

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  Ряжских В.И.
« 25 » ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Теория автоматического управления»

Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Профиль Промышленные роботы и робототехнические системы

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы



В.А. Трубецкой

Заведующий кафедрой
Технологии сварочного
производства и диагностики



В.Ф. Селиванов

Руководитель ОПОП



В.Ф. Селиванов

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины обеспечение профессиональной подготовки, позволяющей будущим специалистам использовать основные методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, а также разрабатывать математические модели электромеханических модулей робототехнических систем методами теории автоматического управления.

1.2. Задачи освоения дисциплины

изучение принципов построения и структурного описания САУ и их элементов;

использование методов описания статических и динамических свойств САУ;

изучение методов обеспечения заданных технических характеристик САУ параметрическими и структурными средствами;

освоение принципов проектирования показателей качества непрерывных и дискретных САУ при векторно-матричном описании

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теория автоматического управления» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;

ОПК-2 - Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации при решении задач профессиональной деятельности;

ОПК-11 - Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать математическое описание и математические

	модели типовых динамических звеньев
	уметь составлять математические модели линейных САУ
	владеть методами математического моделирования при анализе САУ
ОПК-2	знать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации
	уметь составлять динамические модели и передаточные функции для типовых звеньев и систем в целом
	владеть навыками получения передаточных функций типовых звеньев САУ и анализа по полученным передаточным функциям характеристик системы
ОПК-11	знать методы анализа устойчивости САУ; показатели качества регулирования САУ; методы выбора корректирующих устройств; векторно-матричное описание структурных схем непрерывных и дискретных САУ
	уметь использовать при проектировании показателей качества регулирования метод корневого годографа, метод стандартных переходных характеристик и модальный регулятор
	владеть теоретическими методами анализа и синтеза САУ робототехнических систем

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория автоматического управления» составляет 7 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	144	144
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	252	252
зач.ед.	7	7

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и определения в теории управления	Цель и задачи управления. Основные разделы в ТАУ. Робот - объект управления. Классификация автоматических систем по основным признакам. Функциональная схема автоматической системы.				
2	Математическое описание САУ	Формы записи дифференциальных уравнений. Безразмерная форма записи уравнений. Передаточная функция в TF-форме. Передаточная функция в ZPK-форме. Математическое описание в SS-форме.				
3	Элементарные звенья и их характеристики	Классификация типовых динамических звеньев. Временное и частотное представление входных и выходных сигналов. Временные и частотные функции и характеристики П-звена, И-звена, Д-звена, А-звена и Ф-звена. Временные и частотные функции и характеристики И-с замедлением и Д-с замедлением. Временные функции и характеристики типовых динамических звеньев 2-го порядка. Частотные функции и характеристики типовых динамических звеньев 2-го порядка.				
4	Структурные схемы и характеристики САУ	Структурная схема. Виды соединений. Правила преобразования структурных схем. Структурные схемы на основе типовых динамических звеньев. ЖООС и ГООС в структурных схемах. Структурная схема двигателя постоянного тока. Передаточная функция двигателя постоянного тока. Передаточная функция и амплитудно-фазовая характеристика разомкнутой САУ. Передаточная функция многоконтурной САУ. Асимптотическая ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой САУ				
5	Устойчивость линейных САУ	Устойчивость по корням характеристического уравнения. Расположение корней на комплексной плоскости. Критерий Гурвица. Критерий Найквиста. Устойчивость по АФЧХ разомкнутой системы. Устойчивость по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой статической и астатической САУ. Запасы устойчивости.				
6	Оценка качества регулирования линейных САУ	Качество регулирования по временным и частотным характеристикам. Точность автоматических систем в установившемся режиме. Точность при типовых воздействиях.				
7	Синтез линейных САУ	Способы коррекции САУ. Последовательная, параллельная и встречно-параллельная. Желаемая ЛАЧХ и ее свойства. Способы реализации желаемой ЛАЧХ для статической и астатической САУ. Корректирующие устройства. Пассивные и активные корректирующие устройства. Синтез корректирующих устройств по ЛАЧХ разомкнутой САУ и желаемой ЛАЧХ. Корневой метод выбора последовательного корректирующего устройства. Реализация корректирующего устройства. Метод стандартных переходных характеристик. Коэффициенты характеристического уравнения				

