



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

«__» _____ 2023 г.

**ИНСТИТУТ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления
технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Автор: к.т.н. доц. Аббасова Т.С. Рабочая программа дисциплины: Теория автоматического управления. – Королев МО: «Технологический университет», 2023– 54 с.

Рецензент: к.т.н., доц. Стрельцова Г.А.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.03.04 «Управление в технических системах» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета. Протокол № 9 от 11 апреля 2023 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Артюшенко В.М. д.т.н. профессор 			
Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 12 от 05.04.2023			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП  к.т.н., доц. Е.Н. Дмитренко

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Целью изучения дисциплины «Теория автоматического управления» является формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам поддержания заданного режима работы, программного управления по заранее известной программе; слежения за неизвестным задающим сигналом в системах автоматического управления (САУ).

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции.

профессиональные компетенции

- способность составлять проектно-сметную документацию на проект или программу в РКП (ПК-6);
- способность проводить работы по направлению проектной деятельности по проекту или программе РКП (ПК-7).

Основными **задачами** изучения дисциплины являются:

- получение знаний в области анализа и синтеза систем автоматического управления;
- получение знаний об устойчивости линейных и нелинейных систем управления, их безопасного функционирования;
- получение навыков самостоятельного моделирования систем автоматического управления.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

Владеет методами анализа чувствительности проекта или программы к изменению факторов, влияющих на параметры проекта или программы в РКП

Владеет методами описания содержания проекта и декомпозиции работ проекта в РКП

Необходимые умения:

Умеет работать с информационным пространством на сервере организации для хранения, обмена и совместного использования информации по проекту или программе в РКП.

Умеет контролировать соблюдение требований контракта (договора), технического задания, проектной, рабочей документации для реализации проекта или программы в РКП.

Необходимые знания:

Знает программные продукты: специализированное программное обеспечение по управлению проектами и программам, офисный пакет приложений для операционных систем. Технические аспекты аналогичных программ организации.

Знает структуру декомпозиции работ.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится части, формируемой участниками образовательных отношений, основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах». Дисциплина реализуется кафедрой информационных технологий и управляющих систем.

Изучение данной дисциплины базируется на ранее изученных дисциплинах: «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Введение в профессию» и компетенциях: ОПК-1, 2, 4, УК-1,2,6.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: «Мехатроника», Информационные технологии ракетной телеметрии (профиль 2 НПО ИТ) (модуль): Проектирование систем сбора и обработки ракетной телеметрии, Управление и информационные технологии в космических системах (профиль НИИ КС) (модуль): Системы управления ракет-носителей и космических аппаратов, Системы автоматизированного управления (модуль): Технические средства автоматизации и управления, Системы автоматизированного проектирования (модуль): Технические средства автоматизированного проектирования и при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

Виды занятий	Всего часов	Семестр четвертый	Семестр пятый
Общая трудоемкость	252	108	144
Аудиторные занятия	96	48	48
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия (ПЗ)	64	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Практическая подготовка	16	8	8
Самостоятельная работа	156	60	96
Курсовые работы, проекты	+	-	+
Контрольная работа, домашнее задание	+	+	-
	-	-	-
Текущий контроль знаний (7 - 8, 15 - 16 недели)	Тест	+	+
Вид итогового контроля	Зачет / Экзамен	Зачет	Экзамен

3. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Четвертый семестр					
Раздел 1. АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ИХ ВРЕМЕННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ					
Наименование тем	Лекции, час	Лаб. занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Практическая подготовка	Код компетенций
Тема 1.1. Фундаментальные принципы и основные законы управления	2	4	2	2	ПК-7
Тема 1.2. Математические модели систем управления. Модели линейных объектов.	6	10	6	3	ПК-6
Тема 1.3. Типовые динамические звенья.	8	18	6	3	ПК-6
Итого по первой части ТАУ	16	32	14	8	
Пятый семестр					
Раздел 2. АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ					
Наименование тем	Лекции, час	Лаб. занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Практическая подготовка	Код компетенций
Тема 2.1. Анализ систем автоматического управления	2	4	2	2	ПК-6
Тема 2.2. Синтез систем автоматического управления	6	8	6	3	ПК-6
Тема 2.3. Дискретные, нелинейные, адаптивные и комбинированные системы	8	10	6	3	ПК-6
Итого по второй части ТАУ	16	32	14	8	
ИТОГО	32	64	28	16	

4.2. Содержание тем дисциплины

Раздел 1. Характеристики элементов и систем автоматического управления

Тема 1.1. Фундаментальные принципы и основные законы управления

Сущность проблемы автоматического управления. Фундаментальные принципы управления. Основные виды алгоритмов функционирования. Основные законы управления.

Тема 1.2. Математические модели систем управления. Модели линейных объектов

Уравнения динамики и статики для систем автоматического управления. Линеаризация. Применение преобразований Лапласа и Фурье. Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Определение передаточной функции, полюсов, нулей, корневого годографа. Правила построения корневого годографа. Частотные и временные характеристики линейных стационарных систем (звеньев).

Тема 1.3. Типовые динамические звенья, их характеристики и структурные схемы

Элементарные звенья и их характеристики. Безынерционное, дифференцирующее, реальное дифференцирующее, интегрирующее, апериодическое, колебательное звено. Структурные схемы, уравнения и частотные характеристики стационарных линейных систем. Многомерные стационарные системы. Нестационарные линейные системы. Временные и частотные характеристики элементов и систем автоматического управления. Физическая реализация элементов САУ.

Раздел 2. Анализ и синтез систем автоматического управления

Тема 2.1. Анализ систем автоматического управления. Критерии устойчивости.

Структурные схемы систем автоматического управления. Типы соединений элементов системы. Требования к управлению. Анализ процесса на выходе системы автоматического управления. Точность и устойчивость системы автоматического управления. Критерии устойчивости. Переходный процесс в системах автоматического управления. Частотные и корневые оценки качества систем автоматического управления. Робастность.

Тема 2.2. Синтез регуляторов систем управления

Классическая схема регулятора. Пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы (ПИД-регуляторы). Метод размещения полюсов системы. Коррекция логарифмических амплитудно-фазочастотных характеристик (ЛАФЧХ). Комбинированное управление. Инвариантность систем автоматического управления. Множество стабилизирующих регуляторов.

Тема 2.3. Дискретные, нелинейные, адаптивные и комбинированные системы.

Структура дискретной системы: непрерывные звенья, импульсное звено (звенья), преобразующее непрерывный сигнал в последовательность импульсов определенной формы. Импульсное звено в виде двух частей: идеальный ключ и формирующий элемент, (экстраполятор). Виды квантования сигналов. Виды экстраполяторов и их назначения. Теорема Котельникова. Вывод из теоремы Котельникова – критерий Найквиста.

Уравнение свободного движения нелинейной системы. Фазовые траектории для исследования качества процессов в системе. Системы второго порядка, для которых пространство состояний является двумерным и геометрически представляется на плоскости. Уравнения фазовых траекторий на плоскости.

Функции комбинированной системы. Принцип управления по отклонению. Принцип управления по возмущению. Введение в систему дополнительных цепей, предназначенных для компенсации динамических ошибок, обусловленных возмущающими или управляющими воздействиями. Дополнительные возможности повышения точности. Условие инвариантности по возмущению (или управляющему воздействию) системы: если ошибка от возмущения или управляющего воздействия при введении цепи компенсации обращается в нуль. Система экстремального управления. Достижения экстремума некоторой функции и ее поддержания в условиях дрейфа. Наличие у объекта управления статической характеристики с явно выраженным экстремумом, достигаемым при определенных значениях входных сигналов.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине

1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
2. Методические указания для обучающихся по выполнению контрольных работ.

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведена в Приложении 1.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Нос, О.В. Теория автоматического управления: теория управления линейными одноканальными непрерывными системами: [16+] / О.В. Нос, Л.В. Старостина; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. – 202 с.: ил., табл., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576431> (дата обращения: 06.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3536-6. – Текст: электронный.

2. Аббасова, Т.С. Теория автоматического управления: учебное пособие: [16+] / Т.С. Аббасова, Э.М. Аббасов; Технологический университет, Факультет инфокоммуникационных систем и технологий, Кафедра информационных технологий и управляющих систем. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 62 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=594520> (дата обращения: 06.06.2021). – Библиогр.: с. 45. – ISBN 978-5-4499-0608-3. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Федосенков, Б.А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы / Б.А. Федосенков; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – 322 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495195> (дата обращения: 06.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8353-2207-7. – Текст: электронный.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Курс лекций. Теория автоматического управления
<http://toehelp.ru/theory/tau/contents.html>
2. Сайт о моделировании явлений и объектов: <http://model.exponenta.ru>
3. Теория автоматического управления для «чайников»
<http://kpolyakov.narod.ru/uni/teapot.htm>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) приведены в Приложении 2.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения: MS Office 2013, VisSim.

