

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Рыбницкий филиал

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала ПГУ
им. Т.Г. Шевченко в г. Рыбница
профессор

Павлинов И. А.
« 15 » 10 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

на 2020 / 2021 учебный год

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Направление подготовки:

15.03.04. «Автоматизация технологических процессов и производств»

Профиль подготовки

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения:

Заочная

Рыбница 2020

Рабочая программа дисциплины «Теория Автоматического Управления» /сост.
Б.К. Корлюга – Рыбница: ГОУ «ПГУ им. Т.Г.Шевченко», 2020 - 26с.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
СТУДЕНТАМ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 15.03.04
«АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»**

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального
Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению
подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
утвержденного приказом № 200 Министерства образования и науки Российской
Федерации от 12.03.2015г.

Составитель



/Корлюга Б.К./ старший преподаватель

1 . Цели и задачи дисциплины.

Цель изучения данной дисциплины « Теория автоматического управления » изучение общих принципов построения и функционирования автоматических систем управления (САУ) усвоение основных методов анализа и синтеза САУ

- обучение типовым моделями звеньев и систем управления,
- обучение основным свойствам динамических объектов (независимо от их физической природы),
- обучение методам исследования свойств динамических систем, методам синтеза систем автоматического регулирования,
- приобретение студентами навыков по расчету и моделированию систем управления для использования в производственной деятельности, связанной с эксплуатацией, настройкой и разработкой настройкой и разработкой систем и устройств управления.

Задача преподавания дисциплины заключается в подготовке студентов к следующим видам профессиональной деятельности: проектно-конструкторской, производственно-технологической, научно-исследовательской и монтажно-наладочной деятельности удовлетворение потребностей общества в квалифицированных кадрах путем подготовки специалистов по проектированию, разработке и эксплуатации систем автоматизации производственных и технологических процессов изготовления продукции различного служебного назначения, управления ее жизненным циклом и качеством, контроля, диагностики и испытаний.

Успешное изучение дисциплины « Теория автоматического управления » предполагает предварительное знакомство студентов со следующими дисциплинами: высшая математика (дифференциальное, интегральное, операционное исчисление, линейная алгебра, функции комплексного переменного), физика (физика твердого тела), электроника (операционные усилители, базовые логические элементы, схемотехника устройств на операционных усилителях), теория цепей (анализ цепей постоянного и переменного тока, переходные процессы), программирование (пакеты прикладных программ для моделирования динамических систем).

2 Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП).

Дисциплина относится к базовой части блока Б.1 «Дисциплины (модули)» ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

ТАУ базируется на таких дисциплинах, как: «Высшая математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники».

Знания, полученные при освоении ТАУ, необходимы для изучения дисциплин: «Электроника электропривода», «Электронные промышленные устройства», «Математическое моделирование элементов электронной техники», а также при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы

3 Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

(специальности): Код компетенции	Формулировка компетенции
Общекультурные компетенции (ОК)	
ОК-3	способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия

ОК-5	способностью к самоорганизации и самообразованию
Общепрофессиональные компетенции (ОПК)	
ОПК-3	Способностью использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4	способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК-5	Способностью участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции (ПК)	
ПК-19	способностью участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК-20	способностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК-21	Способностью составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные принципы и законы функционирования автоматических систем управления
- способы математического описания САУ
- частотные и алгебраические методы исследования автоматических систем.
- виды нелинейных систем.
- способы коррекции свойств замкнутых систем
- формы представления математических моделей объектов и систем
- методы анализа фундаментальных свойств процессов и систем управления,

- основные принципы управления,
- методы синтеза систем управления;

Уметь:

- составлять математические модели;
- использовать основные методы анализа САУ во временной и частотной областях;
- анализировать устойчивость и качество САУ;
- использовать современные средства вычислительной техники для решения задач автоматического управления.
- применять методы получения математических моделей объектов
- Формулировать требования к свойствам систем;
- проводить сравнительный анализ свойств динамических систем;
- проверять устойчивость систем;
- проводить расчет корректирующих звеньев для обеспечения заданных свойств систем автоматического управления.

Владеть:

- методами составления математических моделей САУ;
- навыками применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- методами исследования систем автоматического управления;
- методами синтеза систем управления.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости в з.е./часах по видам аудиторной и самостоятельной работы студентов по семестрам

Семестр	Количество часов						Форма итогового контроля
	Трудоём- кость, з.е./часы	В том числе					
		Аудиторных				Самост. работы	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практич. зан.		
6	5/180	38	8		16	147	Экзамен Курсовая работа
Итого:	5/180	24	8		16	147	9

4.2. Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Теория линейных систем автоматического управления	56	2	4		50
2.	Основы теории нелинейных систем автоматического управления.	46	2	4		40
3.	Основы теории линейных импульсных САУ	32	2	4		26

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
4	Случайные процессы в системах автоматического управления	23	1	2	-	20
5	Оптимальные, адаптивные и робастные САУ	14	1	2	-	11
	<i>Итого:</i>	<i>171</i>	<i>8</i>	<i>16</i>	<i>-</i>	<i>147</i>
	<i>Экзамен</i>	<i>9</i>				
	<i>Всего:</i>	<i>171</i>	<i>8</i>	<i>12</i>	<i>16</i>	<i>147</i>

4.3. Тематический план по видам учебной деятельности

Лекции

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема лекции	Учебно-наглядные пособия
1	№1	2	Теория линейных систем автоматического управления Основные понятия и определения. Статика систем автоматического управления Статический режим работы систем автоматического управления (САУ)	Презентации, раздаточный материал
2	№2	2	Основы теории нелинейных систем автоматического управления. Общая характеристика нелинейных САУ. Анализ динамики нелинейных САУ.	Презентации, раздаточный материал
3	№3	2	Основы теории линейных импульсных САУ. Общая характеристика импульсных САУ. Определение и классификация импульсных систем.	Презентации, раздаточный материал
4	№4	1	Случайные процессы в системах автоматического управления. Случайные процессы в линейных САУ	Презентации, раздаточный материал
5	№5	1	Оптимальные, адаптивные и робастные САУ Теория оптимальных систем автоматического управления. Основные понятия об оптимальном управлении. Методы синтеза оптимальных систем	Презентации, раздаточный материал
Итого:		8		

Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема практического занятия	Учебно-наглядные пособия
1	№1	2	Математическое описание элементов автоматического управления. Дифференциальные уравнения элементов автоматического управления.	Методические указания, раздаточный материал
2	№1	4	Временные характеристики систем. Простейшие методы идентификации	Методические указания, раздаточный материал
3	№2	4	Передаточные функции и частотные характеристики звеньев и систем	Методические указания, раздаточный материал
4	№3	4	Исследование устойчивости систем с помощью критериев Рауса, Гурвица, Ляпунова-Шипара	Методические указания, раздаточный материал
5	№4	2	Исследование устойчивости систем с помощью критериев Михайлова и Найквиста	Методические указания, презентационный, раздаточный материал
6	№5	2	Построение областей устойчивости. Д-разбиение	Методические указания, презентационный, раздаточный материал
Итого:		12		

Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Тема и вид СРС	Трудоемкость (в часах)
Раздел 1	1	Статические и астатические САУ.	10
	2	Математические модели динамики САУ.	10
	3	Типовые внешние воздействия и временные характеристики САУ.	10
	4	Типовые динамические звенья.	10
	5	Структурные схемы САУ и их преобразование.	10
Раздел 2	6	Общая характеристика нелинейных САУ.	10
	7	Общая характеристика нелинейных САУ.	10
	8	Анализ динамики нелинейных САУ.	10
	9	Синтез и качество нелинейных САУ.	10
Раздел 3	10	Общая характеристика импульсных САУ.	14
	13	Определение и классификация импульсных систем.	12
Раздел 4	14	Случайные процессы в линейных САУ.	10
	15	Случайные процессы в нелинейных САУ.	10
Раздел 5	16	Методы синтеза оптимальных систем.	11
Итого:			147

5 Курсовые проекты (работы)-

1. Варианты заданий

Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в списке группы. Каждый вариант характеризуется определенным сочетанием вида структурной схемы (Приложение А) и численного значения параметров (таблица 1).

