понятие времени регулирования. 2) По какой характеристике определяется время регулирования? 3) Определение перерегулирования. 4) Формула нахождения перерегулирования. 5) Определение колебательности.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 12: Корневой и интегральные методы оценки качества систем автоматического управления.

План:

1. Корневой метод оценки качества систем автоматического управления.
2. Интегральный метод оценки качества систем автоматического управления.

Цели, задачи: Ввести понятия косвенных показателей качества систем управления. Для каждого показателя подробно разобрать примеры использования.

Ключевые вопросы: 1) Понятие степени устойчивости. 2) Как можно оценить время переходного процесса, если известна степень устойчивости системы? 3) Определение степени колебательности. 4) Понятие затухания за период. 5) Какую оценку дают интегральные методы? 6) Приведите пример простейшей интегральной оценки. 7) Для каких систем применяется квадратичная интегральная оценка? 8) Чем вызвана необходимость использования улучшенной интегральной оценки качества.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6

Лекция 13: Частотные критерии оценки качества систем автоматического управления.

План:

1. Оценка качества САУ по виду вещественной частотной характеристики замкнутой системы.
2. Частотный критерий качества.

Цели, задачи: Рассмотреть частотные методы оценки качества систем управления.

Сформировать у студентов навыки применения исследуемых методов на практике.

Ключевые вопросы: 1) Какая связь существует между вещественной частотной характеристикой замкнутой системы и переходным процессом? 2) Что определяет начало вещественной частотной характеристикой замкнутой системы? 3) Что определяет максимальное значение вещественной частотной характеристикой замкнутой системы? 4) Какому условию должна удовлетворять вещественная частотная характеристика замкнутой системы, если переходной процесс монотонный? 5) Какой показатель позволяет оценить частотный критерий качества? 6) Поясните методику применения частотного критерия качества.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6.

Лекция 14: Типовые регуляторы и корректирующие устройства.

План:

1. Типовые законы регулирования.
2. Корректирующие устройства.
3. Электрические корректирующие устройства.

Цели, задачи: Рассмотреть типовые законы регулирования, особенности их практического применения. Пояснить способы использования корректирующих устройств.

Ключевые вопросы: 1) Определение закона регулирования. 2) Передаточная функция П-регулятора. 3) Структурная схема ПИ-регулятора. 4) Какой из регуляторов наиболее помехозащищен? 5) Каким образом технически реализуется ПИД-регулятор? 6) Понятие корректирующего звена. 7) Назовите способы коррекции систем управления. 8) Запишите формулу для нахождения передаточной функции желаемой системы, если используется последовательное корректирующее устройство. 9) Нарисуйте схему подключения параллельного корректирующего устройства. 10) Какие электрические корректирующие устройства называются пассивными? 11) Приведите пример пассивного дифференцирующего звена. 12) Как изменяют качества системы пассивные интегрирующие звенья?

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.6.

2.4. Раздел 4. Нелинейные системы управления.

Лекция 15: Особенности нелинейных систем автоматического управления.

План:

1. Нелинейные системы.
2. Типовые нелинейные элементы и их характеристики.
3. Метод припасовывания.

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

нейных элементов.

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) приведите график характеристики нелинейного элемента с насыщением. 6) Запишите уравнение характеристики нелинейного элемента с насыщением. 7) Поясните суть метода припасовывания.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 –1.8.6.

Лекция 16: Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Метод фазовой плоскости.

План:

1. Понятия устойчивости нелинейных систем.
2. Метод фазовой плоскости.
3. Фазовые траектории в линейных системах и особые точки.

Цели, задачи: Рассмотреть различные типы устойчивости нелинейных элементов. Пояснить суть метода фазовой плоскости, применяемого для исследования поведения нелинейных систем.

Ключевые вопросы: 1) Дайте определение нелинейной системы устойчивой в малом. 2) Дайте определение нелинейной системы устойчивой в большом. 3) Дайте определение нелинейной системы устойчивой в целом. 4) Охарактеризуйте режим автоколебаний. 5) Понятие фазового пространства. 6) К какому виду надо преобразовать дифференциальное уравнение, описывающее нелинейную систему управления? 7) Понятие фазовой траектории. 8) В каких системах возникают особые точки типа центр? 9) В каких системах возникают особые точки типа устойчивый фокус? 10) В каких системах возникают особые точки типа неустойчивый узел?

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 –1.8.6.

Лекция 17: Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Прямой метод Ляпунова и его применение.

План:

1. Понятие устойчивости по Ляпунову.
2. Прямой метод Ляпунова.