		для заданных показателей качества регулирования по переходной характеристике. Функции чувствительности временных и частотных характеристик				
8	Метод пространства состояний	Уравнение автоматической системы в пространстве состояний. Уравнение состояний типовых динамических звеньев. Структурные схемы АС с уравнениями 1-го и 2-го порядка с доступом к переменным состояний. Коррекция САУ в пространстве состояний. Модальный регулятор. Структурная схема системы автоматического регулирования и электромеханической следящей системы с доступом к переменным состояний и модальным регулятором.				
9	Наблюдаемость и управляемость	Понятие управляемости и наблюдаемости. Синтез наблюдателя в среде Matlab				
10	Нелинейные системы автоматического управления	Определение нелинейных систем. Типовые нелинейные элементы. Метод гармонической линеаризации. Коэффициенты линеаризации типовых нелинейностей. Анализ устойчивости нелинейных систем по характеристическому уравнению Структурные схемы САР скорости и СС с учетом типовых нелинейностей				
11	Импульсные системы автоматического управления	Импульсные системы. Пример импульсной системы. Дискретная модуляция. Структурная схема импульсной САУ. Z- преобразование. Передаточная функция дискретной автоматической системы (ДАС). Устойчивость ДАС. Реализация на микроЭВМ корректирующих устройств.				
12	Цифровые системы автоматического управления	Математический аппарат дискретных систем. Особенности моделирования микропроцессорных систем. Постановка задачи. Особенности моделирования микропроцессорных систем. Аналого-цифровой преобразователь. Особенности моделирования микропроцессорных систем. Внутрипроцессорные расчеты.. Особенности моделирования микропроцессорных систем. Широтно-импульсная модуляция. Цифровой фильтр Кальмана. Цифровой модальный регулятор.				
13	13. Синтез линейных оптимальных систем	Общие положения. Постановка задачи. Методы синтеза оптимальных систем с обратной связью.				
Итого			36	36	144	216

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 4 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Настройка контуров регулирования следящей системы на оптимальный режим работы»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Расчет передаточных функций неизменяемой части системы
 - Расчет корректирующих устройств с использованием методов последовательной и параллельной коррекции
 - Исследование на модели полученных характеристик
- Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать математическое описание и математические модели типовых динамических звеньев	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь составлять математические модели линейных САУ	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами математического моделирования при анализе САУ	коллоквиум	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	знать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь составлять динамические модели и передаточные функции для типовых звеньев и систем в целом	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками получения передаточных функций типовых звеньев САУ и анализа по полученным передаточным функциям характеристик системы	коллоквиум	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-11	знать методы анализа устойчивости САУ; показатели качества регулирования САУ; методы выбора	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	корректирующих устройств; векторно-матричное описание структурных схем непрерывных и дискретных САУ		программах	программах
	уметь использовать при проектировании показателей качества регулирования метод корневого годографа, метод стандартных переходных характеристик и модальный регулятор	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть теоретическими методами анализа и синтеза САУ робототехнических систем	коллоквиум	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	знать математическое описание и математические модели типовых динамических звеньев	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь составлять математические модели линейных САУ	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами математического моделирования при анализе САУ	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	знать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь составлять динамические модели и передаточные	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и	Продемонстрирован верный ход решения всех,	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве	Задачи не решены

	функции для типовых звеньев и систем в целом		получены верные ответы	но не получен верный ответ во всех задачах	задач	
	владеть навыками получения передаточных функций типовых звеньев САУ и анализа по полученным передаточным функциям характеристик системы	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-11	знать методы анализа устойчивости САУ; показатели качества регулирования САУ; методы выбора корректирующих устройств; векторно-матричное описание структурных схем непрерывных и дискретных САУ	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать при проектировании показатели качества регулирования метод корневого годографа, метод стандартных переходных характеристик и модальный регулятор	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть теоретическими методами анализа и синтеза САУ робототехнических систем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. При настройке регулирования на симметричный оптимум длительность переходного процесса зависит от:

- величины постоянной времени объекта;
- величины малой некомпенируемой постоянной времени;
- значения коэффициента передачи контура в разомкнутом состоянии;
- значения коэффициента передачи контура в замкнутом состоянии