2. Задание на проектирование и порядок выполнения работы

Для структурной схемы САУ, соответствующей выбранному варианту, выполнить следующие действия:

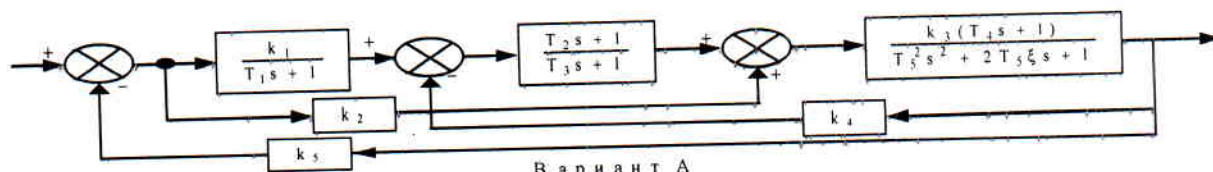
- 1) Избавиться от всех перекрестных параллельных и обратных связей, привести структурную схему к стандартному виду. Определить передаточную функцию разомкнутой системы, записать ее в стандартной форме.
- 2) Определить амплитудно-фазовую, вещественную и мнимую частотные характеристики разомкнутой системы.
- 3) Построить годограф АФЧХ разомкнутой системы.
- 4) Найти выражения для асимптотической ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы.

3. Исходные данные

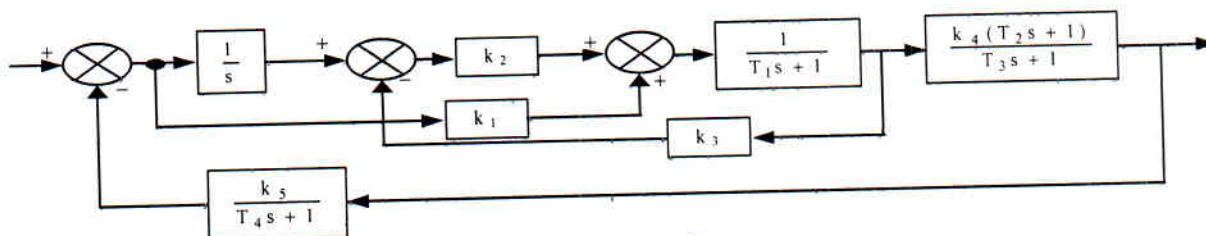
Таблица 1

Вариант	Схема	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	ξ
1	(f)	7	5	10	6		0.9	0.2	0.5	0.8	0.1	0.3	
2	(a)	5	1	2	5	0.5	0.5	0.4	0.6	0.1	0.8		0.5
3	(e)	0.2	2	2	30	2	0.5	0.8	0.2	0.75			
4	(b)	2	0.2	2	10	3	0.5	0.5	0.9	0.75			
5	(c)	0.5	5	4	10	0.25	0.8						0.5
6	(d)	0.7	2	2	9	0.7	0.2	0.5	0.4	0.55			
7	(f)	2	2	15	19		0.5	0.7	0.2	0.6	0.15	0.75	
8	(c)	0.2	4	5	10	0.25	0.7						0.5
9	(a)	1	5	2	4	0.2	0.1	0.4	0.2	0.25	0.922		0.5
1	(b)	0.5	6	3	25	0.3	0.1	0.01	0.3	0.25			
1	(e)	1.1	3	5	12	0.7	0.1	0.95	0.3	0.6			
1	(a)	2	0.8	4	15	2	0.75	0.15	0.95	0.1	0.6		0.4
1	(d)	1.5	5	0.5	5	2	0.1	0.1	0.2	0.75			
1	(f)	5	7	15	4		0.5	0.5	0.6	0.9	0.2	0.7	

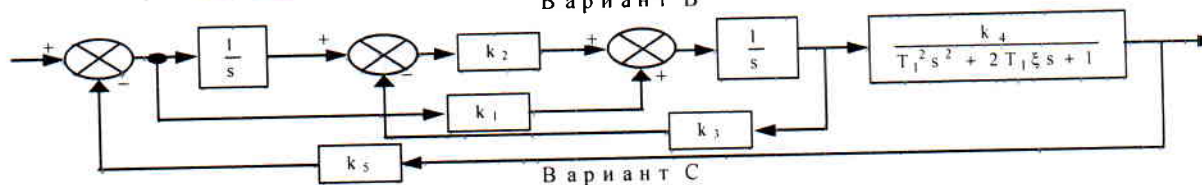
Структурные схемы САУ



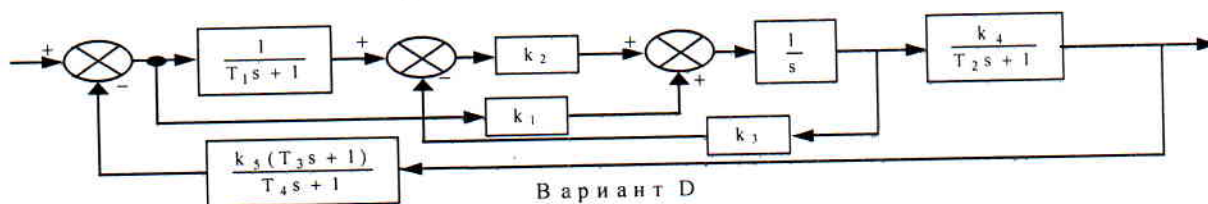
Вариант А



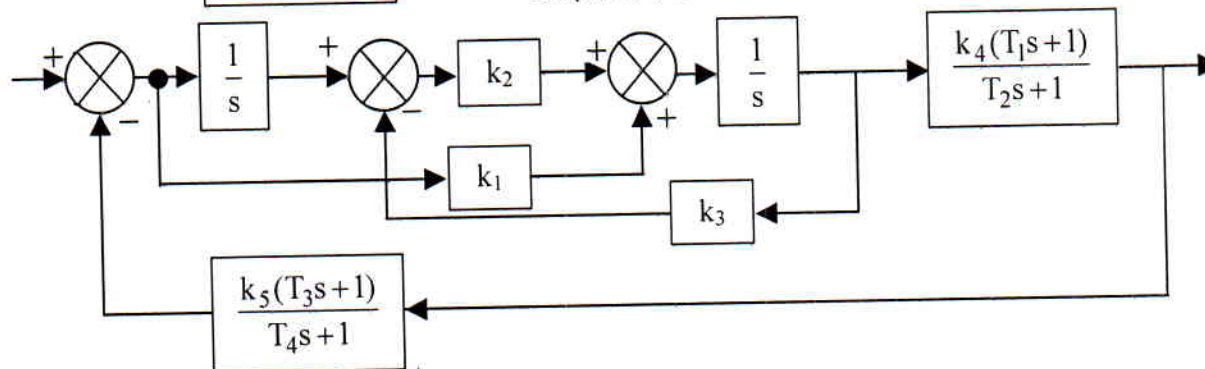
Вариант В



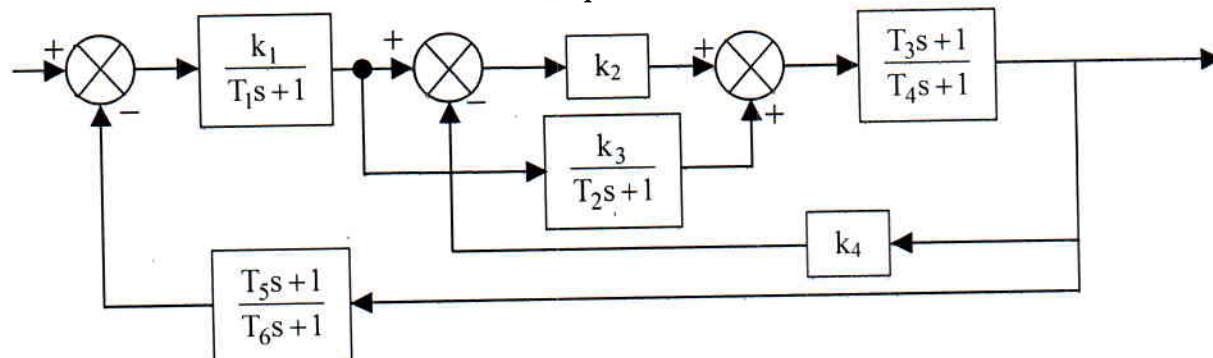
Вариант С



Вариант D



Вариант E

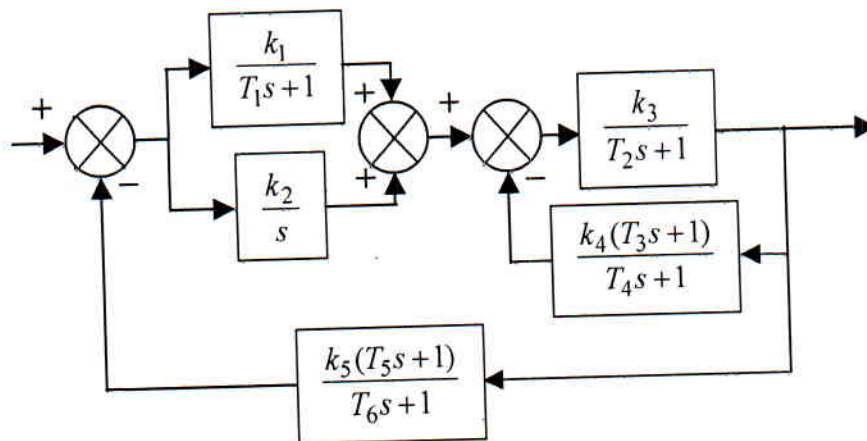


Вариант F

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Пусть в задании Вашему номеру в списке группы (k) соответствует следующая строчка:

Вариант	Схема	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	ξ
1.	(a)	10	10	5	2		0.1	0.5	0.1	0.4	0.2		
...	(b)	0.2	12	2			0.1	0.75	0.15	0.2			
k.	(n)	5	10	1	0.6	4	0.25	0.5	1	0.1	0.2	0.5	
...	(f)	8	5	1	0.4		0.3	0.2	0.5	0.7			0.8



n)

Следовательно, расчетная схема имеет вид:

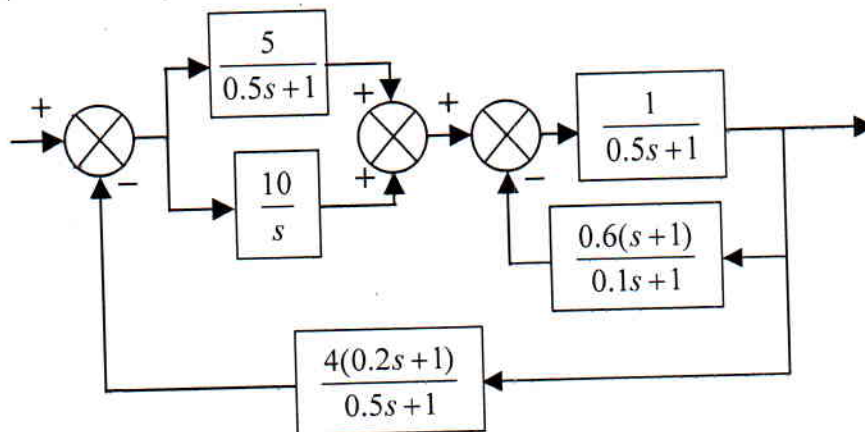


Рисунок 1

Задание 1. Определить передаточную функцию разомкнутой системы, привести ее к стандартной форме записи.

Заданная схема (рисунок 1) состоит из 5 звеньев со следующими передаточными функциями:

$$W_1 = \frac{5}{0.5s+1}; W_2 = \frac{10}{s}; W_3 = \frac{1}{0.5s+1}; W_4 = \frac{0.6(s+1)}{0.1s+1}; W_5 = \frac{4(0.2s+1)}{0.5s+1};$$

при этом звенья 1 и 2 параллельны, звено 3 охвачено локальной отрицательной обратной связью со звеном 4 в цепи ОС. Необходимо найти эквивалентные передаточные функции:

$$W_{\Sigma 1} = W_1 + W_2; W_{\Sigma 2} = \frac{W_3}{1 + W_3 W_4}.$$

/* необходимо привести все промежуточные вычисления */

$$W_{\Sigma 1} = \frac{10(0.75s + 1)}{s(0.25s + 1)}; W_{\Sigma 2} = \frac{0.625(0.1s + 1)}{(0.044s + 1)(0.7s + 1)}.$$

На рисунке 2 изображен стандартный вид структурной схемы системы.

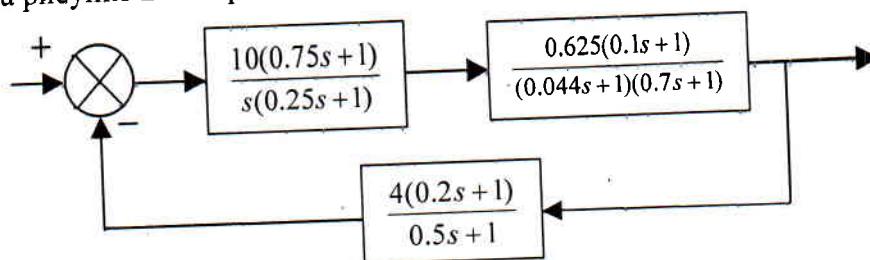


Рисунок 2

Передаточная функция прямой цепи:

$$W_{\text{пр}} = \frac{6.25(0.75s + 1)(0.1s + 1)}{s(0.26s + 1)(0.044s + 1)(0.7s + 1)}$$

Передаточная функция разомкнутой цепи:

$$W_{\text{рц}} = \frac{25(0.75s + 1)(0.1s + 1)(0.2s + 1)}{s(0.26s + 1)(0.044s + 1)(0.7s + 1)(0.5s + 1)} =$$

$$= \frac{25(0.015s^3 + 0.245s^2 + 1.05s + 1)}{0.004s^5 + 0.12s^4 + 0.726s^3 + 1.504s^2 + s}.$$

Степень астатизма $\nu = 1$. Коэффициент передачи $K=25$. Постоянные времени: $T_1 = 0.75$; $T_2 = 0.1$; $T_3 = 0.2$ – в числителе, $T_4 = 0.26$; $T_5 = 0.044$; $T_6 = 0.7$; $T_7 = 0.5$ – в знаменателе.

Задание 2. Частотная передаточная функция системы ($s \rightarrow j\omega$):

$$W(j\omega) = \frac{25(0.015(j\omega)^3 + 0.245(j\omega)^2 + 1.05(j\omega) + 1)}{0.004(j\omega)^5 + 0.12(j\omega)^4 + 0.726(j\omega)^3 + 1.504(j\omega)^2 + j\omega} =$$

$$= \frac{25(1 - 0.245\omega^2 + j\omega(1.05 - 0.015\omega^2))}{(-1.504\omega^2 + 0.12\omega^4 + j\omega(1 - 0.726\omega^2 + 0.004\omega^4))} =$$

$$= \frac{25(1 - 0.245\omega^2 + j\omega(1.05 - 0.015\omega^2)) \times (\omega^2(-1.504 + 0.12\omega^2) - j\omega(1 - 0.726\omega^2 + 0.004\omega^4))}{\omega^4(-1.504 + 0.12\omega^2)^2 + \omega^2(1 - 0.726\omega^2 + 0.004\omega^4)^2}$$

$$P(\omega) = -\frac{\omega^2(0.464 + 0.28284\omega^2 + 0.01384\omega^4 + 0.00006\omega^6)}{\omega^4(-1.504 + 0.12\omega^2)^2 + \omega^2(1 - 0.726\omega^2 + 0.004\omega^4)^2};$$

$$Q(\omega) = \frac{\omega(1 - 2.5502\omega^2 + 0.33043\omega^4 - 0.00278\omega^6)}{\omega^4(-1.504 + 0.12\omega^2)^2 + \omega^2(1 - 0.726\omega^2 + 0.004\omega^4)^2};$$

Особые точки АФЧХ приведены в таблице 1.

Таблица 1

ω	0	∞
$P(\omega)$	-11.6	0
$Q(\omega)$	$-\infty$	0

Задание 3. Годограф АФЧХ при $\omega = 0$ начинается в третьем квадранте. К нулю при $\omega \rightarrow \infty$ стремится также из третьего квадранта (рисунок 3). Пересечений с вещественной или мнимой осями нет.