Цели, задачи: Сформировать у студентов понятие устойчивости нелинейных систем по Ляпунову и навык применения второго метода Ляпунова для исследования устойчивости нелинейных систем.

Ключевые вопросы: 1) Понятие устойчивости по Ляпунову. 2) Каков геометрический образ устойчивости по Ляпунову в фазовом пространстве? 3) Дайте определение знакоопределенной функции. 4) Дайте определение функции Ляпунова. 5) Сформулируйте теорему Ляпунова об устойчивости нелинейных систем. 6) Дайте определение асимптотической устойчивости. 7) Приведите пример использования второго метода Ляпунова.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.3, 1.8.5, 1.8.6.

Лекция 18: Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Частотный метод В.М. Попова.

План:

1. Критерий абсолютной устойчивости.
2. Применение частотного метода В.М. Попова.

Цели, задачи: Рассмотреть частотные методы исследования устойчивости нелинейных систем. Пояснить особенности их применения.

Ключевые вопросы: 1) Понятие абсолютной устойчивости. 2) Поясните условие сектора. 3) Сформулируйте теорему критерия абсолютной устойчивости. 4) Приведите графическую интерпретацию критерия абсолютной устойчивости. 5) Приведите пример использования критерия абсолютной устойчивости.

Ссылки на литературные источники:

1.8.1 – 1.8.3, 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 контрольных работ, аттестации в форме письменного опроса; сдачи зачета в предлагаемой преподавателем форме.

Дисциплина «Основы теории управления (доп. главы)» изучается студентами в 5 семестре обучения. Курс предусматривает 36 часов лекционных занятий и заканчивается зачетом. 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. Кибернетические основы управления. Динамические звенья и их характери-

стики (10 часов)

Тема 1. Системы, сигналы, каналы связи, обратные связи. Управление и функции управления.

Тема 2. Способы представления систем управления. Временные и частотные характеристики.

Тема 3. Статические типовые динамические звенья.

Тема 4. Интегрирующие типовые динамические звенья.

Тема 5. Дифференцирующие типовые динамические звенья.

Раздел 2. Устойчивость линейных непрерывных систем управления. (8 часов)

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

Тема 2. Критерий Рауса-Гурвица. Критерии Михайлова.

Тема 3. Критерий Найквиста. Абсолютно и условно устойчивые системы.

Тема 4. Области и запасы устойчивости, метод Д- разбиения. Системы с запаздыванием.

Раздел 3. Качество систем управления. (10 часов)

Тема 1. Оценка точности в режимах стабилизации и слежения.

Тема 2. Прямые показатели качества.

Тема 3. Корневой и интегральные методы оценки качества систем автоматического управления.

Тема 4. Частотные критерии оценки качества систем автоматического управления.

Тема 5. Типовые регуляторы и корректирующие устройства.

Раздел 4. Нелинейные системы управления (8 часов)

Тема 1. Особенности нелинейных систем автоматического управления.

Тема 2. Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Метод фазовой плоскости.

Тема 3. Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Прямой метод Ляпунова и его применение.

Тема 4. Методы исследования устойчивости и автоколебаний. Частотный метод В.М. Попова.

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 аппа-

ратом, 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 контрольных работ необходимо освоить теоретические основы соответствующего раздела.

3.2 Методические указания по самостоятельной работе студентов

На самостоятельную работу студента по дисциплине «Основы теории управления (доп. главы)» 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
1-4	Кибернетические основы управления. Динамические звенья и их характеристики. Самостоятельная работа по подготовке к контрольной 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	5
5-9	Устойчивость линейных непрерывных систем управления. Самостоятельная работа по подготовке к контрольной 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	5
10-13	Качество систем управления. Самостоятельная работа по подготовке к контрольной 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	6
14-18	Нелинейные системы управления. Самостоятельная работа по подготовке к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета. 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	20

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 лекционных занятий посредством устного опроса по ключевым вопросам предыдущих занятий, а также проверки выполнения контрольных 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.

Примерные задания контрольных работ

Контрольная работа № 1

1) Найти реакцию звена, описываемого дифференциальным уравнением $\ddot{x}(t) - 3\dot{x}(t) + 2x(t) = r(t)$ на входное воздействие $r(t) = 1(t)$ при начальных условиях $x(0) = 1, \dot{x}(0) = -2$.

2) Найти свободное, вынужденное движение, выходной сигнал системы, описываемой дифференциальным уравнением $\ddot{x}(t) + 4x(t) = r(t)$ с начальными условиями $x(0) = 1, \dot{x}(0) = -1$ при входном сигнале $r(t) = \cos(2t)$.