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины

Ресурсы информационно-образовательной среды Университета:
Рабочая программа и методическое обеспечение по курсу «Теория автоматического управления».

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран), интерактивной доской Smart Board;
- комплект электронных презентаций / слайдов на темы:
 - 1) Основы теории управления
 - 2) Математическое описание элементов и систем управления. Линеаризация дифференциальных уравнений.
 - 3) Формы записи линеаризованных уравнений
 - 4) Динамические звенья и их характеристики.
 - 5) Типовые динамические звенья и их характеристики
 - 6) Структурные схемы.

7) Построение логарифмических частотных характеристик разомкнутой цепи звеньев.

Практические занятия:

- учебный класс, оснащенный вычислительной техникой (ПК), программами для компьютерного моделирования систем управления: VisSim, VisSim.

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;

- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

***ИНСТИТУТ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ***

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

(Приложение 1 к рабочей программе)

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся приобретает:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	ПК-6	способность составлять проектно-сметную документацию на проект или программу в РКП	Тема 1.3	Владеет методами анализа чувствительности и проекта или программы к изменению факторов, влияющих на параметры проекта или программы в РКП	Умеет работать с информационным пространством на сервере организации для хранения, обмена и совместного использования информации по проекту или программе в РКП	Знает программные продукты: специализированное программное обеспечение по управлению проектами и программам, офисный пакет приложений для операционных систем. Технические аспекты аналогичных программ организации
2	ПК-7	способность проводить работы по направлению проектной деятельности по проекту или программе РКП	Тема 1.1. Тема 1.2 Тема 2.1 Тема 2.2 Тема 2.3	Владеет методами описания содержания проекта и декомпозиции работ проекта в РКП	Умеет контролировать соблюдение требований контракта (договора), технического задания, проектной, рабочей документации и для реализации проекта или программы в РКП	Знает структуру декомпозиции работ

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

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-6	Решение задачи	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится письменно с использованием технических средств для расчета (калькулятор, программа Excel) и моделирования (VisSim, VisSim)</p> <p>Время, отведенное на процедуру – 10 - 15 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Задача решена (5 баллов). 2. Задача решена с ошибкой (4 балла). 3. Решение задачи не закончено (3 балла). 4. Задача не решена (2 балла). 5. Оригинальность подхода к решению задачи (+1 балл к 5 баллам). <p>Максимальная сумма баллов - 6 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ПК-7	Письменное задание	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Задание сделано (5 баллов). 2. Задание сделано с небольшой ошибкой (4 балла). 3. Задание выполнено не до конца (3 балла). 4. Задание не выполнено (2 балла). 5. Оригинальность подхода к выполнению задания, использование дополнительных средств моделирования(+1 балл к 5 баллам). <p>Максимальная сумма баллов - 6 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются</p>

			обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.
ПК-6	Выступление докладом на практическом занятии, конференции кафедры, конференции института	с на на на	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция <u>не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Тематика задач (четвертый семестр):

1. Представьте дробно-рациональную функцию

$$W(s) = \frac{s^2 + 2}{s^2 + 6s + 10}$$

в форме Боде, используя формулы разложения. Определите нули и полюса передаточной функции.

2. Представьте дробно-рациональную функцию

$$H(s) = \frac{s + 1}{s^2 + 5s + 6}$$

в форме Хэвисайда, используя формулы разложения. Определите нули и полюса передаточной функции.

3. Представьте дробно-рациональную функцию

$$H(s) = \frac{s+2}{s^2+1}$$

в форме Хэвисайда, используя формулы разложения. Определите нули и полюса передаточной функции.

4. Представьте дробно-рациональную функцию

$$W(s) = \frac{1}{s^3 + 6s^2 + 10s}$$

в форме Хэвисайда, используя формулы разложения. Определите нули и полюса передаточной функции.

5. Представьте дробно-рациональную функцию

$$F(s) = \frac{(s+2)(s+4)}{s(s+1)(s+3)}$$

в форме Хэвисайда, используя формулы разложения. Определите нули и полюса передаточной функции.

6. Представьте дробно-рациональную функцию

$$W(s) = \frac{s^2 + 1}{s^3 + 8s^2 + 15s}$$

в форме Боде и покажите расположение полюсов и нулей дробно-рациональной функции на комплексной плоскости.

7. Проверьте, действительно ли интегратор Vissim'a (Blocks – Integration – Integrator) является таковым. Для этого вычислить по формуле значения переходной функции интегратора в различные моменты времени, отделяя их некоторым шагом, в программе Excel, на графике задать точки. Кроме того, задать величину ступеньки, отличающуюся от единицы, и убедиться, что крутизна выходного сигнала интегратора изменилась пропорционально изменению величины ступеньки. Если точки, вычисленные по формуле переходной функции, ложатся на экспериментальную линию, смоделированную в программе VisSim, то исследуемое устройство – интегратор.

8. Исследовать в среде VisSim апериодическое звено с параметрами $T=0,2$, $k_1=2$. Проанализировать график переходной функции. Найти соотношение между постоянной времени T апериодического звена и временем, за которое переходная функция приближается к своему установившемуся значению на величину, меньшую 5% этого значения. Как еще по переходной характеристике апериодического звена можно определить значение постоянной времени?

9. Проверить эквивалентность схемы апериодического звена, заданной блоком transferFunctions и составленной из элементарных блоков (интегратора, сумматора и усилителей). Рассчитать значения коэффициентов усиления усилителей, таких, чтобы переходные функции совпали, и проверить эквивалентность моделей экспериментально.

10. Построить переходную и импульсную характеристику апериодического звена с заданными значениями коэффициента усиления и постоянной времени.

11. Написать выражение для передаточной функции звена по известному линеаризованному уравнению динамики: $(0.1p + 1)py(t) = 100u(t)$.

12. Заданы значения параметров $k = 1,8$ и $T = 0,5$ аperiodического звена. Определить для этих параметров значения коэффициентов усиления k_1 и k_2 .

13. Определить, насколько схема аperiodического звена, составленная из интегратора, сумматора и усилителей быстрее просчитывается Vissim'ом, чем схема, созданная с помощью модели передаточной функции.

14. Определить по осциллограммам постоянные времени и коэффициенты усиления звеньев и указать, какая кривая соответствует какому звену. Объяснить почему.

15. Проверить правильности работы стенда. Для этого вычислить значения переходной функции для звена с параметрами T_1, k_1 , заданных по варианту, по формуле (3) в программе Excel.

16. Проверить, что реакция на сумму воздействий блока аperiodического звена равна сумме его реакций на каждое из них, т.е. линейность блока? Сделать вывод о точности модели аperiodического звена, используемой в Vissim'е.

17. Изменение постоянных времени интегратора и вычисление коэффициентов усиления.

18. Определение по графику переходной функции времени управления (времени переходного процесса).

19. Определение по графику переходной функции числа колебаний (числа максимумов функции $h(t)$ за время переходного процесса).

20. Определение по графику переходной функции перерегулирование.

21. Определение по графику переходной функции статическое отклонение.

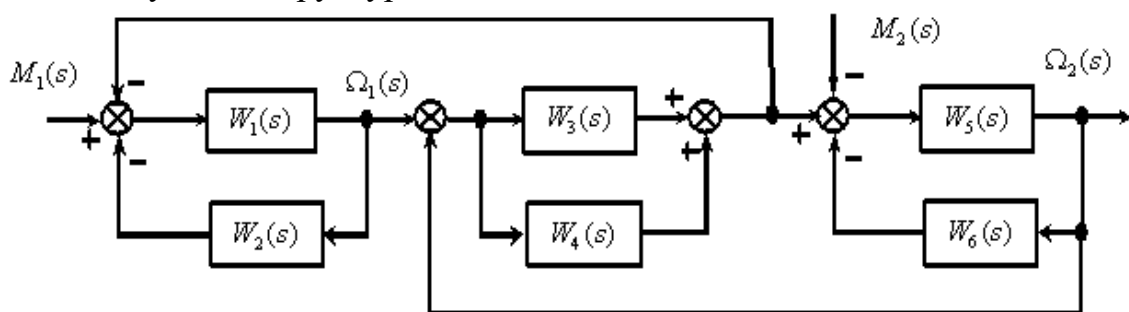
22. Определение по графику переходной функции частоту колебаний переходного процесса.

23. Определение по графику переходной функции декремент затухания.