2. Низкочастотная часть ЛАЧХ системы определяет ее:

- статическую точность;

- б) скоростную ошибку;
- в) время регулирования и перерегулирование;
- г) помехоустойчивость

3. Увеличение коэффициента усиления в прямом канале САР скорости:

- 1) приводит к увеличению жесткости механической характеристики
- 2) приводит к уменьшению жесткости механической характеристики
- 3) не влияет на жесткость механической характеристики
- 4) к уменьшению коэффициента передачи разомкнутой системы

4. Отметьте правильный ответ:

При настройке контура регулирования на симметричный оптимум переходная характеристики имеет перерегулирование равное:

- 1) 43 % 2) 5 %
- 3) 4,3 % 4) 0

5. Выбрать правильное утверждение:

При настройке контура регулирования на симметричный оптимум:

- 1) установившееся значение статической ошибки не равно нулю
- 2) установившееся значение скоростной ошибки не равно нулю
- 3) установившиеся значения статической и скоростной ошибки равны нулю
- 4) установившиеся значения статической и скоростной ошибки не равны нулю

6. В приводе с ПИ-регулятором скорости статическая механическая характеристика:

- 1) абсолютно жесткая
- 2) жесткая
- 3) мягкая
- 4) идеально мягкая

7. Ограничение выходного сигнала регулятора скорости в системе подчиненного регулирования ограничивает:

- 1) скорость
- 2) ток
- 3) статический момент
- 4) скорость нарастания тока

8. Среднечастотная часть ЛАЧХ системы определяет ее:

- 1) статическую точность
- 2) скоростную ошибку
- 3) время регулирования и перерегулирование
- 4) помехоустойчивость

9. При настройке контура регулирования на модульный оптимум длительность переходного процесса зависит от:

- 1) величины постоянной времени объекта
- 2) величины малой не компенсируемой постоянной времени
- 3) значения коэффициента передачи контура в разомкнутом состоянии
- 4) значения коэффициента передачи контура в замкнутом состоянии

10. Высокочастотная часть ЛАЧХ системы определяет ее:

- 1) статическую точность
- 2) скоростную ошибку
- 3) время регулирования и перерегулирование
- 4) помехоустойчивость

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Передаточная функция ПИ-регулятора:

- а) K ;
- б) $\frac{K}{s}$;
- в) Ks ;
- г) $\frac{K(Ts + 1)}{Ts}$;
- д) $\frac{K(T_1 T_2 s^2 + T_2 + 1)}{s}$

2. Отметьте правильный ответ:

При настройке контура регулирования на модульный оптимум передаточная функция замкнутого контура имеет вид:

- 1) $W(p) = \frac{1/k_{o.c.}}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}$
- 2) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{8T_{\mu}^2 p^2 (T_{\mu} p + 1)}$
- 3) $W(p) = \frac{1}{2T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}$
- 4) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{(2T_{\mu} p + 1)(4T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1)}$

3. Отметьте правильный ответ:

Как изменится установившееся значение X при охвате звена единичной отрицательной обратной связью

- 1) останется неизменным
- 2) увеличится
- 3) уменьшится
- 4) мало данных

4. Передаточная функция И-регулятора:

- 1) k
- 2) $\frac{k}{s}$
- 3) $k \cdot s$
- 4) $\frac{k(Ts+1)}{s}$
- 5) $\frac{k(T_1T_2s^2 + T_2 + 1)}{s}$

5. Отметьте правильный ответ:

При настройке контура регулирования на модульный оптимум передаточная функция разомкнутого контура имеет вид:

- 1) $W(p) = \frac{1/k_{o.c.}}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}$;
- 2) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{8T_{\mu}^2 p^2 (T_{\mu} p + 1)}$;
- 3) $W(p) = \frac{1}{2T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}$;
- 4) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{(2T_{\mu} p + 1)(4T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1)}$

6. Передаточная функция ПИД-регулятора:

- 1) k ;
- 2) $\frac{k}{s}$;
- 3) $k \cdot s$;
- 4) $\frac{k(Ts+1)}{s}$;
- 5) $\frac{k(T_1T_2s^2 + T_2s + 1)}{s}$