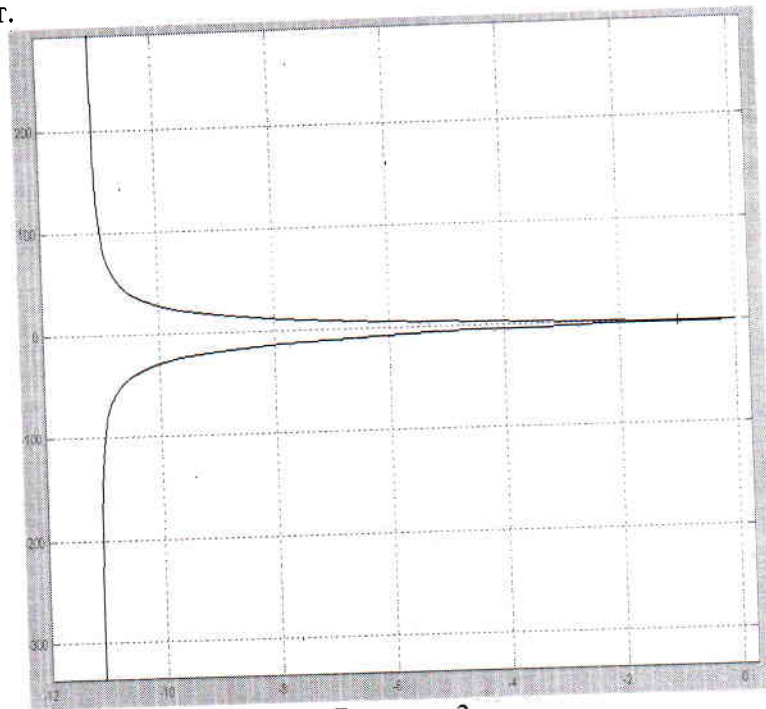


Рисунок 3

Задание 4. Асимптотическая ЛАХ:

$$L(\omega) = 20\lg K - 20\lg \omega + 20\lg \sqrt{T_1^2 \omega^2 + 1} + 20\lg \sqrt{T_2^2 \omega^2 + 1} + 20\lg \sqrt{T_3^2 \omega^2 + 1} - 20\lg \sqrt{T_4^2 \omega^2 + 1} - 20\lg \sqrt{T_5^2 \omega^2 + 1} - 20\lg \sqrt{T_6^2 \omega^2 + 1} - 20\lg \sqrt{T_7^2 \omega^2 + 1};$$

где K – общий коэффициент передачи разомкнутой системы;

$T_1 \dots T_7$ – постоянные времени элементарных динамических звеньев структурной схемы, записанной в стандартном виде.

Асимптотическая ЛФХ:

$$\varphi(\omega) = -\pi/2 + \arctg T_1 \omega + \arctg T_2 \omega + \arctg T_3 \omega - \arctg T_4 \omega - \arctg T_5 \omega - \arctg T_6 \omega - \arctg T_7 \omega.$$

Задание 5. Построение в масштабе ЛАХ и ЛФХ системы.

1. Начальный наклон ЛАХ: -20 дБ/дек

2. Значение ЛАХ при $\omega = 1$ равняется $20\lg K$, где K – общий коэффициент передачи разомкнутой системы. $K = 25$, следовательно ЛАХ пересекает ось ординат на уровне 27.9588.

3. Строим таблицу значений сопрягающих частот (таблица 2).

Таблица 2

T	0.75	0.7	0.5	0.26	0.2	0.1	0.044
ω	1.(3)	1.43	2	3.846	5	10	22.(72)
Изменение наклона (дБ/дек)	+20	-20	-20	-20	+20	+20	-20

Асимптотическая ЛАХ, построенная по информации из таблицы 2 показана на рисунке 4.

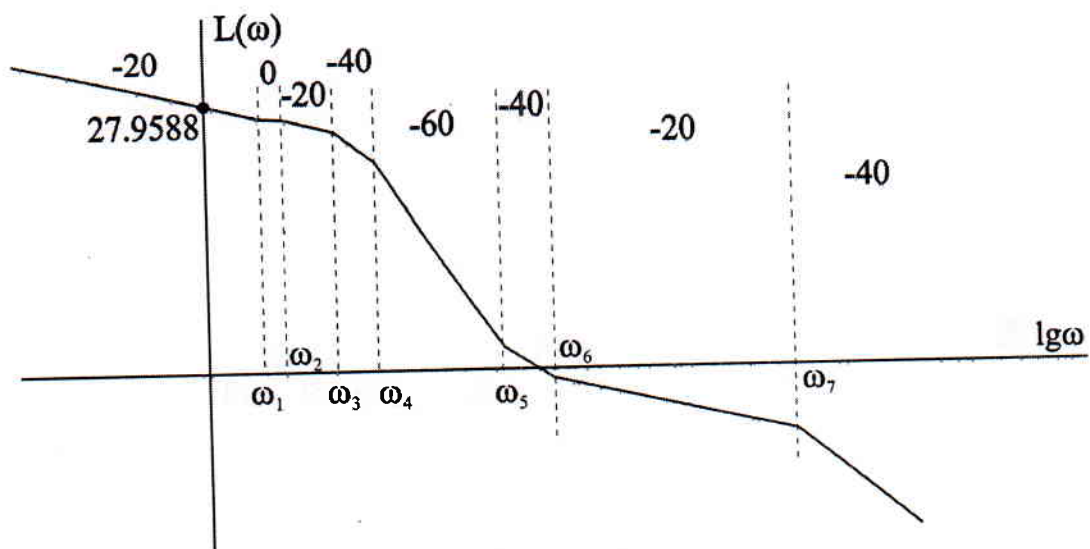


Рисунок 4

На рисунке 5 изображены в масштабе ЛАХ и ЛФХ системы.

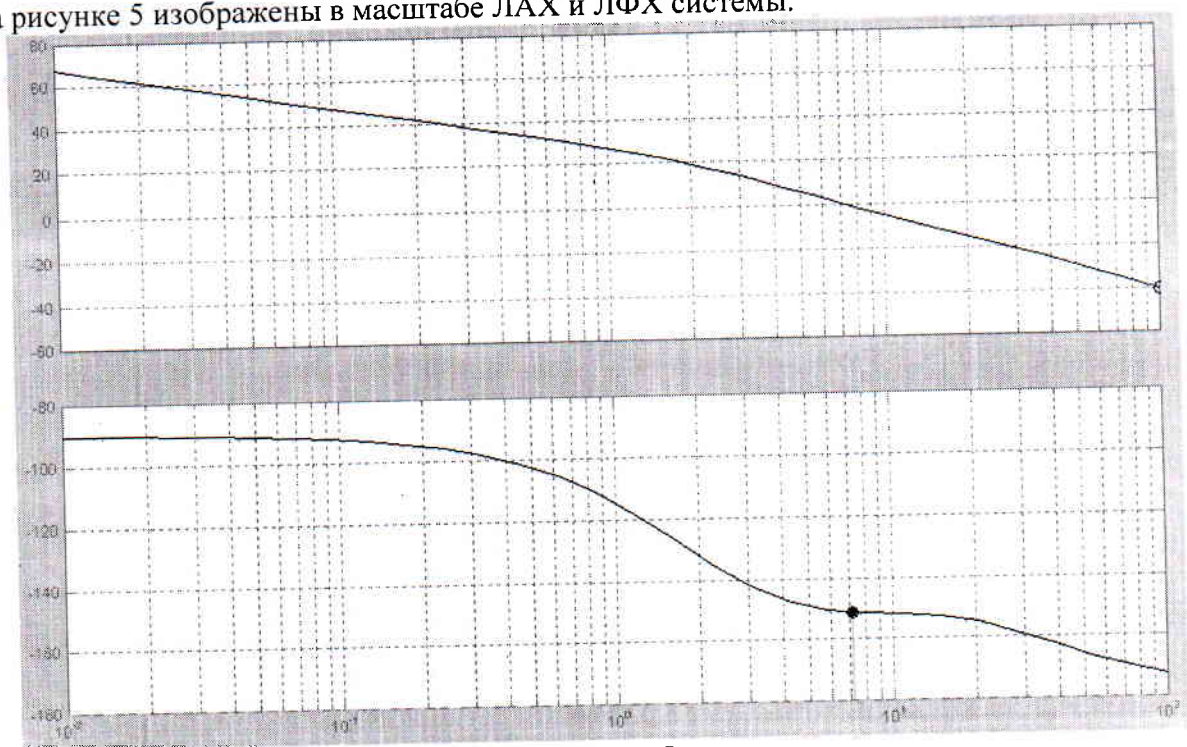


Рисунок 5

Задание 6. Так как степень астатизма системы больше нуля, и характеристический полином разомкнутой системы имеет все корни в левой половине комплексной плоскости (кроме одного в начале координат) то формулировка метода Найквиста будет выглядеть следующим образом:

Для того, чтобы замкнутая система автоматического управления была устойчива необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы, дополненный окружностью бесконечно большого радиуса до положительной действительной полуоси при изменении частоты ω от 0 до $+\infty$ не охватывал точку с координатами $(-1, j0)$.