24. Определите передаточную функцию

$$W(s) = \frac{\Omega_2(s)}{M_2(s)}$$

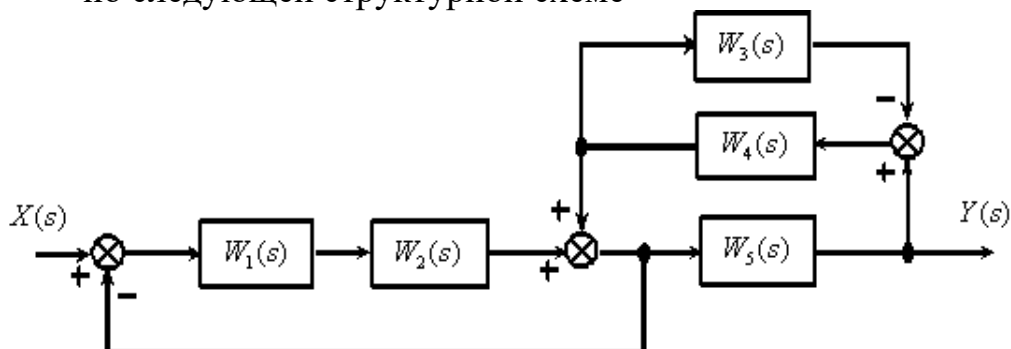
по следующей структурной схеме



25. Определите передаточную функцию

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

по следующей структурной схеме



Тематика задач (пятый семестр):

1. Определите вектор \vec{Y} , если вектор \vec{X} имеет вид –

$$\vec{X} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix},$$

векторы связаны уравнением –

$$\vec{Y} = \mathbf{A}\vec{X},$$

где

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 0 & 2 \\ -1 & 3 \end{bmatrix},$$

2. По матричному уравнению

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix},$$

определите y_1, y_2 .

3. Объект управления описывается передаточной матрицей –

$$\begin{bmatrix} W_1(s) & 0 & W_2(s) \\ 0 & W_3(s) & 0 \end{bmatrix},$$

которая связывает векторы –

$$\vec{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}, \quad \vec{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}.$$

Изобразить структурную схему, связывающую компоненты векторов \vec{X}, \vec{Y}

4. По системе дифференциальных уравнений, описывающих многомерную систему –

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}x_1 = x_2 + u_2, \\ \frac{d}{dt}x_2 = -x_1 - x_2 + u_1. \end{cases},$$

полагая векторы состояния и входа –

$$\vec{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \quad \vec{U} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix},$$

записать уравнение состояния в развернутой форме.

5. По уравнению состояния

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot u,$$

описывающему многомерную систему, определить систему дифференциальных уравнений, связывающих компоненты векторов состояния и входа.

6. По системе дифференциальных уравнений, описывающих многомерную систему –

$$\begin{cases} 3 \frac{dx}{dt} + x = 2u, \\ \frac{d^2y}{dt^2} + 4 \frac{dy}{dt} + 3y = 2 \frac{dx}{dt} + x, \end{cases}$$

полагая векторы состояния и входа –

$$\vec{X} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}, \quad \vec{U} = u,$$

записать уравнение состояния в развернутой форме.

7. Построить П-регулятор для заданной САУ.
8. Построить ПИ-регулятор для заданной САУ.
9. Построить ПИД-регулятор для заданной САУ.
10. Построить АЧХ апериодического звена с заданными значениями коэффициента усиления и постоянной времени.
11. Построить ФЧХ апериодического звена с заданными значениями коэффициента усиления и постоянной времени.
12. Построить АЧХ колебательного звена с заданными значениями коэффициента усиления и постоянной времени.
13. Построить ФЧХ колебательного звена с заданными значениями коэффициента усиления и постоянной времени.
14. Рассчитать и смоделировать тиристорный преобразователь частоты.
15. Рассчитать и смоделировать двигатель постоянного тока.
16. Рассчитать и смоделировать тахогенератор для измерения частоты.

17. Смоделировать гибкую обратную связь по напряжению в системе автоматического регулирования.
18. Определить эквивалентную передаточную функцию для последовательного соединения элементов САР.
19. Определить эквивалентную передаточную функцию для параллельного соединения элементов САР.
20. Определить эквивалентную передаточную функцию для встречно-параллельного соединения элементов САР.
21. Исследовать на управляемость заданный структурной схемой динамический объект.
22. Привести математическую модель объекта управления, заданного структурной схемой, к канонической форме записи.
23. Исследовать наблюдаемость объекта управления, заданного структурной схемой.
24. Для динамического объекта, заданного структурной схемой, выполнить синтез алгоритма управления, сформированного по принципу линейных обратных связей в соответствии с заданными значениями корней характеристического уравнения замкнутой системы.
25. Выбрать вектор коэффициентов обратных связей таким образом, чтобы замкнутая система управления имела заданное расположение корней характеристического уравнения.

Тематика письменных заданий (четвертый семестр):

1. Что такое динамический объект?
2. Чем динамические характеристики объекта отличаются от статических характеристик объекта?
3. Что такое математическая модель объекта?
4. Запишите линеаризованное уравнение динамики в обычной форме.
5. Запишите линеаризованное уравнение динамики в операторной форме.
6. Что такое динамическое звено САУ?
7. Что такое структурная схема САУ?
8. Что такое передаточная функция САУ?
9. Что такое импульсная характеристика (весовая функция) САУ?
10. Что такое модель в пространстве состояний САУ?
11. В чем смысл дифференциального оператора p ?
12. В чем смысл оператора Лапласа S ?
13. Запишите линеаризованное уравнение динамики с использованием передаточной функции. Справедлива ли эта запись при ненулевых начальных условиях? Почему?
14. Как определить динамический коэффициент усиления звена?
15. Как определить характеристический полином звена?
16. Как определить нули передаточной функции?
17. Как определить полюса передаточной функции?
18. Что характеризует постоянная времени звена?

19. Как технически реализуется интегрирующее звено?
20. Как технически реализуется пропорциональное звено?
21. Как технически реализуется апериодическое звено?
22. Как технически реализуется колебательное звено?
23. Что такое коэффициент усиления САУ в статическом режиме?
24. Что такое время переходного процесса САУ?
25. Что такое частотная характеристика САУ?

Тематика письменных заданий (пятый семестр):

1. Принцип работы тиристорного преобразователя и для чего он используется в системах автоматического регулирования? Привести пример схемы тиристорного преобразователя частоты.
2. Принцип работы генератора и для чего он используется в системах автоматического регулирования? Привести пример схемы генератора.
3. Принцип работы двигателя постоянного тока и для чего он используется в системах автоматического регулирования? Привести пример схемы двигателя постоянного тока
4. Принцип работы тахогенератора и для чего он используется в системах автоматического регулирования? Привести пример схемы тахогенератора для измерения частоты.
5. Для чего в системах автоматического регулирования используется гибкая обратная связь по напряжению? Привести пример схемы гибкой обратной связи.
6. Чем гибкая обратная связь отличается от жесткой обратной связи? Привести примеры схем гибкой и жесткой обратной связи.
7. Какие элементы систем автоматического регулирования обычно включаются в цепь обратной связи? Привести пример схемы САР с элементами, включенными в цепь обратной связи.
8. Как определить эквивалентную передаточную функцию для последовательного соединения элементов САР? Привести схему последовательного соединения.
9. Как определить эквивалентную передаточную функцию для параллельного соединения элементов САР? Привести схему параллельного соединения.
10. Как определить эквивалентную передаточную функцию для встречно-параллельного соединения элементов САР? Привести схему встречно-параллельного соединения.
11. Для чего надо строить разомкнутый контур САР? Привести пример схемы САР, в которой не требуется обратная связь?
12. Чем система автоматического регулирования отличается от системы автоматического управления? Привести примеры схем систем автоматического регулирования и автоматического управления.
13. Для чего нужна отрицательная обратная связь в системах управления? Для чего нужна положительная обратная связь в системах управления? Привести пример схемы с положительной обратной связью.

14. В каких случаях применяется П-регулятор?
15. В каких случаях применяется ПИ-регулятор?
16. В каких случаях применяется ПИД-регулятор?
17. Какую систему автоматического управления или объект управления называют многомерными?
18. Какие многомерные системы называют линейными стационарными?
19. Какие модели многомерных объектов или систем управления относят к моделям во временной области?
20. Какие модели многомерных объектов или систем управления относят к моделям в частотной области?
21. Как формируется матричная структурная схема САУ? В каких формах могут быть представлены матричные структурные схемы?
22. Для чего существует передаточная (эквивалентная) матрица в многомерных САУ? Что относится к компонентам передаточной матрицы объекта управления?
23. Какие существуют способы определения передаточных матриц многомерных объектов? Что характеризуют и какие размерности имеют компоненты уравнения состояния (векторы и матрицы)?
24. Как осуществляется процедура преобразования структурной схемы САУ в ориентированный граф?
25. Какие замкнутые контуры называют некасающимися, и что называется отдельным прямым путем при использовании правила некасающихся контуров?

Тематика докладов (четвертый семестр):

1. Имитационное моделирование систем автоматического управления.
2. Определение критерия качества системы автоматического управления и его физическая интерпретация.
3. Необходимое условие оптимальности в системах автоматического управления.
4. Интерфейс для интерактивного построения регулятора с полной обратной связью.
5. Влияние задержки при синтезе дискретного регулятора непрерывной системы.
6. Структура типичной одномерной системы управления на примере управления скоростью вращения электродвигателя.
7. Методы обобщенной спутниковой коррекции в задачах навигации систем управления ракет-носителей.
8. Идентификация параметров линейной дискретной системы методом максимального правдоподобия.
9. Задача идентификации момента нагрузки дизельного двигателя.
10. Расчет параметров робастного ПИД-регулятора на основе метода локализации.