7. При настройке контура регулирования на симметричный оптимум передаточная функция разомкнутого контура имеет вид:

- 1) $W(p) = \frac{1/k_{o.c.}}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}$;
- 2) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{8T_{\mu}^2 p^2 (T_{\mu} p + 1)}$
- 3) $W(p) = \frac{1}{2T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}$;
- 4) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{(2T_{\mu} p + 1)(4T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1)}$

8. Отметьте правильный ответ:

При настройке контура регулирования на симметричный оптимум передаточная функция замкнутого контура имеет вид:

- 1) $W(p) = \frac{1/k_{o.c.}}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}$;
- 2) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{8T_{\mu}^2 p^2 (T_{\mu} p + 1)}$
- 3) $W(p) = \frac{1}{2T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}$;
- 4) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{(2T_{\mu} p + 1)(4T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1)}$

9. Если соотношение $T_m / T_y \geq 4$ ДПТ:

- 1) апериодическое звено первого порядка
- 2) колебательное звено
- 3) апериодическое звено второго порядка
- 4) форсирующее звено
- 5) реальное интегрирующее звено

10. В приводе с ПИ-регулятором скорости статическая механическая характеристика:

- 1) абсолютно жесткая
- 2) жесткая
- 3) мягкая
- 4) идеально мягкая

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Как по кривой переходной характеристики определить величину перерегулирования? Выберите правильный ответ.

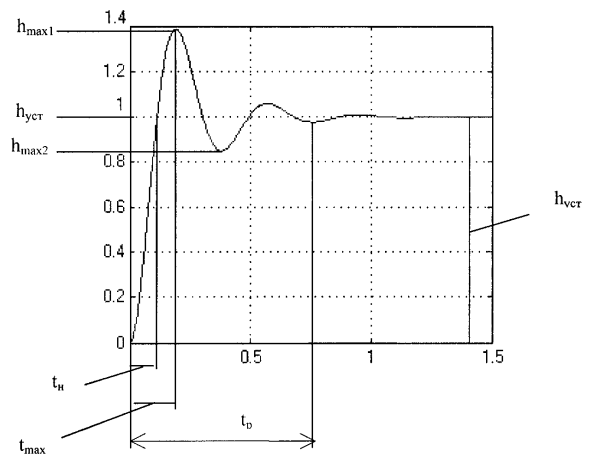
Варианты ответов:

а) $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{\max 2}}{h_{\max 1}} \cdot 100;$

б) $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{уст}}{h_{\max 1}}$

в) $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{уст}}{h_{уст}} \cdot 100;$

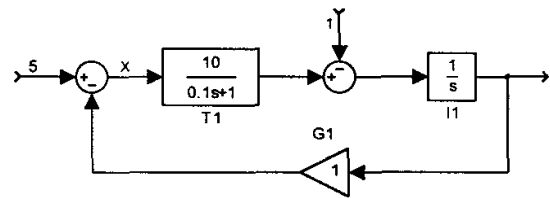
г) $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{\max 2}}{h_{\max 2}}$



Отметьте правильный ответ:

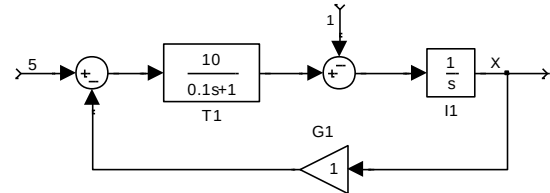
2. Суммарная установившаяся ошибка X для приведенной структуры будет равна

- а) 0;
- б) 0,1;
- в) 0,5;
- г) 1



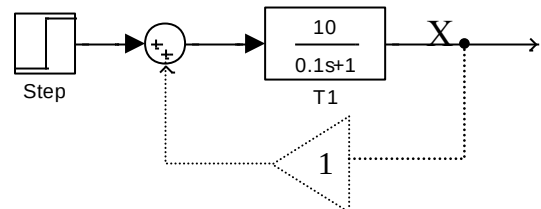
3. В установившемся режиме выходная величина блока I1 (X) для приведенной структуры будет равна