На рисунке 6 изображен интересующий нас участок АФХ. Из рисунка видно, что частотный годограф не охватывает критическую точку. Следовательно замкнутая САУ будет устойчивой.

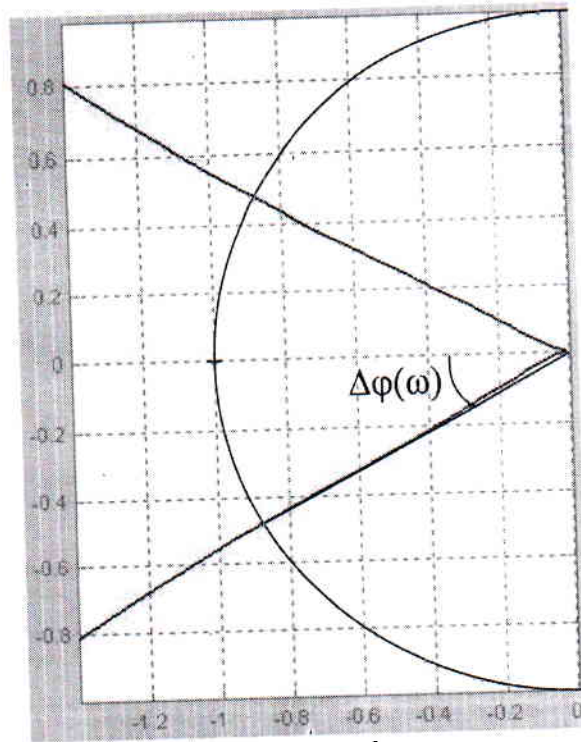


Рисунок 6

Задание 7. Запас устойчивости по фазе составляет 32° (рисунок 6). Ввиду того, что годограф АФХ не пересекает отрицательную действительную полуось, запас устойчивости по амплитуде будет равен 100%.

Задание 8. Передаточная функция замкнутой системы может быть найдена по следующей формуле:

$$\Phi(s) = \frac{W_{\text{нц}}(s)}{1 + W_{\text{нц}}(s)W_{\text{оц}}(s)},$$

$$\text{где } W_{\text{нц}}(s) = \frac{6.25(0.75s + 1)(0.1s + 1)}{s(0.25s + 1)(0.044s + 1)(0.7s + 1)};$$

$$W_{\text{оц}}(s) = \frac{4(0.2s + 1)}{0.5s + 1}.$$

Следовательно, передаточная функция замкнутой системы будет равна

$$\begin{aligned} \Phi(s) &= \frac{\frac{6.25(0.75s + 1)(0.1s + 1)}{s(0.25s + 1)(0.044s + 1)(0.7s + 1)}}{1 + \frac{6.25(0.75s + 1)(0.1s + 1)}{s(0.25s + 1)(0.044s + 1)(0.7s + 1)} \cdot \frac{4(0.2s + 1)}{0.5s + 1}} = \\ &= \frac{6.25(0.75s + 1)(0.1s + 1)(0.5s + 1)}{s(0.25s + 1)(0.044s + 1)(0.7s + 1)(0.5s + 1) + 25(0.75s + 1)(0.1s + 1)(0.2s + 1)} = \\ &= \frac{0.234s^3 + 3.125s^2 + 8.4375s + 6.25}{0.00385s^5 + 0.1161s^4 + 0.7138s^3 + 1.494s^2 + s + 0.375s^3 + 6.125s^2 + 26.25s + 25} = \\ &= \frac{0.234s^3 + 3.125s^2 + 8.4375s + 6.25}{0.00385s^5 + 0.1161s^4 + 1.0888s^3 + 7.619s^2 + 27.25s + 25}; \end{aligned}$$

Характеристический полином системы:

$$A(s) = 0.00385s^5 + 0.1161s^4 + 1.0888s^3 + 7.619s^2 + 27.25s + 25.$$

Определение устойчивости замкнутой системы методом Рауса. Таблица Рауса имеет следующий вид

/* необходимо привести все промежуточные вычисления */:

0.00385	1.0888	27.25	
0.1161	7.619	25	
0.836	26.425	0	0.033
3.95	25	0	0.1389
21.36	0	0	0.211
25	0	0	0.18375

Так как все элементы первого столбца таблицы имеют один и тот же знак, следовательно характеристический полином замкнутой системы имеет корни только в левой половине комплексной плоскости. Замкнутая САУ устойчива.

Определение устойчивости замкнутой системы методом Гурвица. Строим соответствующие заданной системе определители Гурвица

/* необходимо привести все промежуточные вычисления */:

$$\Delta_1 = 0.1161 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 0.1161 & 7.619 \\ 0.00385 & 1.0888 \end{vmatrix} = 0.097 > 0;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 0.1161 & 7.619 & 25 \\ 0.00385 & 1.0888 & 27.25 \\ 0 & 0.1161 & 7.619 \end{vmatrix} = 0.3787 > 0;$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} 0.1161 & 7.619 & 25 & 0 \\ 0.00385 & 1.0888 & 27.25 & 0 \\ 0 & 0.1161 & 7.619 & 25 \\ 0 & 0.00385 & 1.0888 & 27.25 \end{vmatrix} > 0;$$

Все определители Гурвица положительны, следовательно характеристический полином замкнутой системы имеет корни только в левой половине комплексной плоскости. Замкнутая САУ устойчива.

Задание 9. Характеристический полином системы

$$A(s) = 0.00385s^5 + 0.1161s^4 + 1.0888s^3 + 7.619s^2 + 27.25s + 25.$$

После перехода $s \rightarrow j\omega$

$$A(j\omega) = 0.00385(j\omega)^5 + 0.1161(j\omega)^4 + 1.0888(j\omega)^3 + 7.619(j\omega)^2 + 27.25(j\omega) + 25.$$

Вещественная функция Михайлова:

$$\operatorname{Re}(\omega) = 25 - 7.619\omega^2 + 0.1161\omega^4.$$

Мнимая функция Михайлова:

$$\operatorname{Im}(\omega) = \omega(27.25 - 1.0888\omega^2 + 0.00385\omega^4).$$

Для построения годографа Михайлова необходимо решение уравнений

$$\operatorname{Re}(\omega) = 0;$$

$$\operatorname{Im}(\omega) = 0;$$

/* Необходимо привести все промежуточные вычисления */

Таблица 3

ω	0	1.86	5.268	7.86	15.97
$\text{Re}(\omega)$	25	0	-508.67	0	90606
$\text{Im}(\omega)$	0	43.78	0	-199.29	0

Годограф Михайлова (в схематическом виде) изображен на рисунке 7.

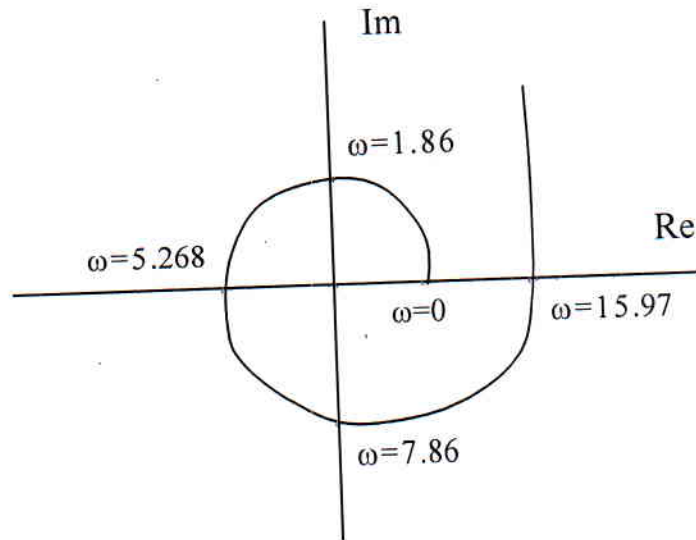


Рисунок 7

Замкнутая САУ будет устойчивой тогда и только тогда, когда годограф Михайлова, при изменении частоты ω от 0 до $+\infty$ начинаясь на положительной действительной полуоси последовательно и нигде не обращаясь в 0 пересекает n квадрантов комплексной плоскости (где n – порядок характеристического полинома САУ).