11. Оценка постоянных возмущений, действующих на динамическую систему, при использовании минимаксного фильтра.
12. Построение математической модели автоматизированной системы управления.
13. Адаптивная система управления торможением колеса с учетом поверхности.
14. Применение симуляторов в учебном процессе и научных исследованиях.
15. Аппроксимация информационных множеств в задаче гарантированного оценивания состояния линейных динамических систем.
16. Моделирование динамики и процесса оптимизации адаптивного управления структурой товарного ассортимента предприятия.
17. Автоматическое управление приводом.
18. Моделирование и управление процессом деформации материала методом динамики кластеров структурированных частиц.
19. Адаптивное нечеткое управление техническим объектом.
20. Применение генетического алгоритма в системах автоматического управления.
21. Синтез алгоритмов управления летательными аппаратами.
22. Задачи управления роботами-манипуляторами в условиях неполноты информации.
23. Решение задачи параметрической идентификации с использованием логистического отображения.
24. Состояние и перспективы развития систем автоматизированного проектирования систем автоматического управления.
25. Моделирование, испытания контроль систем управления и их составных частей.

Тематика докладов (пятый семестр):

1. Применение частотного критерия устойчивости для дискретных САР со сложной структурой.
2. Многомерная структура системы управления скоростью двигателя.
3. Многомерная структура установки, которая реализует процесс обработки гибких материалов.
4. Типичная кинематическая схема промышленного робота для манипулирования и транспортирования предметов.
5. Уровни представления матричных структурных схем на примере некоторой обобщенной структуры многомерной системы автоматического управления.
6. Суммирующие элементы, матричные звенья и точки ветвления матричной структурной схемы.
7. Переход от матричных уравнений к скалярным уравнениям.
8. Структурная схема объекта управления, представленная на основании системы операторных уравнений.

9. Определение передаточной матрицы системы в целом через выражение матриц элементов системы.

10. Построение математических моделей многомерных систем автоматического управления в пространстве состояний.

11. Векторно-матричная форма записи системы дифференциальных уравнений первого порядка (уравнение состояния) как основа математической модели многомерной системы во временной области.

12. Формирование двухмерного пространства состояний двигателя с траекторией движения конца вектора состояния в процессе пуска

13. Получение математической модели многомерного объекта в виде уравнений состояния на примере двухмассовой упругой механической системы.

14. Схема управления с полной обратной связью по вектору состояния.

15. Использование функций Беллмана в теории автоматического управления.

16. Синтез оптимальных регуляторов линейных стационарных систем.

17. Построение матрицы коэффициентов регулирования.

18. Определение значения функционала на оптимальном управлении.

19. Построение графиков динамики системы при ненулевых начальных условиях.

20. Внедрение систем автоматического управления на машиностроительных предприятиях.

21. Внедрение систем автоматического управления на пищевых предприятиях.

22. Внедрение систем автоматического управления на транспортных предприятиях.

23. Автоматизация технологических процессов.

24. Диагностика и надежность систем автоматического управления.

25. Алгоритмическое обеспечение задачи нейросетевого управления.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине являются две текущие аттестации в виде тестов и одна промежуточная аттестация в виде зачета в устной форме.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Согласно графика учебного процесса	тестирование	ПК-6 ПК-7	25 вопросов	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру - 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 61%. Отлично – от 81%.
Согласно графика учебного процесса	тестирование	ПК-6 ПК-7	25 вопросов	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру – 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 61%. Отлично – от 81%. Максимальная оценка – 5 баллов.
Согласно графика	Зачет	ПК-6 ПК-7	1 вопрос, 1 практическое задание	Зачет проводится в письменной	Результаты предостав	Критерии оценки: «Зачтено»: • знание

ка учеб- ного процес- са				форме, путем ответа на вопрос и решения практического задания. Время отведенное на процедуру – 0,25 часа на студента.	ляются в день проведени- я зачета	основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на семинарских занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответ на вопросы билета. «Не зачтено»: • демонстрир- ует частичные знания по темам дисциплин; • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на семинарских занятиях; • не отвечает на вопросы.
Согла- сно графи- ка учеб- ного процес- са	Экзамен	ПК-6 ПК-7	2 вопроса, 1 практическое задание	Экзамен проводится в письменной форме, путем ответа на вопросы и решения практического задания (в тетради или с помощью компьютера). Время отведенное на процедуру – 0,35 часа на студента.	Результаты предостав- ляются в день проведе- ния экзамена	Критерии оценки: «Отлично»: • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответ на вопросы билета.

					<p>«Хорошо»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответы на вопросы билета • неправильно решено практическое задание <p>«Удовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; <p>«Неудовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; • не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	---

*Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в

соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

4.1. Типовые задания на тестирование

Тесты используются в режиме промежуточного контроля и проводятся на 5-ой – 6-ой и 17-ой – 18-ой учебной неделе. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом). Каждому вопросу соответствует четыре варианта ответа, один из которых правильный.

1. Что определяет систему управления как замкнутую?

- (?) Объект управления
- (?) Элемент сравнения
- (?) Обратная связь
- (?) Корректирующее устройство

2. Представление дробно-рациональной функции в виде суммы простейших дробей называют формой

- (?) Боде
- (?) Колмогорова
- (?) Хэвисайда
- (?) Дирака

3. Интегральные преобразования (Лапласа, Фурье, Z - преобразование) используются для анализа динамических систем

- (?) линейных с постоянными коэффициентами;
- (?) нелинейных;
- (?) нестационарных линейных;
- (?) везде.

4. Единичная функция $1(t)$ является моделью входного сигнала:

- (?) кратковременное импульсное воздействие;
- (?) включение системы;
- (?) ступенчатое изменение входного сигнала;
- (?) случайный сигнал.

5. Устройством автоматического регулирования называется

- (?) автоматическое управление без непосредственного участия человека;
- (?) отрасль науки и техники, охватывающая теорию и практику автоматического управления;
- (?) устройство, предназначенное для поддержания заданного значения управляемой величины;
- (?) устройство для контроля за ходом процесса управления.

6. Что называется передаточной функцией элемента, автоматической системы регулирования (АСР)?

- (?) реакция элемента (АСР) на единичную ступенчатую функцию;

- (?) отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению входной при нулевых начальных условиях;
- (?) реакция элемента (АСР) на единичную импульсную функцию;
- (?) реакция элемента (АСР) на гармоническое воздействие.

7. Абстрактное устройство, имеющее вход и выход, для которого задано уравнение, связывающее сигналы на входе и выходе, называется

- (?) интегратор;
- (?) регулятор;
- (?) динамическое звено;
- (?) все вышеперечисленные.

8. Что называется переходной характеристикой АСР (элемента)?

- (?) реакция АСР (элемента) на единичную ступенчатую функцию;
- (?) отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению входной при нулевых начальных условиях;
- (?) реакция АСР (элемента) на единичную импульсную функцию;
- (?) реакция АСР (элемента) на гармоническое воздействие.

9. Что называется элементом сравнения?

- (?) устройство, изменяющее в соответствии с управляющим сигналом ход процесса управления в нужную сторону;
- (?) устройство, которое служит для задания номинального значения регулируемой величины;
- (?) устройство, контролирующее изменение регулируемой величины в ходе процесса управления;
- (?) устройство, служащее для сравнения текущего значения регулируемой величины с заданным значением.

10. Какая АСР называется следящей?

- (?) АСР, в которой предписанное значение выходной переменной зависит от значения неизвестной заранее переменной на входе САУ;
- (?) АСР, в которой задающее воздействие является определенной функцией времени;
- (?) АСР, в которой задающее воздействие является произвольной функцией времени;
- (?) АСР, в которой установившаяся ошибка равна нулю.

11. Что называется амплитудно-частотной характеристикой?

- (?) предписанное значение выходной переменной зависит от значения неизвестной заранее переменной на входе САУ зависимость амплитуды и фазы от частоты входного сигнала;
- (?) реакция АСР (элемента) на единичную импульсную функцию;
- (?) зависимость отношения амплитуды выходного сигнала к амплитуде входного от частоты входного сигнала;
- (?) отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению входной при нулевых начальных условиях.

12. Что называется фазо-частотной характеристикой?

- (?) реакция АСР (элемента) на единичную ступенчатую функцию;

- (?) реакция АСР (элемента) на гармоническое воздействие;
- (?) зависимость сдвига фазы выходного сигнала относительно входного от частоты входного сигнала;
- (?) зависимость амплитуды и фазы выходного сигнала от частоты входного сигнала.

13. Принцип обратной связи заключается в следующем:

- (?) управляющее воздействие формируется на основе информации о фактическом состоянии объекта;
- (?) создаваемая система управления (СУ) должна быть наилучшей по выбранному критерию;
- (?) СУ должна обладать гарантированным качеством при неполно известных характеристиках помех;
- (?) СУ должна накапливать информацию об объектах и приспосабливаться к ее характеристикам.