- 1) 4,9
- 2) 5,0
- 3) 0,5
- 4) 1,0



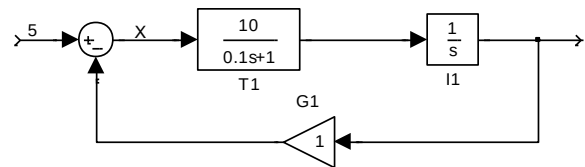
4. При охвате приведенного апериодического звена положительной единичной обратной связью результирующая система будет

- 1) устойчива
- 2) на грани устойчивости
- 3) не устойчива
- 4) мало данных



5. В установившемся режиме выходная величина ошибки (X) для приведенной структуры будет равна

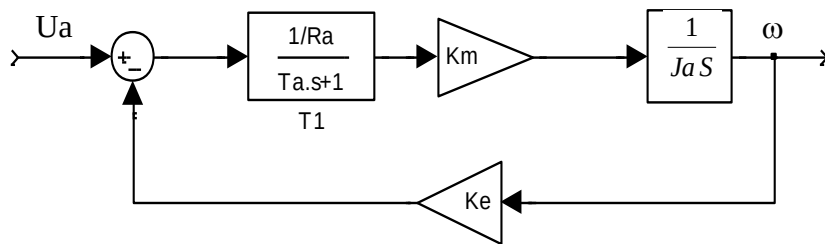
- 1) 0,1
- 2) 0,01
- 3) 0
- 4) 1,0



6. Выбрать правильный ответ:

Для приведенной структуры ДПТ при увеличении сопротивления якоря R_a установившееся значение скорости ω :

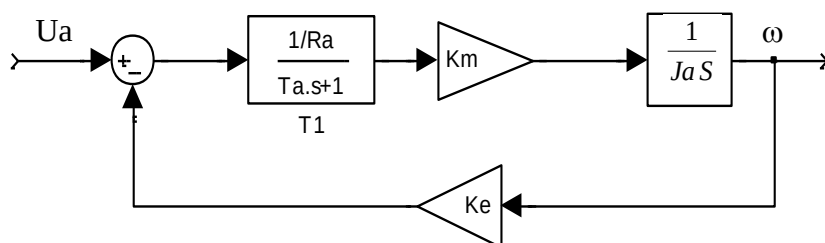
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) останется неизменным



7. Выбрать правильный ответ:

Для приведенной структуры ДПТ при увеличении питающего напряжения U_a установившееся значение скорости ω :

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) останется неизменным



8. При апериодическом процессе разгона двигателя постоянная времени определяется:

- 1) временем достижения 0,63 установившегося значения скорости;
- 2) промежутком времени от начала эксперимента до времени пересечения касательной к графику изменения скорости и установившегося значения скорости;
- 3) промежутком времени от начала эксперимента до времени пересечения касательной к графику изменения скорости и номинального значения скорости;
- 4) временем достижения скорости 0,95 установившегося значения скорости.

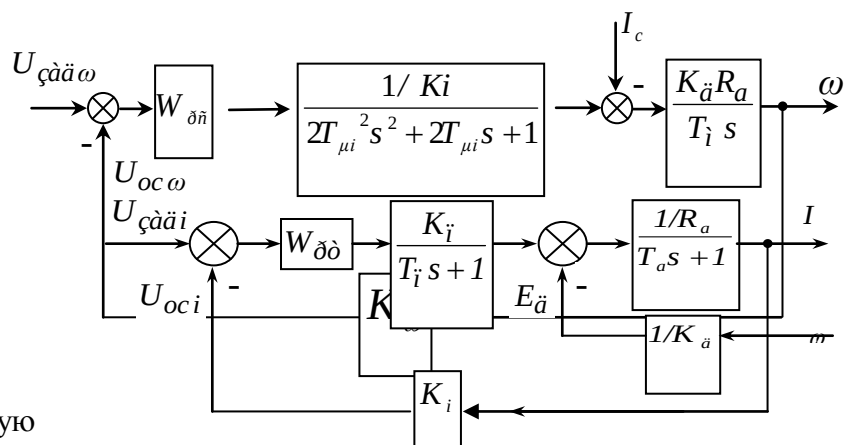
9. Определить установившееся значение тока якоря при токе нагрузки $I_c = 1\text{ A}$ и

$U_{\text{зад}\omega} = 10\text{ V}$. Параметры схемы: $K_i = 2$; $T_a = 5\text{ мс}$; $T_{\mu} = 0,2\text{ мс}$; $R_a = 0,67\text{ Ом}$; $K_f = 2,4$; $K_a = 20$; $K_{\omega} = 0,012 \frac{\text{A} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $J = 6 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $W_{\delta n} = 2$.