Приведенный на рисунке 7 график соответствует критерию Михайлова, следовательно замкнутая САУ устойчива.

Задание 10. Передаточная функция ошибки будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \Phi_{\varepsilon}(s) &= \frac{1}{1 + W_{\text{пц}}(s)W_{\text{оу}}(s)} = \frac{1}{1 + \frac{6.25(0.75s+1)(0.1s+1)}{s(0.25s+1)(0.044s+1)(0.7s+1)} \cdot \frac{4(0.2s+1)}{0.5s+1}} = \\ &= \frac{s(0.25s+1)(0.044s+1)(0.7s+1)(0.5s+1)}{s(0.25s+1)(0.044s+1)(0.7s+1)(0.5s+1) + 25(0.75s+1)(0.1s+1)(0.2s+1)} = \\ &= \frac{0.00385s^5 + 0.1116s^4 + 0.7138s^3 + 1.494s^2 + s}{0.00385s^5 + 0.1161s^4 + 1.0888s^3 + 7.619s^2 + 27.25s + 25} \end{aligned}$$

Коэффициенты ошибок системы равны

/* необходимо привести все расчетные формулы и результаты промежуточных вычислений */

$$C_0=0;$$

$$C_1=0.04;$$

$$\frac{C_2}{2!} = 0.016.$$

Задание 11. Переходная функция САУ, полученная с помощью моделирования в программе Matlab приведена на рисунке 8.

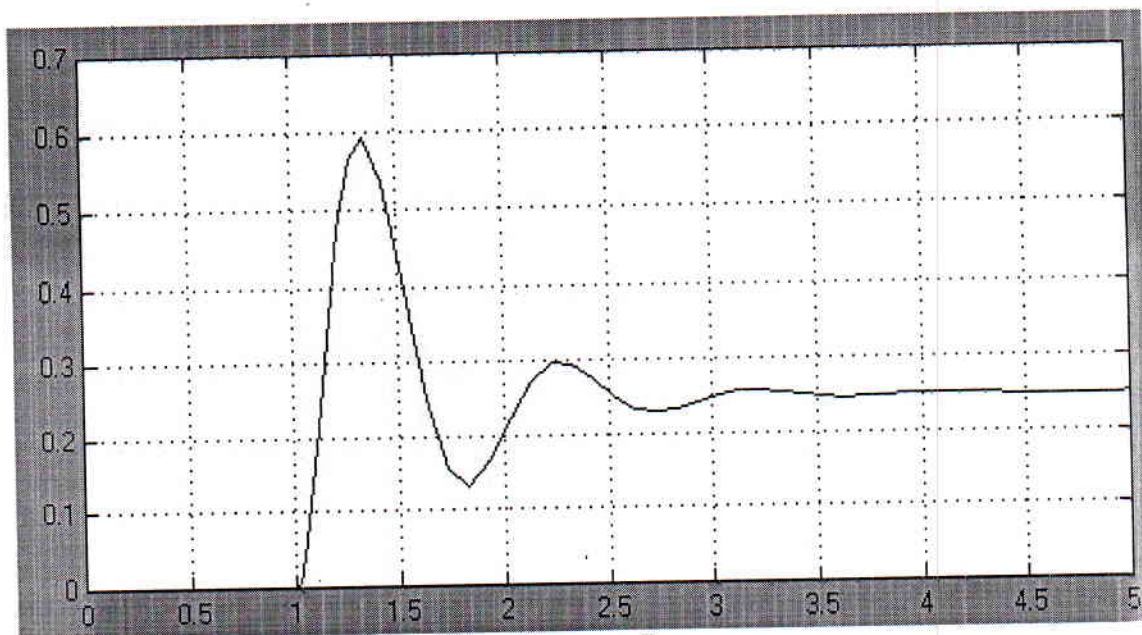


Рисунок 8

Из рисунка видно, что время регулирования $t_p \approx 2.5$ с, а перерегулирование

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h(\infty)}{h(\infty)} \cdot 100\% = \frac{0.6 - 0.25}{0.25} \cdot 100\% = 140\%.$$

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

Студенты должны выполнить одну контрольную работу (для нечетных номеров списка – задание №1, для чётных – задание №2) в соответствии с приведенными ниже заданиями. Возможно выполнение контрольных работ и по индивидуальному заданию при согласовании их содержания с преподавателем, ведущим данную дисциплину.

Контрольная работа № 1

На рис.1 представлена структурно-функциональная схема одноконтурной системы управления двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.

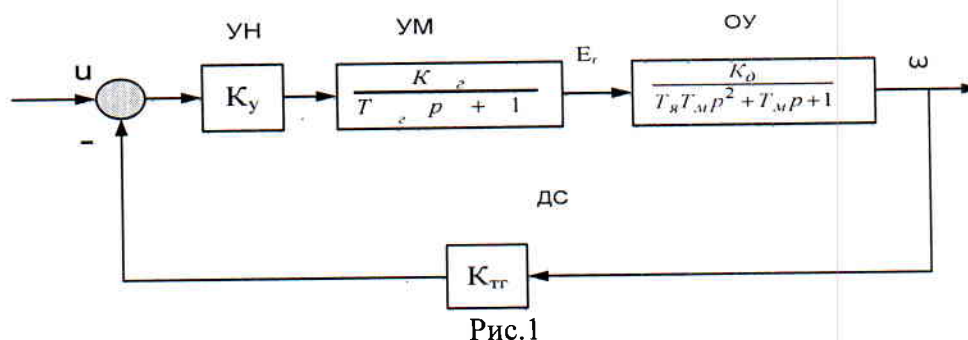


Рис.1

На рис.1 приняты следующие обозначения: ОУ - объект управления (двигатель); УН - полупроводниковый усилитель напряжения; УМ - усилитель мощности (генератор постоянного тока); ДС - датчик скорости (тахогенератор); u - напряжение управления; E_g - э.д.с. генератора; ω - угловая скорость вращения вала двигателя (управляемая переменная); T_g , T_j , T_m - постоянные времени обмотки возбуждения генератора, якорной цепи двигателя и электрохимическая постоянная времени двигателя, соответственно.

При выполнении контрольной работы необходимо:

1. По передаточной функции ОУ (рис.1) составить его уравнения состояния в скалярной и векторно-матричной формах; используя численные значения параметров (табл.1), оценить управляемость и наблюдаемость ОУ по критериям Калмана.
2. Вывести в общем виде передаточные функции разомкнутой и замкнутой систем по управляющему воздействию.
3. Определить устойчивость замкнутой системы по критериям Гурвица и Михайлова.
4. Определить численное значение критического коэффициента усиления системы по Гурвицу и Михайлову.

Таблица 1

Параметры системы	Варианты заданий и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_z	0,90	0,70	0,65	0,60	0,50	0,60	0,80	0,55	0,50	0,75
$T_{г,с}$	0,050	0,024	0,048	0,056	0,072	0,084	0,096	0,095	0,125	0,100
K_d	0,65	0,80	0,60	0,75	0,90	0,85	0,50	0,55	0,70	0,65
$T_{я,с}$	0,012	0,012	0,024	0,024	0,036	0,036	0,048	0,048	0,036	0,024
$T_{\lambda,с}$	0,056	0,048	0,048	0,036	0,036	0,048	0,036	0,048	0,056	0,056
K_y	8	10	6	8	5	7	10	8	10	5
$K_{mг}$	0,80	0,55	1,80	1,20	1,50	1,00	0,50	1,60	1,00	1,25

Примечание: значения K_g , T_g выбираются по первой цифре студенческого шифра, остальные параметры - по последней цифре.

Контрольная работа № 2

На рис.2 приведена структурная схема импульсной системы с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ).

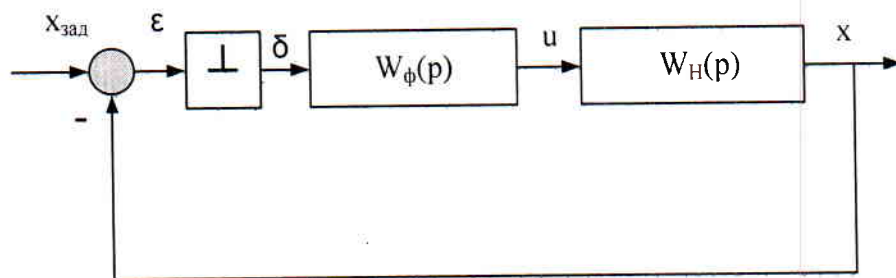


Рис.2

В схеме приняты следующие обозначения:

$W_{\phi}(p) = \frac{k_u(1 - e^{-pT_u})}{p}$ - передаточная функция формирующего элемента,

где k_u - коэффициент передачи импульсного элемента, T_u - период цикла.