14. Принцип оптимальности заключается в том, что:

- (?) управляющее воздействие формируется на основе информации о фактическом состоянии объекта;
- (?) СУ должна быть наилучшей по выбранному критерию;
- (?) СУ должна обладать гарантированным качеством при неполно известных характеристиках помех;
- (?) СУ должна накапливать информацию об объекте и приспосабливаться к ее характеристикам.

15. Принцип робастности заключается в том, что

- (?) управляющее воздействие формируется на основе информации о фактическом состоянии объекта;
- (?) СУ должна быть наилучшей по выбранному критерию;
- (?) СУ должна обладать гарантированным качеством при неполно известных характеристиках помех;
- (?) СУ должна накапливать информацию об объекте и приспосабливаться к ее характеристикам

16. Линеаризация характеристик объекта управления заключается в следующем:

- (?) отбрасывание нелинейных членов уравнения;
- (?) приближенная замена исходных уравнений объекта управления линейными уравнениями;
- (?) находится точка равновесия в состоянии объекта;
- (?) вычисляется производная функция в точке равновесия.

17. Импульсной переходной (весовой) функцией динамической системы называется реакция системы на:

- (?) входной сигнал в виде дельта-функции;
- (?) входной сигнал в виде единичной функции;
- (?) преобразование Фурье переходной функции
- (?) синусоидальный входной сигнал.

18. Представление дробно-рациональной функции в виде произведения биномов (разложение многочлена на сомножители) называют формой

- (?) Боде
- (?) Колмогорова
- (?) Хэвисайда
- (?) Дирака

19. Дельта-функция является моделью входного сигнала:

- (?) кратковременное импульсное воздействие;
- (?) включение системы;
- (?) ступенчатое изменение входного сигнала;
- (?) случайный сигнал.

20. Переходная функция состояния динамической системы это:

- (?) отношение изображения по Лапласу выходного сигнала к входному;
- (?) реакция системы на единичный ступенчатый сигнал;
- (?) выражение, описывающее состояние системы в заданный момент времени при условии, что известны начальное состояние системы и входное воздействие в течение всего времени;
- (?) реакция системы на дельта-функцию.

21. Зависимость от частоты отношения амплитуд называется:

- (?) амплитудно-частотная характеристика
- (?) фазо-частотная характеристика
- (?) Логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика
- (?) частотная характеристика

22. Зависимость величины фазового сдвига от частоты называется

- (?) фазо-частотной характеристикой
- (?) амплитудно-частотная характеристика
- (?) амплитудно-фазовая частотная характеристика
- (?) частотная характеристика

23. Частота, соответствующая максимуму амплитудной характеристики, называется:

- (?) максимальной
- (?) высокой
- (?) резонансной
- (?) предельной

24. Частотные характеристики системы:

- (?) не зависят от времени
- (?) зависят от времени
- (?) попеременно
- (?) не имеет значения

25. В каком динамическом звене фазовый сдвиг равен + 90 градусов?

- (?) Пропорциональном (безынерционном)
- (?) Интегрирующем
- (?) Дифференцирующем

(?) Аперiodическом

4.2. Типовые вопросы, выносимые на зачет и экзамен

4.2.1. Типовые вопросы, выносимые на зачет за 4-ый семестр

1. Сущность проблемы автоматического управления. Основные понятия теории автоматического управления.
2. Характеристика объекта автоматического управления.
3. Классификация систем автоматического управления.
4. Исследование процессов в системах автоматического управления.
5. Исследование сигналов в системах автоматического управления.
6. Исследование моделей в системах автоматического управления.
7. Формы записи линейных дифференциальных уравнений для описания состояния систем автоматического управления.
8. Применение преобразования Лапласа для систем автоматического управления.
9. Применение преобразования Фурье для систем автоматического управления.
10. Модели линейных объектов автоматического управления.
11. Типовые воздействия на объект автоматического управления.
12. Передаточные функции систем автоматического управления.
13. Представление передаточных функций систем автоматического управления в форме Боде.
14. Представление передаточных функций систем автоматического управления в форме Хэвисайда.
15. Модели объектов автоматического управления в пространстве состояний. Передаточные функции систем автоматического управления в пространстве состояний.
16. Характеристики линейного звена: передаточная функция, комплексный коэффициент передачи, переходная и импульсная переходная (весовая) функции.
17. Последовательное соединение звеньев систем автоматического управления. Передаточная функция соединения звеньев.
18. Параллельное согласное соединение звеньев систем автоматического управления. Передаточная функция соединения звеньев.
19. Параллельное встречное соединение звеньев систем автоматического управления. Передаточная функция соединения звеньев.
20. Уравнения динамики для систем автоматического управления.
21. Уравнения статики для систем автоматического управления.
22. Линеаризация систем автоматического управления.
23. Временные характеристики линейных стационарных систем (звеньев).

24. Частотные характеристики линейных стационарных систем (звеньев).
25. Элементарное звено системы автоматического управления пропорциональное и его характеристики.
26. Элементарное звено системы автоматического управления интегрирующее и его характеристики.
27. Элементарное звено системы автоматического управления аperiodическое и его характеристики.
28. Элементарное звено системы автоматического управления колебательное и его характеристики.
29. Элементарное звено запаздывания системы автоматического управления и его характеристики.
30. Элементарные звенья систем автоматического управления дифференцирующее и реально дифференцирующее и их характеристики.
31. Характеристики сложных звеньев систем автоматического управления.
32. Структурные схемы стационарных линейных систем автоматического управления. Правила преобразования схем.
33. Уравнения стационарных линейных систем автоматического управления.
34. Временные и частотные характеристики стационарных линейных систем автоматического управления.
35. Характеристики нестационарных линейных систем автоматического управления.
36. Требования к управлению в технических системах.
37. Анализ процесса на выходе системы автоматического управления.
38. Показатели качества переходного процесса в системе автоматического управления.
39. Показатели качества установившейся составляющей переходного процесса в системе автоматического управления.
40. Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции.

4.1.2. Типовые вопросы, выносимые экзамен за 5-ый семестр

1. Частотные оценки качества систем автоматического управления.
2. Логарифмические частотные характеристики систем автоматического управления.
3. Понятие устойчивости системы автоматического управления.
4. Критерий устойчивости Гурвица для системы автоматического управления.
5. Критерий устойчивости Рауса для системы автоматического управления.
6. Критерий устойчивости Михайлова для системы автоматического управления.
7. Критерий устойчивости Найквиста для системы автоматического управления.
8. Прямые методы устойчивости и характеристика области их применимости.

9. Что представляют собой критерии устойчивости и в чем состоят их преимущества перед прямыми методами?
10. В чем заключается критерий Михайлова?
11. Что определяет квадрант, в котором заканчивается кривая Михайлова?
12. В чем заключается следствие критерия Михайлова?
13. Поясните процедуры определения допустимых настроек САУ по условию устойчивости.
14. Влияет ли величина коэффициента усиления на устойчивость САУ?
15. Влияет ли величина постоянной времени на устойчивость САУ?
16. Как определить характеристическое уравнение САУ?
17. Первая формулировка критерия Михайлова.
18. Вторая формулировка критерия Михайлова.
19. Третья формулировка критерия Михайлова.
20. Корневые оценки качества систем автоматического управления.
21. Теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости системы по первому приближению.
22. Анализ устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.
23. Построение областей устойчивости в плоскости параметров системы.
24. Устойчивость систем с запаздыванием и систем с иррациональными звеньями.
25. Характеристики многомерных стационарных систем автоматического управления.
26. Устойчивость нестационарных систем автоматического управления.
27. Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях.
28. Оценка качества регулирования в установившихся режимах.
29. Корневые годографы. Фундаментальная зависимость поведения линейной САУ от полюсов и нулей ее передаточной функции
30. Методика построения корневых годографов для анализа и синтеза линейных (линеаризованных) систем автоматического управления
31. Интегральные оценки качества переходных процессов.
32. Частотные методы оценки качества регулирования.
33. Максимально возможное уменьшение возмущений в системах стабилизации.
34. Установившаяся ошибка в системах регулирования по отклонению.
35. Статическая точность и устойчивость систем автоматического управления.
36. Астатизм системы автоматического управления. Порядок астатизма.
37. Обеспечение устойчивости и повышение запаса устойчивости систем автоматического управления.
38. Придание системе автоматического управления необходимых динамических свойств с помощью введения дополнительного элемента в систему автоматического регулирования
39. Корректирующие устройства систем автоматического управления.
40. Комбинированное регулирование в системах автоматического управления.

41. Удовлетворение условия полной инвариантности (независимости регулируемой координаты от возмущения) в системах автоматического управления.
42. Преобразовательные элементы систем автоматического управления.
43. Задачи синтеза систем автоматического управления.
44. Выбор параметров систем автоматического управления по минимуму интегральной оценки.
45. Выбор параметров систем автоматического управления и синтез корректирующих устройств по корневым годографам.
46. Синтез корректирующих устройств по логарифмическим амплитудно-частотным характеристикам.
47. Синтез компенсирующей цепи системы комбинированного регулирования.
48. Измерение возмущений при создании комбинированной системы автоматического регулирования.
49. Выбор точки включения компенсирующей цепи в замкнутый контур системы автоматического регулирования.
50. Приближение к инвариантности регулируемой величины от возмущения.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

***ИНСТИТУТ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ***

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»
(Приложение 2 к рабочей программе)**

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления
технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Общие положения

Цель дисциплины: формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам поддержания заданного режима работы, программного управления по заранее известной программе; слежения за неизвестным задающим сигналом в системах автоматического управления (САУ).

Задачи дисциплины:

- получение знаний в области анализа и синтеза систем автоматического управления;
- получение знаний об устойчивости линейных и нелинейных систем управления;
- получение навыков самостоятельного моделирования систем автоматического управления.

2. Указания по проведению практических занятий

Четвертый семестр

Раздел 1. Характеристики элементов и систем автоматического управления

Тема 1.1. Фундаментальные принципы и основные законы управления

Практическое занятие №1

Расчет траектории движения объекта управления

Вид занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Выполнение вычислений и построение графических зависимостей для объектов САУ в среде Excel. Вычисление скорости движения и ускорения объекта управления. Таблицы функций, оценка приближений производных, графики. Оценка приближенных значений производных функции. Производные и их приближения на одном графике.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Тема 1.2. Математические модели систем управления. Модели линейных объектов.

Практическое занятие 2

Изучение интерфейса среды VisSim для моделирования объектов управления

Вид занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Знакомство с назначением, графическим интерфейсом, принципами построения моделей и важными блоками программы VisSim. Ознакомление с главными этапами моделирования, а также приобретение навыков создания

простейших моделей, текстового и графического оформления диаграмм. Определение общих методов представления результатов.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Практическое занятие 3

Моделирование сигналов, систем и объектов управления с помощью передаточных функций в среде VisSim

Вид занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Функция Хэвисайда (ступенчатая единичная функция). Аналитическое и графическое представление. Функция Дирака (дельта-функция, импульсный скачок). Изучение работы генераторов различного назначения и сумматоров для моделирования простейших сигналов в программе VisSim. Задание параметров модели объекта управления. Изменение шага интегрирования при моделировании.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 4

Представление передаточных функций в форме Боде и Хэвисайда

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: технологии проблемного обучения.

Аналитическое и графическое представление. Исследование дробно-рациональной функции комплексного переменного в форме Боде и Хэвисайда для представления передаточных функций. Расположение нулей и полюсов передаточной функции на комплексной плоскости.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Тема 1.3. Типовые динамические звенья, их характеристики и структурные схемы. Физическая реализация элементов САУ.

Практическое занятие 5

Исследование линейных типовых звеньев систем автоматического управления пропорционального и интегрирующего

Вид занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Классификация типовых динамических звеньев. Блоки в VisSim для представления передаточных функций систем автоматического управления. моделирование пропорционального и интегрирующего звеньев в среде VisSim и исследование взаимосвязей между параметрами звена и его характеристиками. Приобретение навыков использования типовых возмущающих воздействий для исследования систем. Примеры реализации пропорционального и интегрирующего звеньев.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Практическое занятие 6

Исследование линейных типовых апериодических звеньев систем автоматического управления

Вид занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Изучение временных характеристик апериодического звена в среде VisSim. Апериодическое звено 1-го порядка. Апериодическое звено 2-го порядка. Исследование взаимосвязей между параметрами апериодического звена и его характеристиками. Примеры реализации апериодического звена.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 7

Исследование линейных типовых колебательных звеньев систем автоматического управления

Вид занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Изучение временных характеристик типовых динамических колебательных звеньев в среде VisSim. Исследование взаимосвязей между параметрами колебательных звеньев и их характеристиками. Примеры реализации колебательного звена.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 8

Исследование линейных типовых звеньев запаздывания и сумматора систем автоматического управления

Вид занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Изучение временных характеристик типовых динамических звеньев запаздывания и сумматора в среде VisSim. Исследование взаимосвязей между параметрами звеньев запаздывания и их характеристиками. Примеры реализации звена запаздывания.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 9

Исследование реального дифференцирующего звена

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Изучение временных характеристик реальных дифференцирующих звеньев в среде VisSim. Исследование взаимосвязей между параметрами звеньев и их характеристиками. Примеры реализации реального дифференцирующего звена.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Практическое занятие 10

Получение частотных характеристик апериодического звена

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Комплексный коэффициент передачи. Об идентификации систем по их частотным характеристикам. Построение модели виртуальных лабораторных стендов для снятия частотных характеристик апериодического звена. Получение с помощью Vissim'a и вычисление с помощью Мат-кад'а (или MS Excel) частотных характеристик апериодического звена в натуральном масштабе.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 11

Анализ частотных характеристик апериодического звена

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии проблемного обучения.

Определение влияния коэффициента усиления апериодического звена на его частотные характеристики. Определение влияния постоянной времени апериодического звена на его частотные характеристики.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Практическое занятие 12

Построение структурных схем систем автоматического управления

Вид занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Последовательное соединение динамических звеньев. Параллельное соединение динамических звеньев. Замкнутый контур с отрицательной обратной связью. Замкнутый контур с положительной обратной связью. Перенос точки ветвления через динамическое звено. Перенос суммирующего звена через динамическое звено. Правила эквивалентных преобразований для орграфов, полученных по аналогичным правилам для структурных схем.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Пятый семестр

Раздел 2. Анализ и синтез систем автоматического управления

Тема 2.1. Анализ систем автоматического управления. Критерии устойчивости.

Практическое занятие 13

Исследование устойчивости линейных систем в среде VISSIM

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Ознакомление с критериями устойчивости и выявление у заданной управляемой линейной системы с полной обратной связью свойства

асимптотической устойчивости. Оценка устойчивости и качества смоделированной САР. Построение областей устойчивости системы.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Тема 2.2. Синтез регуляторов систем управления

Практическое занятие 14

Построение структурно-аналитической модели САР

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Анализ исходных данных, описание на основе поведенного анализа принципа действия системы автоматического регулирования (САР) и построение структурно-аналитической схемы.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 15

Стабилизация разомкнутой САР

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Стабилизация контура уменьшением коэффициента усиления усилителя. Стабилизация изменением параметров усилителя и звена ОСН (отрицательной связи по напряжению).

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 16

Оценка устойчивости замкнутой САР

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Оценка степени устойчивости замкнутой САР с целью определения необходимых мер и средств оптимизации САР. Оценка осуществляется с помощью логарифмического варианта критерия Найквиста. Это позволяет не только косвенно, по запасам устойчивости, судить о степени устойчивости САР, но и численно определить необходимые для предварительной стабилизации изменения значений параметров элементов.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 17

Структурно-параметрическая оптимизация САР

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Определение настроечных параметров ПИ-регулятора. Введение ПИ-регулятора в контур управления. Уточнение настроечных параметров ПИ-регулятора. Оценка качества САР частоты вращения двигателя постоянного тока.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 18

Анализ и синтез САУ методом корневого годографа

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Построение корневого годографа. Получение критического коэффициента усиления, при котором система находится на границе устойчивости. Вычисление критической частоты, при которой в системе возникают незатухающие колебания. Нанесение на ветви корневого годографа значений полюсов замкнутой системы. Приведение выражения для передаточной функции в виде произведения типовых звеньев. Определение передаточной функции, полюсов, нулей, корневого годографа. Влияние расположения нуля на поведение ветвей корневого годографа. Зависимость для малого перемещения ветвей корневого годографа от исходного полюса в зависимости от изменения коэффициента усиления. Анализ влияния изменения расположения полюса или нуля на величины критического коэффициента усиления и критической частоты.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Тема 2.3. Дискретные, нелинейные, адаптивные и комбинированные системы

Практическое занятие 19

Исследование дискретных линейных систем

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Изучение характерных особенностей поведения линейных дискретных систем. Структура нелинейной системы. Передаточная функция непрерывной части. Передаточная функция экстраполятора. Z-преобразование некоторых простых дробей. Определение дискретной системы. Частота Найквиста. Решетчатая функция. Виды квантования сигнала, их отличительная особенность. Виды экстраполяторов их назначение. Теорема Котельникова и ее применение на примере разложения произвольного сигнала в спектр.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Практическое занятие 20

Исследование свойств нелинейных систем на фазовой плоскости

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Изучение методов фазовых траекторий для оценки свойств линейных и нелинейных систем управления. Структура линейной системы. Уравнение свободного движения нелинейной системы. Уровни ограничения, пороги включения и выключения нелинейного элемента. Начало и конец зоны нечувствительности, пороги ограничения нелинейного элемента. Основные виды фазовых портретов. Положение корней для каждого фазового портрета.

Чем отличаются фазовые траектории линейных систем от фазовых траекторий нелинейных. Разновидности фазовых портретов нелинейных систем.

Продолжительность занятия 4/-/- часа.

Практическое занятие 21

Исследование комбинированных систем

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Исследование принципов построения комбинированных систем инвариантных к возмущающим и управляющим воздействиям. Структурная схема комбинированной системы. Пути осуществления инвариантности комбинированной системы. Изображение ошибки в комбинированной системе. Передаточная функция системы относительно ошибки задающего воздействия. Определение комбинированной системы. Виды инвариантных систем. Условие полной инвариантности.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Практическое занятие 22

Исследование адаптивных систем управления

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Структурная схема адаптивной системы. Дополнительное получение информации об изменении динамических свойств в процессе работы и использование этой информации для надлежащего управления. Градиентный метод, базирующийся на основе теории чувствительности. Прямой метод Ляпунова, обеспечивающий априорно устойчивость процессов адаптации. Процессы стабилизации динамических характеристик системы при изменении ее параметров. Время настройки параметров (при скачкообразном их изменении). Диапазон допустимых отклонений параметров. Устойчивость процессов настройки при разных входных сигналах. Точность системы.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

Практическое занятие 23

Исследование оптимальных по быстродействию процессов

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Изучение характера и закономерностей, оптимальных по быстродействию процессов в системах второго порядка на фазовой плоскости. Фазовые траектории объекта управления. Оптимальное управление с помощью идеального двухпозиционного реле, переключение которого происходит при смене знака функции. Жесткие обратные связи по выходной координате. Коэффициент обратной связи.

Продолжительность занятия 2/-/- часа.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Не предусмотрен учебным планом.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

Задачи, выносимые на самостоятельное изучение, представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ п/п	Семестр	Наименование тем
1.	четвертый	Задание «Представление дробно-рациональной функции в форме Боде и Хэвисайда. Расположение полюсов и нулей на плоскости комплексной переменной»
2.	пятый	Задание «Влияние на переходные процессы в системе автоматического управления корней характеристического уравнения»

Типовые варианты самостоятельного задания №1.

1) «Представление дробно-рациональной функции в форме Боде и Хэвисайда. Расположение полюсов и нулей на плоскости комплексной переменной». Варианты заданий приведены в таблице 4.

Таблица 4

№ варианта	Дробно-рациональная функция
1	$W(S) = \frac{s^2 + 4}{5s^3 + 3s^2 + 2s}$
2	$W(S) = \frac{2s^2 + 3}{s^3 + 3s^2 + 6s}$
3	$W(s) = \frac{s^2 + 2}{s^2 + 6s + 10}$
4	$W(s) = \frac{1}{s^3 + 6s^2 + 10s}$
5	$W(S) = \frac{s^2 + 3s}{s^3 + s^2 + s}$
6	$W(S) = \frac{2s^2 + 4s}{5s^3 + 5s^2 + 5s}$
7	$W(S) = \frac{s^2 + 2}{s^3 + s^2 + s}$

8	$W(s) = \frac{1,7}{0,04s^2 + 1}$
9	$W(s) = \frac{0,1}{0,025s^2 + 0,5s + 1}$
10	$W(s) = \frac{100}{0,01s^2 + 0,2s + 1}$
11	$W(s) = \frac{2}{s^2 + 2s + 1}$
12	$W(s) = \frac{100}{0,01s^2 + 0,04s + 1}$
13	$W(s) = \frac{s}{0,1s + 1}$
14	$W(s) = \frac{1}{0,1s + 1}$
15	$W(s) = \frac{s + 1}{s^2 + s + 1}$
16	$W(s) = \frac{1}{2s + 1}$
17	$W(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$
18	$W(s) = \frac{5}{s + 1}$
19	$W(s) = \frac{2}{s + 20}$
20	$W(s) = \frac{5}{0,01s + 1}$

Вопросы, выносимые на защиту самостоятельного задания №1.

1. Дать определение передаточной функции системы автоматического управления.
2. Как определить порядок дробно-рациональной функции?
3. Как представить полиномы дробно-рациональной функции в виде произведения биномов
4. Поясните процедуру преобразования функции к форме Боде.
5. Поясните процедуру преобразования функции к форме Хэвисайда.
6. Какие полюсы дробно-рациональной функции называют простыми?
7. Как расположит полюсы и нули передаточной функции на плоскости комплексной переменной?
8. В чем состоит идеализация представления реального сигнала единичной ступенчатой функцией?

2) Самостоятельное задание №2 «Влияние на переходные процессы в системе автоматического управления корней характеристического уравнения».

Варианты заданий для самостоятельного задания №2 приведены в таблице 5.

Таблица 5

№ варианта	Характер распределения и время регулирования t_p
1	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,1$ с
2	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,6$ с
3	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,15$ с
4	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,68$ с
5	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,2$ с
6	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,56$ с
7	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,23$ с
8	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,3$ с
9	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,43$ с
10	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,55$ с
11	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,45$ с
12	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,46$ с
13	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,18$ с
14	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,54$ с
15	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,35$ с
16	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,61$ с
17	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,3$ с

18	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,53$ с
19	<i>Биномиальное</i> распределение корней характеристического уравнения, $t_p = 0,21$ с
20	Распределение <i>Баттерворта</i> корней характеристического уравнения, $t_p = 0,1$ с

Вопросы, выносимые на защиту самостоятельного задания №2

1. Как объяснить влияние на переходные процессы корней характеристического уравнения?
2. Какую компоненту переходного процесса дает отрицательный действительный корень характеристического уравнения?
3. Какие компоненты переходного процесса дают комплексно сопряженные корни характеристического уравнения?
4. Что определяют корни характеристического уравнения ближе всего расположенные к мнимой оси комплексной плоскости?
5. Как связана с быстродействием системы величина среднегеометрического корня характеристического уравнения?
6. Какое влияние оказывает на переходный процесс нули передаточной функции?
7. В каких случаях следует использовать на настройки системы биномиальное распределение корней характеристического уравнения?
8. В каких случаях следует использовать на настройки системы распределение корней характеристического уравнения Баттерворта?

При выполнении самостоятельных заданий студент должен самостоятельно проработать соответствующие материалы лекций. Выполненное самостоятельное задание студент оформляет в виде отчета.

Структура отчета следующая:

- титульный лист;
- введение;
- условие самостоятельного задания, выданное преподавателем;
- текст отчета, набранного в Word (шрифт №14, полтора интервала) с использованием редактора формул (крупный символ);
- заключение;
- список использованной литературы.

Отчет по самостоятельному заданию должен содержать все математические выкладки, сопровождающие выполнение самостоятельного задания.

Отчет представляется студентом преподавателю для проверки. При наличии ошибок при выполнении самостоятельного задания отчет возвращается студенту для исправления ошибок.

Если самостоятельное задание выполнено без ошибок, то студент должен его защитить, ответив на вопросы преподавателя по теме самостоятельного задания. Вопросы преподавателя и ответы студента

должны быть зафиксированы в письменном виде. Если студент защищает самостоятельное задание, то оно считается выполненным.

Даты проверок и защиты самостоятельных заданий должны быть зафиксированы.

5. Указания по проведению контрольных работ

а. Требования к структуре

Цель контрольной работы: построение динамических (четвертый семестр) и частотных (пятый семестр) характеристик систем автоматического управления (САУ) и получение навыков исследования линейных динамических моделей.

Задачи контрольной работы за четвертый семестр

1. Изучить теоретические сведения.
2. Составить дифференциальное уравнение, определяющее функционирование звена САУ в MS Word с помощью редактора формул.
3. Получить динамические характеристики – переходную функцию $h(t)$, импульсно-переходную функцию $w(t)$ в среде VISSIM.
4. Получить частотные характеристики звена САУ – диаграмму Боде, частотный годограф Найквиста в среде VISSIM.
5. Оформить отчет и ответить на контрольные вопросы.
6. Сдать отчет преподавателю и защитить работу.

Таблица 7

№ вар	Вид передаточной функции	Коэффициенты полиномов						
		B_0	b_1	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
	$W(p) = \frac{b_1 p + b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	B_0	b_1	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
1		0	3	1	2	3	0	1
2		2	6	4	0	1	5	1
3		0	-3	5	2	0	2	1
4	4	2	3	4	5	3	1	
	$W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	B_0	b_1	b_2	a_0	a_1	a_2	a_3
5		0	-3	2	4	2	3	9
6		8	0	-3	-4	-6	-4	-1
7		-4	6	-2	5	5	0	1
8	6	-8	-7	0	-6	-3	-1	
	$W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_1 p + a_0}$	B_0	b_1	b_2	a_0	a_1	a_3	a_4
9		0	2	8	-3	7	-7	1
10		-5	0	3	-8	-2	-1	-6
11		-7	1	2	0	5	2	9
12	-6	4	-4	1	0	6	3	

	$W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	B₀	b₂	a₀	a₁	a₂	a₃	a₄
13		0	-5	4	3	7	9	1
14		7	-6	0	5	8	2	2
15		-2	-8	2	0	4	3	3
16		-7	-1	6	9	0	4	2
	$W(p) = \frac{b_3 p^3 + b_2 p^2}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	B₂	b₃	a₀	a₁	a₂	a₃	a₄
17		0	-5	4	3	7	9	1
18		7	-6	0	5	8	2	2
19		-2	-8	2	0	4	3	3
20		-7	-1	6	9	0	4	2
	$W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	B₀	b₂	a₀	a₁	a₂	a₃	a₄
21		0	-5	4	3	7	9	1
22		7	-6	0	5	8	2	2
23		-2	-8	1	0	4	3	3
24		-7	-1	6	9	0	4	2
25		2	3	-1	0	0	2	3

Вопросы, выносимые на защиту контрольной работы за четвертый семестр

1. Что такое передаточная функция?
2. Что такое нули передаточной функции?
3. Что такое полюса передаточной функции?
4. Как определить характеристическое уравнение передаточной функции?
5. Что такое переходная функция?
6. Что такое импульсная характеристика (весовая функция)?
7. Что такое модель вида «нули-полюса»?
8. Что такое коэффициент усиления в статическом режиме?
9. Что такое время переходного процесса и как его определить?
10. Как влияет изменение коэффициента прямой передачи (матрицы в модели в пространстве состояний) на статический коэффициент усиления?
11. Что такое частотная характеристика звена САУ?
12. Что показывает диаграмм Боде?
13. Что показывает частотный годограф Найквиста?
14. Для чего нужны логарифмические амплитудно-частотные характеристики?
15. Для чего нужны логарифмические фазо-частотные характеристики?
16. Что такое полоса пропускания системы?
17. Что такое частота среза системы?
18. Для чего применяется корневой годограф?
19. Какие свойства имеет корневой годограф?
20. В чем заключается метод корневого годографа?

в. Требования к содержанию

i. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

ii. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.

iii. Основная часть работы включает вопросы, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

iv. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами, скриншотами имитационных экспериментов и т.п.).

v. Необходимо давать ссылки на используемую Вами литературу.

vi. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

vii. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению.

Объём контрольной работы – 5...10 страниц формата А4 (1,5 интервал, шрифт Times New Roman). Контрольная работа должна быть представлена в электронном виде в MS Word с файлами VisSim.

6. Указания по проведению курсовых работ

6.1. Требования к содержанию

Тема: Построение структурно-аналитической модели системы автоматического регулирования (САР) частоты вращения двигателя постоянного тока (ЧВ ДПТ)

Цель курсовой работы: анализ исходных данных и описание на основе поведенного анализа принципа действия системы автоматического регулирования (САР) частоты вращения двигателя постоянного тока (ЧВ ДПТ) и построение структурно-аналитической схемы.

Функциональная схема САР ЧВДПТ "Волна Вар_№ N" приведена на рис. 1.

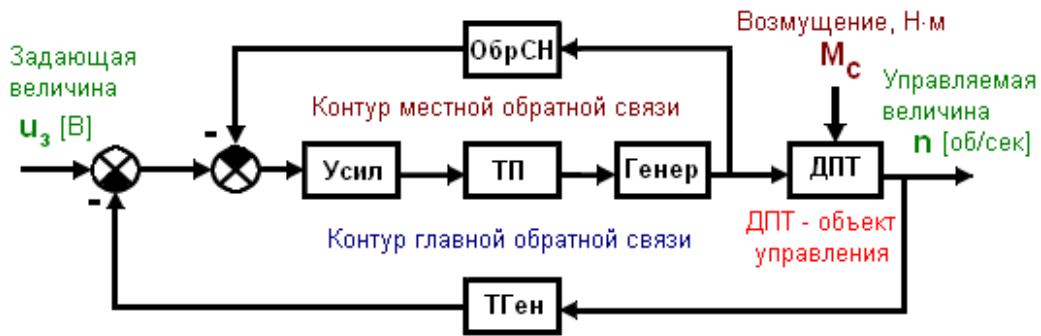


Рис. 1. Функциональная схема САУ ЧВДПТ "Волна В-№N". Усил - усилитель; ТП - тиристорный преобразователь; Генер - генератор; ДПТ - двигатель постоянного тока; ТГен - тахогенератор; ОбрСН - гибкая обратная связь по напряжению

ДПТ – двигатель постоянного тока независимого возбуждения. ДПТ – объект управления, его выходная величина, частота вращения вала n должна соответствовать заданию. u_3 - напряжение задания, в соответствии с которым должна изменяться частота n вращения вала ДПТ. M_c - возмущающий момент силы, приложенный к валу ДПТ от той машины, которую он приводит в действие.

Параметры элементов: N – номер варианта задания.

Усил – усилитель моделируется апериодическим звеном с передаточной функцией:

$$W_y(p) = \frac{k_y}{pT_y + 1} \quad (1)$$

с параметрами $k_y = (20+N)$; $T_y = (0.06 + 0.001N)$, с.

ТП – тиристорный преобразователь моделируется апериодическим звеном с передаточной функцией:

$$W_{ТП}(p) = \frac{k_{ТП}}{pT_{ТП} + 1} \quad (2)$$

с параметрами $k_{ТП} = (15+2N)$; $T_{ТП} = (0.05 + 0.001N)$, с.

ОбрСН – гибкая обратная связь по напряжению, инерционно-дифференцирующее звено:

$$W_{осн}(p) = \frac{k_{осн} p T_{осн}}{p T_{осн} + 1} \quad (3)$$

где $k_{осн} = 0.1(1.5 + 0.1N)$; $T_{осн} = 0.01(5 + N)$, с.

ТГ – тахогенератор, усилительное (пропорциональное) звено:

$$W_{ТГ}(p) = k_{ТГ}, \quad (4)$$

где $k_{ТГ} = 0.01(2 + 0.3N)$, [В•сек/об].

Генер – генератор, апериодическое звено:

$$W_{Г}(p) = \frac{k_{Г}}{pT_{Г} + 1}, \quad (5)$$

где $k_{Г} = 0.1(13 + 0.1N)$; $T_{Г} = 0.01(8 + N)$, с.

ДПТ – двигатель постоянного тока, колебательное звено. Его передаточная функция по каналу управления:

$$W_{ДУ}(p) = \frac{k_{ДУ}}{T_{я}T_{м}p^2 + T_{м}p + 1}, \quad (6)$$

а по каналу возмущения:

$$W_{\partial в}(p) = \frac{-k_{ДВ}(pT_{я} + 1)}{T_{я}T_{м}p^2 + T_{м}p + 1}. \quad (7)$$

где $k_{ДУ} = 0.1(12 + N)$, [об/(сек•В)]; $k_{ДВ} = 0.05(15 + N)$, [об/(сек•Н•м)]; $T_{я} = 0.01(6 + 0.32N)$, с; $T_{м} = 0.1(5 + 0.5N)$, с.

Задания на курсовую работу

- 1) Изучение принципа действия элементов САР ЧВДПТ.
- 2) Описание принципа действия САР.
- 3) Определение передаточной функции замкнутого контура и разомкнутого контура исследуемой САР.
- 4) Построение структурной и аналитической моделей замкнутой и разомкнутой САР.
- 5) Построение переходной характеристики замкнутого и разомкнутого контура САР.

6.2. Требования к оформлению

Объём курсовой работы – 10...15 страниц формата А4 (1,5 интервал, шрифт Times New Roman). Курсовая работа должна быть представлена в электронном виде в MS Word с файлами VisSim.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Нос, О.В. Теория автоматического управления: теория управления линейными одноканальными непрерывными системами: [16+] / О.В. Нос, Л.В. Старостина; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. – 202 с.: ил., табл., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576431> (дата обращения: 06.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3536-6. – Текст: электронный.

2. Аббасова, Т.С. Теория автоматического управления: учебное пособие: [16+] / Т.С. Аббасова, Э.М. Аббасов; Технологический университет, Факультет инфокоммуникационных систем и технологий, Кафедра информационных технологий и управляющих систем. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 62 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=594520> (дата обращения: 06.06.2021). – Библиогр.: с. 45. – ISBN 978-5-4499-0608-3. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

2. Федосенков, Б.А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы / Б.А. Федосенков; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – 322 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495195> (дата обращения: 06.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8353-2207-7. – Текст: электронный.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Курс лекций. Теория автоматического управления <http://toehelp.ru/theory/tau/contents.html>
2. Сайт о моделировании явлений и объектов: [http:// model.exponenta.ru](http://model.exponenta.ru)
3. Теория автоматического управления для «чайников» <http://kpolyakov.narod.ru/uni/teapot.htm>

9. Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения: MS Office, VisSim.

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины

Ресурсы информационно-образовательной среды Университета:

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Теория автоматического управления».