Варианты ответа:

- 1) 1 A; +
- 2) 0 A;
- 3) 2 A;
- 4) 1,5 A.

10. Рассчитать передаточную функцию регулятора тока $W_{\delta\omega}$ при настройке контура на модульный оптимум. Обратную



связь по ЭДС не учитывать. Параметры элементов контура: $K_i = 2$; $T_d = 5\text{мс}$; $T_I = 0,2\text{мс}$; $R_a = 0,67\text{Ом}$; $K_I = 2,4$; $K_a = 20$.

Выбрать правильный ответ:

- 1) 20;
- 2) $2+4/S$;
- 3) $1,74+349/S$; +
- 4) $3/S$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Понятие системы. Классификация систем. Понятие системы автоматического управления (САУ).
2. Классификация систем автоматического управления.
3. Основные понятия и принципы построения САУ.
4. Характеристика объектов управления и сигналов, действующих в САУ.
5. Фундаментальные принципы управления: разомкнутое управление, управление по возмущению, по отклонению, комбинированное управление.
6. Основные виды автоматического управления: стабилизация, следящее, программное, оптимальное и адаптивное.
7. Классификация САУ по принципам и видам управления, типу сигналов и характеристикам параметров системы.
8. Математическое описание непрерывных САУ.
9. Установившиеся и переходные процессы в САУ. Уравнения статики и динамики.
10. Типовые позиционные динамические звенья, их характеристики.
11. Типовые интегрирующие динамические звенья, их характеристики.
12. Типовые дифференцирующие динамические звенья, их характеристики.
13. Методы линеаризации характеристик и дифференциальных уравнений САУ.
14. Векторно-матричные уравнения системы в пространстве состояний.
15. Применение операторного метода для решения уравнений САУ.
16. Понятие передаточной функции. Связь передаточной функции с весовой и переходной характеристиками.
17. Передаточные функции САУ. Нули и полюса передаточной функции.
18. Характеристический полином и характеристическое уравнение системы.
19. Передаточные функции замкнутых систем по управляющему воздействию.
20. Передаточные функции замкнутых систем по возмущающему воздействию.
21. Передаточная функция по ошибке. Коэффициенты ошибок.
22. Устойчивость линейных САУ. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.
23. Алгебраический критерий устойчивости Рауса.
24. Критерий Гурвица. Определение границы колебательной и апериодической устойчивости.
25. Частотный критерий Найквиста. Определение запасов устойчивости.
26. Частотный критерий Михайлова. Определение устойчивости и границ колебательной устойчивости.
27. Запас по амплитуде и фазе в устойчивых системах.
28. Определение устойчивости по логарифмическим амплитудно-фазовым частотным характеристикам разомкнутой системы.
29. Определение областей устойчивости. Д-разбиение.
30. Ошибка в САУ по амплитуде и частоте. Полоса пропускания, частота среза, запасы устойчивости по фазе и амплитуде (модулю).
31. Статические и астатические системы автоматического управления.