$W_H(p) = \frac{K_H}{p(Tp + 1)}$ - передаточная функция непрерывной части системы,

где K_n и T - коэффициент усиления и постоянная времени непрерывной части системы.

Используя численные значения параметров, приведенные в табл.2, необходимо:

1. Оценить устойчивость заданной импульсной системы по характеристическому уравнению.
2. Вычислить критическое значение коэффициента усиления непрерывной части системы $K_{кр}$.
3. Рассчитать и построить переходную характеристику при $K_n=0,8K_{кр}$

Таблица 2

Исходные параметры	Номер варианта и исходные данные									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_n	2	4	3	5	4	2	1	3	2	4
T_{ψ}, c	3,0	1,5	2	5	6	6	5	12	2	16
K_n	15	6	2,5	1,2	5	0,3	1,2	0,3	0,6	0,3
T_o	10	7,5	10	12	12	10	10	20	5	20

Примечание: Параметр K_n определяется по первой цифре шифра, остальные параметры - по последней цифре.

6 Образовательные технологии

В процессе освоения дисциплины «Теория Автоматического управления» используются следующие образовательные технологии:

- лекции;
- компьютерные занятия;
- письменные домашние работы;
- самостоятельная работа студентов, в которую включается освоение информационных технологий и интерпретации результатов;
- консультации преподавателей.

Применение каждой формы обучения предполагает применение новых ИТ – технологий.

Система последовательных, взаимосвязанных действий, обеспечивающих усвоение содержания образования, развитие способностей студентов, овладение ими средствами самообразования и самообучения; обеспечивают цель обучения, способ усвоения и характер взаимодействия преподавателя и обучающегося; направлены на приобретение знаний, формирование умений, навыков, их закрепление и контроль.

Проведение аудиторных занятий (лекций и практических работ) предполагает использование аудиовизуальных электронных и компьютерных средств мультимедиа, имеющихся в арсенале Университета.

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые образовательные технологии интерактивные	Количество часов
6	Л	Презентации, раздаточный материал	10

	ПР	Презентации, раздаточный материал	12
	ЛР	разбор конкретных ситуаций с использованием интерактивных средств	16
Итого:			38

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

7.1 Вопросы к контрольной работе по дисциплине «Теория автоматического управления»

1. Основные понятия и определения в теории автоматического управления.
2. Классификация систем автоматического регулирования.
3. Статические характеристики, способы получения, представления и линеаризации.
4. Временные, переходные и частотные характеристики; передаточные функции, логарифмические частотные характеристики.
5. Структурные схемы. Правила преобразования структурных схем.
6. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем.
7. Типовые звенья и их характеристики. Примеры звеньев.
8. Методы описания объектов, свойства объектов. Статические, астатические и неустойчивые объекты. Примеры объектов.
9. Понятие состояния. Уравнение объекта в переменных состояния. Наблюдаемость и управляемость.
10. Построение АФЧХ разомкнутых и замкнутых систем. Построение вещественной частотной характеристики замкнутой системы с использованием номограмм.
11. Построение ЛЧХ разомкнутой одноконтурной системы.
12. Устойчивость линейных систем. Необходимые и достаточные условия устойчивости. Критерии устойчивости и области их применения.
13. Критерии устойчивости Гурвица, Рауса, Михайлова и Найквиста.
14. Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.
15. Запас устойчивости. Способы определения запасов устойчивости.
16. Построение переходных характеристик систем.
17. Показатели качества.
18. Способы повышения точности.
19. Определение установившихся ошибок с использованием коэффициентов ошибок.
20. Корневые оценки качества.
21. Интегральные оценки качества.
22. Изменение свойств элементов системы за счет использования обратных связей.
23. Задачи и методы синтеза систем.
24. Синтез систем методом логарифмических характеристик. Построение ЖЛАЧХ по методу В.В.Солодовникова.
25. Использование метода Е.А.Санковского - Г.П.Сигалова для построения ЖЛАЧХ
26. Построение ЖЛАЧХ по методу В.А.Бесекерского.
27. Выбор корректирующих устройств последовательного типа с использованием логарифмических характеристик.
28. Нелинейные системы и их особенности. Основные методы исследования нелинейных систем.
29. Типовые нелинейности и их характеристики.

30. Определение устойчивости и автоколебаний нелинейной системы по фазовым траекториям.
 31. Метод гармонической линеаризации.
 32. Прямой метод исследования устойчивости А.М. Ляпунова.
 33. Абсолютная устойчивость нелинейных систем.
 34. Критерий абсолютной устойчивости В.М. Попова.
 35. Оптимальные системы управления. Принцип максимума Понтрягина.
 36. Адаптивных систем управления в механообработке. Адаптивные системы предельного и оптимального управления.
 37. Понятие чувствительности. Функции чувствительности. Условия нечувствительности.
 38. Дискретные системы. Основные понятия и определения.
 39. Амплитудно – импульсная модуляция. Передаточная функция модулятора
 40. Решетчатые функции, разности и суммы.
 41. Z – преобразование.
 42. Z – передаточные функции импульсных систем.
 43. Частотные характеристики разомкнутых импульсных систем. Способы построения.
 44. Устойчивость импульсных систем. Необходимые и достаточные условия устойчивости. Аналог критерия Гурвица.
 45. Критерий устойчивости Найквиста для импульсных систем. Определение устойчивости импульсной системы по ЛЧХ.
 46. Построение логарифмических частотных характеристик импульсных систем.
 47. Построение желаемых логарифмических частотных характеристик импульсных систем.
 48. Выбор непрерывных и дискретных корректирующих устройств в импульсных системах.
 49. Способы построения переходных характеристик импульсных систем.
 50. Структуры цифровых систем управления.
 51. Типовая структура одноконтурной системы управления с микроЭВМ.
- Основные требования к САУ с микроЭВМ.
52. Задачи, решаемые ЦВМ. Методы исследования цифровых автоматических систем (ЦАС).
 53. Линеаризация ЦАС. Передаточные функции ЦВМ и ЦАС.
 54. Устойчивость ЦАС. Оценка качественных показателей.
 55. Построение ЖЛАХ ЦАС. Выбор корректирующих устройств.
 56. Прямое, параллельное и последовательное программирование работы ЦВМ.
 57. Элементы алгебры логики: простые и сложные высказывания, логические операции, реализация логических операций “НЕ”, “ИЛИ”, “И” при помощи переключателей, реле и элементов “И-НЕ” и “ИЛИ-НЕ”.
 58. Синтез одноконтурной системы управления несколькими исполнительными устройствами.
 59. Синтез одноконтурной системы управления одним исполнительным устройством.
 60. Синтез многоконтурной системы управления.
 61. Инженерный метод минимизации уравнений, описывающих многоконтурную систему.

7.2 Тесты по дисциплине «Теория автоматического управления»

Жирным выделены правильные ответы

1. По виду управляющего сигнала, вырабатываемого автоматическим регулятором АСР бывают

Выберите один ответ:

1.релейные

2.непрерывные

3.дискретные

2. Частотные характеристики можно получить из:

Выберите один ответ:

1.функции Хевисайда

2.дельта-функции

3.передаточной функции

3. Если объект подчиняется принципу суперпозиции, то он считается:

Выберите один ответ:

1.стационарным

2.линейным

3.нелинейным

4. Замкнутая АСР с обратной связью реализует принцип регулирования:

Выберите один ответ:

1.по возмущению

2.по отклонению

3.по заданию

5. Целью регулирования является

Выберите один ответ:

1.поддержание регулируемого параметра на заданном значении

2.определение ошибки регулирования

3.выработка управляющих воздействий

6. Передаточной функцией системы называется

Выберите один ответ:

1.отношение выходного сигнала ко входному сигналу

2. отношение преобразованного по Лапласу выходного сигнала к преобразованному по Лапласу входному сигналу

3.отношение преобразованного по Лапласу входного сигнала к преобразованному по Лапласу выходному сигналу

7. Зависимость выходного параметра объекта от времени при подаче на вход дельта-функции называется:

Выберите один ответ:

1.статической характеристикой

2.импульсной характеристикой

3.частотной характеристикой

8.Зависимость выходного параметра объекта от входного называется:

Выберите один ответ:

1.статической характеристикой

2.импульсной характеристикой

3.динамической характеристикой

4.частотной характеристикой

9.Целью функционирования следящей АСР является

Выберите один ответ:

1.поддержание регулируемого параметра на заданном постоянном значении с помощью управляющих воздействий на объект

2.изменение регулируемой величины в соответствии с заранее неизвестной величиной на входе АСР

3.изменение регулируемой величины в соответствии с заранее заданной функцией

10. $W(i\omega)$ обозначают:

Выберите один ответ:

1. передаточную функцию

2. переходную функцию

3. Амплитудно-фазовую характеристику

7.3 Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория автоматического управления»

1. Передаточная функция замкнутой системы по входному воздействию, временная характеристика.
2. Статическое регулирование, характеристики и статизм регулирования.
3. Критерий устойчивости Гурвица. Привести пример.
4. Функциональная схема системы автоматического управления, назначение элементов.
5. Пример астатического регулятора и его характеристики.
6. Критерий устойчивости Рауса. Привести пример.
7. Общее представление о прямом и обратном преобразованиях Лапласа.
8. Представление передаточных функций системы в операторной форме.
9. Основное условие устойчивости систем автоматического управления. Виды переходных процессов в устойчивой и неустойчивой системах.
10. Статическое и астатическое регулирование. Основное их отличие.
11. Алгебраические критерии устойчивости и в чём заключается их смысл (привести пример).
12. Понятие о логарифмической амплитудно-частотной характеристике звена или системы (ЛАЧХ).
13. Понятие о логарифмической фазочастотной характеристике звена или системы (ЛФЧХ).
14. Основные определения и понятия о нелинейных системах.
15. Усилительное звено и его характеристики.
16. Астатические системы регулирования. Привести пример.
17. Методика построения логарифмических характеристик звена или системы.
18. Функциональная схема системы автоматического управления, и её основные элементы.
19. Основные типовые динамические звенья систем регулирования.
20. Классификация и основные функции систем автоматического управления.
21. Функциональная схема и основные элементы автоматического регулятора.
22. Преобразование Лапласа в применении к теории автоматического регулирования.
23. Безынерционное звено и его характеристики
24. Автоматический регулятор, понятие, определение и основные элементы.
25. Инерционное звено и его характеристики.
26. Основные способы включения звеньев в системах управления. Привести схемы включения.
27. Что называют системой автоматического регулирования (структурная схема и элементы)
28. Колебательное звено и его характеристики.
29. Методы преобразования структурных схем систем автоматического управления. Параллельное соединение звеньев.
30. Интегрирующее звено и его характеристики.
31. Последовательное включение звеньев (одноконтурная разомкнутая система).
32. Логарифмический критерий устойчивости САУ.
33. Функциональная схема автоматического регулятора и назначение его элементов.
34. Дифференцирующее звено и его характеристики.
35. Параллельное, согласное включение звеньев системы. Привести пример.
36. Понятие о системах управления и регулирования. Чем отличается регулирование от управления.

37. Аперiodическое звено и его характеристики.
38. Параллельное встречное включение звеньев (обратная связь).
39. Структурная схема автоматического регулирования напряжения генератора постоянного тока.
40. Нахождение Лапласова изображения для линейного дифференциального уравнения.
41. Общие понятия об устойчивости систем автоматического управления. Основное условие устойчивости.
42. Основные виды нелинейностей в системах управления и регулирования.
43. Понятие о функциональных элементах и динамических звеньях системы регулирования.
44. Запаздывающее звено и его характеристики.
45. Понятие о фазовых портретах или годографах систем управления.
46. Основные показатели качества процесса регулирования.
47. Интегро-дифференцирующее звено.
48. Частотные характеристики систем автоматического управления.
49. Структурная схема САУ, которая осуществляет первую функцию управления (пуск, торможение реверс).
50. Структурная схема САУ, которая осуществляет вторую функцию управления (поддержание регулируемой величины с высокой точностью в статике и динамике).
51. Структурная схема САУ, которая осуществляет третью функцию управления (Слежение за вводимыми в систему сигналами).
52. Структурная схема САУ, которая осуществляет четвертую функцию управления (Программное автоматическое управление машинами и механизмами).
53. Структурная схема САУ, которая осуществляет пятую функцию управления (Управление, обеспечивающее автоматический выбор целесообразных режимов работы).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература:

1. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М.: Наука, 1989.
2. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб.: Питер, 2005.
3. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы – СПб.: Питер, 2013.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления – 4-е изд. СПб.: Профессия, 2016.
5. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления – М.: Бином, Лаборатория базовых знаний, 2014.
6. Гудвин Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: Бином, Лаборатория базовых знаний, 2014.
7. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования.— 2-е изд., перераб. и доп. Киев, Издательство Выща школа Головное издательство, 2004
8. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 288 с. - ISBN 5-9221-0379-2.
9. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 64 с. - ISBN 5-9221-0534-5.
10. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления/ Под редакцией В. А. Бесекерского. - М.: Наука, 200

8.2. Дополнительная литература:

1. Теория автоматического управления. ч.1/ Под ред. А.А. Воронова. -М.: Высш. школа, 1986.
2. Теория автоматического управления. ч.2/ Под ред. А.А. Воронова. -М.: Высш. школа, 1986.

3. Куропаткин П. В. Оптимальные и адаптивные системы. -М.: Высш. школа, 1980.

8.3. Интернет ресурс:

<http://elibrary.ru>, Научная электронная библиотека;

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Реализация программы дисциплины осуществляется в учебной компьютерной лаборатории, оборудование которой включает:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- доска;
- комплект учебно-методической документации.

Используемая техника:

- мультимедийный проектор;
- экран;
- канал Интернет;

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рабочая программа по дисциплине «Теория автоматического управления» составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и учебного плана по профилю подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств».

11. Технологическая карта дисциплины

Курс III, семестр V, VI группа РФ18BP62AT1

Преподаватель – лектор Корлюга Б.К.

Преподаватель, ведущий практические занятия Корлюга Б.К.

Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

Весовой коэффициент дисциплины в совокупной рейтинговой оценке, рассчитываемой по всем дисциплинам (если введена модульно-рейтинговая система)

Модульно-рейтинговая система не введена

Наименование дисциплины / курса	Уровень//ступень образования (бакалавриат, специалитет, магистратура)	Статус дисциплины в рабочем учебном плане (А, Б, В, Г) (если введена модульно-рейтинговая система)	Количество зачетных единиц / кредитов	
Теория автоматического управления	Бакалавриат	А	6	
Смежные дисциплины по учебному плану (перечислить):				
Технические средства автоматизации, средства автоматического проектирования, теоретическая механика, прикладная механика				
ВВОДНЫЙ МОДУЛЬ				
(входной рейтинг-контроль, проверка «остаточных» знаний по смежным дисциплинам)				
Тема, задание или мероприятие входного контроля	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
ТАУ	тест	Аудиторная	2	5
Итого:			2	5
БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ				
(проверка знаний и умений по дисциплине)				

Тема, задание или мероприятие текущего контроля	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Выполнение контрольных работ	Контрольная работа	Аудиторная	2	5
Итого:			2	5
Итого максимум:				

Необходимый минимум для получения итоговой оценки или допуска к промежуточной аттестации 3 балла (если введена модульно-рейтинговая система).

Рейтинговая система не введена

Дополнительные требования для студентов, отсутствующих на занятиях по уважительной причине:

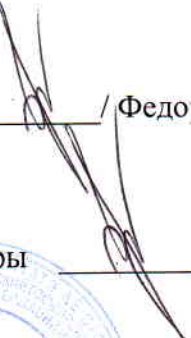
- Устное собеседование
- Обязательное выполнение контрольных работ
- Тестирование

Составитель
преподаватель



/ Корлюга Богдан Константинович, старший

Зав. кафедрой



/ Федоров Владимир Евгеньевич, доцент, к.э.н.

Согласовано:

1. Зав. выпускающей кафедры
к.э.н.



/ Федоров Владимир Евгеньевич., доцент,

2. Директор филиала
ПГУ им. Т.Г. Шевченко,



/ Павлинов Игорь Алексеевич, к.э.н., профессор