Контрольная работа № 2

1) Исследовать устойчивость системы, описываемой дифференциальным уравнением $\ddot{x}(t) + 4x(t) = r(t)$.

2) Обеспечивая устойчивость замкнутой системы управления с помощью критерия устойчивости Рауса-Гурвица, запишите соотношения, которым должны удовлетворять коэффициенты разомкнутой $W(s) = \frac{K(T_1s + 1)}{s \cdot (T_2s + 1)}$.

3) Построить годограф Михайлова для системы управления с характеристическим уравнением $D(s) = 10s^5 + 55s^4 + 75s^3 + 35s^2 + 5s + 45$ и проанализировать устойчивость системы.

Контрольная работа № 3

1) По передаточной функции разомкнутой системы $W(p) = \frac{2(p+3)}{p(p+2)}$ найти величину установившейся ошибки, если $r(t) = 4t$.

2) По графику переходного процесса (рисунок 1) найти перерегулирование, если известно, что $h(\infty) = 1, \Delta = 0.1 h(\infty)$.

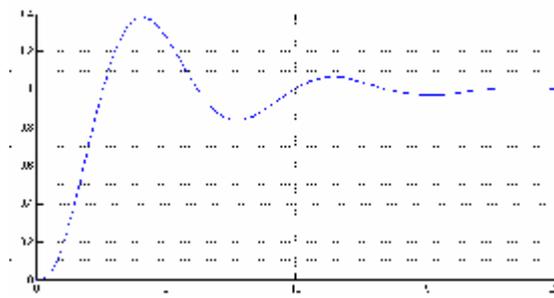


Рисунок 1.

3) Используя корневой метод оценки качества найти степень устойчивости, если

$$W(p) = \frac{7(p+1)}{(p^2 + 3p + 3)(p+2)(p+3)}$$

Контрольная работа № 4

1) Составить дифференциальное уравнение системы управления, структурная схема которой изображена на рисунке 2, где $W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\chi Ts + 1}$, $F(s)$ – нелинейный элемент.

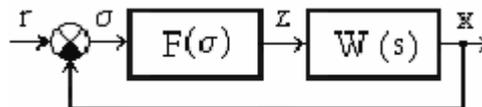


Рисунок 2.

2) Исследовать с помощью метода Ляпунова нелинейную систему $\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - x_1 x_2^4, \\ \dot{x}_2 = -x_1^3 - x_2. \end{cases}$

3) Исследовать устойчивость нелинейной системы управления, структурная схема которой представлена на рисунке 3 с помощью критерия абсолютной устойчивости, где

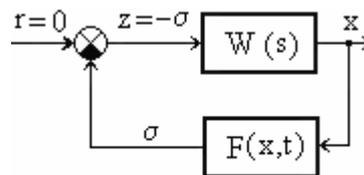


Рисунок 3.

$$F(x) = 0.5 \cdot (x + \sin(x)), \quad W(s) = \frac{1}{(s^2 + s + 1)(s + 1)}$$

4.2 Итоговый контроль знаний

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

Зачет сдается в конце пятого семестра. Форма сдачи зачета – устная. В предлагаемый билет входят два вопроса. Для получения оценки «зачтено» допускается дать развернутый ответ на один из вопросов, а по тематике второго вопроса уметь отвечать на вопросы.

Перечень вопросов к зачету:

1. Системы, сигналы, каналы связи, обратные связи.
2. Управление и функции управления.
3. Дифференциальные уравнения и первая форма записи систем управления.
4. Интегральные преобразования Лапласа. Вторая форма записи систем управления.
5. Модели систем автоматического управления в пространстве состояний.
6. Временные характеристики систем управления.
7. Частотные характеристики систем управления.
8. Типовые соединения и структурные преобразования систем управления.
9. Статические типовые динамические звенья.
10. Интегрирующие типовые динамические звенья.
11. Дифференцирующие типовые динамические звенья.
12. Понятия и определения. Условие устойчивости линейных систем.
13. Критерий устойчивости Гурвица.
14. Критерии Михайлова.
15. Критерий Найквиста. Абсолютно и условно устойчивые системы.
16. Оценка точности в режимах стабилизации и слежения.
17. Прямые показатели качества.
18. Корневой метод оценки качества систем автоматического управления.
19. Интегральный метод оценки качества систем автоматического управления.
20. Частотные критерии оценки качества систем автоматического управления.
21. Типовые регуляторы.
22. Корректирующие устройства.
23. Особенности нелинейных систем автоматического управления.
24. Метод фазовой плоскости.
25. Прямой метод Ляпунова и его применение.
26. Частотный метод В.М. Попова.

5 ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Используемые образовательные технологии изложены в п. 1.6.