32. Анализ качества в линейных САУ. Оценка качества в установившихся и переходных процессах.
33. Корневые методы оценки качества процессов в САУ.
34. Оценка качества управления при гармоническом воздействии. Запас по фазе и амплитуде.
35. Интегральные оценки качества САУ.
36. Частотные оценки качества САУ.
37. Динамические и статические ошибки в САУ.
38. Повышение качества и синтез линейных САУ.
39. Коррекция систем. Постановка задачи коррекции САУ.
40. Последовательные корректирующие устройства.
41. Параллельные корректирующие устройства.
42. Использование обратных связей для повышения качества процесса управления САУ.
43. Понятие желаемой ЛАЧХ, методика ее построения.
44. Синтез корректирующих устройств по ЛАЧХ.
45. Теория инвариантных систем.
46. Методы создания инвариантных по возмущающему воздействию систем.
47. Дискретные САУ, их классификация и принципы функционирования.
48. Импульсные САУ, их характеристики.
49. Передаточная функция импульсной САУ.
50. Использование Z – преобразования для анализа импульсных САУ.
51. Устойчивость и качество импульсных систем.
52. Нелинейные САУ, их особенности и принципы функционирования.
53. Особенности математического описания нелинейных САУ.
54. Анализ нелинейных САУ с помощью метода фазовых траекторий.
55. Метод гармонической линеаризации нелинейных САУ.
56. Устойчивость нелинейных САУ.
57. Релейные САУ, их характеристики и принципы функционирования.
58. Понятие особых САУ. Системы с переменными параметрами.
59. Системы с запаздыванием и распределенными параметрами.
60. Особенности динамики нелинейных систем. Релейные системы. Устойчивость.
61. Системы оптимального управления: принципы построения, методы анализа и синтеза. Критерии оптимальности.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20

баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и определения в теории управления	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-11	Тест, требования к курсовому проекту....
2	Математическое описание САУ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-11	Тест, требования к курсовому проекту....
3	Элементарные звенья и их характеристики	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-11	Тест, требования к курсовому проекту....
4	Структурные схемы и характеристики САУ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-11	Тест, требования к курсовому проекту....
5	Устойчивость линейных САУ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-11	Тест, требования к курсовому проекту....
6	Оценка качества регулирования линейных САУ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-11	Тест, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения

ДИСЦИПЛИНЫ

1. Теория автоматического управления: методы исследования автоматических систем в среде Matlab: учеб. пособие / А.П. Харченко, Ю.С. Слепокуров, В.В. Кольцова, О.В. Белоусова. Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. 179 с

2. Теория автоматического управления линейных непрерывных систем: учеб. пособие / А.П. Харченко, В.В. Кольцова. Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2008. 96 с.

3. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1– 4 по дисциплине “Теория автоматического управления” для студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника очной формы обучения/ Харченко А.П., Слепокуров Ю.С., Кольцова В.В., 2012.

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 5– 8 по дисциплине “Теория автоматического управления” для студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника очной формы обучения/ Харченко А.П., Слепокуров Ю.С., Кольцова В.В., 2013.

5. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 9– 13 по дисциплине “Теория автоматического управления” для студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника очной формы обучения/ Харченко А.П., Слепокуров Ю.С., Кольцова В.В., 2013.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение

1. LibreOffice;
2. Apache OpenOffice 4.1.11;
3. Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
4. Acrobat Pro 2017 Multiple Platforms Russian AOO License TLP;
5. FEMM 4.2;
6. SciLab;
7. MATLAB Classroom;
8. Simulink Classroom.

Отечественное ПО

1. «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. ВУЗ»».

2. Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиатинтернет»».

3. Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции

диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ).

4. Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

Информационная справочная система

1. <http://window.edu.ru>

2. <https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных

1. Электротехника. Сайт об электротехнике

Адрес ресурса: <https://electrono.ru>

2. Электротехнический портал

<http://электротехнический-портал.рф/>

3. Силовая электроника для любителей и профессионалов

Адрес ресурса: <http://www.multikonelectronics.com/>

4. Netelectro

Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации.

Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления

Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

5. Marketelectro

Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг.

Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

6. Электромеханика

Адрес ресурса: <https://www.electromechanics.ru/>

7. Electrical 4U

Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник»

Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>

8. All about circuits

Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация

Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>

9. Библиотека ООО «Электропоставка»

Адрес ресурса: <https://elektropostavka.ru/library>

10. Электрик

Адрес ресурса: <http://www.electrik.org/>

11. Чертежи.ru

Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

12. Электроспец

Адрес ресурса: <http://www.elektrospets.ru/index.php>

13. Библиотека WWER

Адрес ресурса: <http://lib.wwer.ru>

14. Единая система конструкторской документации.

Адрес ресурса: https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoy_dokumentatsii //

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная ПК и проекционным оборудованием.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теория автоматического управления» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета ЛАЧХ, статических и скоростных ошибок автоматических систем, корректирующих устройств, а также построение переходных характеристик типовых звеньев САУ. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом

занятие	лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП