Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники

УТВЕРЖДАЮ
Директор института передовых инженерных технологий
_____ И.Ю. Кольчурина
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление техническими системами

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(направленность (профиль): «Цифровой инжиниринг»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: fc9174b54ee9e52ecccebc4447325f87f55889f2
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 17 апреля 2024 г. по 11 июля 2025 г.
Дата и время: 30-04-2025 18:57:47 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– изучение основных способов управления техническими системами.

Задачами учебной дисциплины являются:

– усвоение принципов анализа и синтеза линейных систем автоматического управления;

– усвоение принципов анализа и синтеза дискретных систем автоматического управления.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;

– Теоретические основы электротехники;

– Математика.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Системы управления электроприводов;

– Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и комплексов;

– Микропроцессорные системы управления электроприводов;

– Основы мехатроники;

– Основы робототехники;

– Теория электропривода;

– Моделирование электротехнических устройств и систем.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Фундаментальная подготовка	ОПК-3: Способен применять соответствующий	ОПК-3.1 Понимает теоретические основы	– знать: физико-математический аппарат теории

	физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	математических, естественных и общеинженерных наук	автоматического управления. – уметь: составлять дифференциальные уравнения, передаточные функции и структурные схемы систем автоматического управления.
		ОПК-3.2 Применяет естественнонаучные и общеинженерные знания и методы для решения практических задач	– знать: критерии устойчивости технических систем; уравнения и передаточные функции типовых динамических звеньев. – уметь: составлять структурные схемы систем управления.

– Универсальные компетенции

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК	Планируемые результаты обучения
Разработка и реализация проектов	УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели, обеспечивающих ее достижение	– знать: основные задачи анализа и синтеза систем автоматического управления. – уметь: оценивать устойчивость систем управления.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия,

практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***5 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен, зачет с оценкой по КР*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***180***	*180*
	зачетных единиц	***5***	*5*
Лекции, *академ. час.*		***32***	*32*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***32***	*32*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***53***	*53*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***27***	*27*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Методы математического описания и характеристики линейных САУ (Основные понятия и определения теории автоматического управления. Графическое изображение САУ. Математическое описание линейных САУ. Линеаризация САУ. Передаточная функция САУ. Типовые воздействия и временные характеристики систем автоматического управления. Частотные характеристики САУ. Характеристики и модели типовых динамических звеньев систем управления.);

Раздел 2 Структура САУ. Статические режимы. (Соединение линейных звеньев. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых САУ. Статические режимы САУ.);

Раздел 3 Устойчивость систем автоматического управления. Качество управления (Понятие об устойчивости. Корневой критерий устойчивости. Критерий Стодолы. Критерий устойчивости Рауса – Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста. Суждение об устойчивости по виду ЛАХ и ФЧХ. Запасы устойчивости. Показатели качества САУ. Корневые критерии качества

переходного процесса. Частотные критерии качества. Интегральные оценки качества.);

Раздел 4 Коррекция динамических свойств САУ (Последовательные корректирующие звенья, их синтез. Параллельные корректирующие звенья, их синтез. Параметрический синтез САУ.);

Раздел 5 Дискретные САУ. Математическое моделирование дискретных САУ (Решетчатые функции и разностные уравнения. D- и z-преобразования. w-преобразование (подстановка Тастина).);

Раздел 6 Динамические характеристики дискретных САУ (Частотные характеристики цифровых САУ. Временные характеристики цифровых САУ. Устойчивость цифровых систем. Анализ и синтез цифровых регуляторов. Анализ и синтез цифровых фильтров.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Основные понятия и определения теории автоматического управления	2	
Раздел 1.	Дифференциальные уравнения звеньев САУ. Передаточная функция и ее свойства.	2	
Раздел 1.	Типовые воздействия, временные и частотные характеристики систем автоматического управления	2	
Раздел 1.	Характеристики и модели типовых динамических звеньев систем управления	6	
Раздел 3.	Устойчивость систем управления. Корневой критерий устойчивости. Критерий устойчивости Рауса – Гурвица	4	
Раздел 3.	Критерии устойчивости Михайлова и Найквиста.	2	
Раздел 3.	Показатели качества регулирования. Критерии и оценки качества.	2	
Раздел 4.	Структурно-параметрический синтез САУ	2	
Раздел 5.	Решетчатые функции и	2	

	разностные уравнения		
Раздел 5.	D- и z-преобразования	2	
Раздел 6.	Частотные и временные характеристики цифровых САУ	2	
Раздел 6.	Анализ и синтез цифровых регуляторов	2	
Раздел 6.	Анализ и синтез цифровых фильтров	2	
Итого:		**32**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы практических занятий (семинаров)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Линеаризация САУ	2	
Раздел 1.	Дифференциальные уравнения и передаточные функции звеньев САУ	4	
Раздел 2.	Составление и преобразования структурных схем САУ	4	
Раздел 3; Раздел 4.	Устойчивость систем автоматического управления	6	
Раздел 5.	Составление и преобразование разностных уравнений	4	
Раздел 5.	D- и z-преобразования. Работа с z-передаточными функциями.	6	
Раздел 6.	Расчет цифрового регулятора	6	
Итого:		**32**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лабораторных работ**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы курсовых работ (проектов)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**

Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6.	Синтез линейной системы автоматического управления (по вариантам)	36	
Итого:		**36**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	**Виды самостоятельной работы**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	9	
Раздел 2.	1. Изучение теоретического материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	8	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	9	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	9	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического	9	

	материала; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.		
Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	9	
Курсовая работа	*Выполнение курсовой работы*	36	0
Контроль	*Подготовка к экзамену*	27	
Итого:		**116**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-3; УК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-3; УК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 3. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-3; УК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 4.	ОПК-3; УК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 5.	ОПК-3; УК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии;

		2. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 6.	ОПК-3; УК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Курсовая работа.	ОПК-3; УК-2	1. Вопросы к защите курсовой работы
Экзамен.	ОПК-3; УК-2	1. Вопросы к экзамену; 2. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 45 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО «Moodle».

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 4 минута).

Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
50 до 100	«зачтено»
менее 50	«не зачтено»

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

– 86 – 100 % – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;

– 50 – 67 % – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;

– 49% и менее – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – наблюдение за работой на практическом занятии; оценивание этапов выполнения курсовой работы; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию этапов выполнения курсовой работы

Курсовая работа – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, а также уровень сформированности аналитических, исследовательских умений, умений практического и творческого мышления.

Оценивание этапов выполнения курсовой работы проводится в рамках текущей аттестации (три раза в семестр) в соответствии с графиком выполнения курсовой работы по учебной дисциплине. Результаты аттестации обучающихся по выполнению ими курсовой

работы оцениваются руководителями в процентах от общего объема выполненной работы. Сроки выполнения курсовой работы устанавливаются кафедрой в графике выполнения курсовой работы. График выполнения курсовой работы выдается старостам групп в начале каждого семестра.

Критерии оценки % выполнения курсовой работы

Этап работы	% выполнения	Форма отчетности
1. Расчет параметров и статических характеристик системы	30	Черновик соответствующих частей пояснительной записки
2. Определение устойчивости системы	60	Черновик соответствующих частей пояснительной записки
3. Синтез регуляторов и анализ скорректированной системы	100	Пояснительная записка к курсовой работе

Критерии оценки курсовой работы

Критерии оценки выполнения курсовой работы	Оценка
Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии схемы, графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки, работа выполнена в полном объёме; процент выполнения задания соответствует плановому.	отлично
Задание выполнено: цель выполнения достигнута; наличие правильных эталонных ответов; однако работа выполнена не в полном объёме, имеются единичные опечатки, орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические ошибки; график выполнения задания нарушен на 10 – 20 %.	хорошо
Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %.	удовлетворительно
Задание не выполнено, цель работы не достигнута.	неудовлетворительно

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов за одно лекционное занятие
Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций	0,5
Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе: - материал изложен последовательно, четко и аккуратно - в конспекте имеются изученные темы,	0,5

основные термины, схемы	
Всего	1

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: курсовая работа; экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к защите курсовой работы; вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на защите курсовой работы

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к выполнению и защите курсовой работы: соблюдены требования к внешнему оформлению, последовательно изложен материал; при защите обучающийся демонстрирует умения применять теоретические знания основной и дополнительной литературы, может показать и объяснить применение технологических решений, использованных в курсовой работе; даны правильные ответы на вопросы, заданные в процессе защиты курсовой работы.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если основные требования к выполнению и защите курсовой работы выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в решениях, имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите курсовой работы даны неполные ответы.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к выполнению и защите курсовой работы. В частности: задача решена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании и оформлении; при ответе на дополнительные вопросы на защите курсовой работы обучающийся показывает знания только основного материала, испытывает затруднения при объяснении выбранных решений.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача решена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании и при оформлении или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты курсовой работы обучающийся обнаруживает существенное непонимание проблемы.

Если допущены существенные недостатки в оформлении курсовой работы, опущен или не написан какой-либо раздел, имеются

отступления от задания на курсовую работу, то такая курсовая работа возвращается обучающемуся на доработку.

13.3 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9294-6. – URL: https://urait.ru/bcode/489509 (дата обращения: 27.03.2025);

2 Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Линейные системы. Задачник : учебное пособие для вузов / Д.П. Ким, Н.Д.

Дмитриева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2022. – 169 с. – ISBN 978-5-9916-8603-7. – URL: https://urait.ru/bcode/491184 (дата обращения: 27.03.2025);

3 Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 470 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06483-4. – URL: https://urait.ru/bcode/489520 (дата обращения: 27.03.2025);

4 Лукас, В. А. Теория автоматического управления : учебник для вузов / В. А. Лукас. – 2-е изд.,перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990.;

5 Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления : учебное пособие / В. А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб. : Профессия, 2007. – 747 с. : ил.

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Mathcad;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ);
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Составитель(и):

доцент Поползин Иван Юрьевич (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Руководитель проектов
отдела по внедрению АСУ ТП
РИЦ АСУТП «Сибирь
ООО «ЕвразТехника»
должность, степень, звание
представителя работодателя



Д. Г. Чудинов
инициалы, фамилия

Приложение

Приложение

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1. В чем заключается суть операторного метода решения дифференциальных уравнений?

а) Замена символа дифференцирования на оператор и решение алгебраического уравнения относительно него;

б) Замена символа дифференцирования на оператор и решение дифференциального уравнения относительно него;

в) Прямое интегрирование уравнения;

г) Численное интегрирование уравнения.

2. Линейным или нелинейным является приведенное дифференциальное уравнение?

$$T^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2\xi T \frac{dy}{dt} + y = k_1 x + k_2 \frac{dx}{dt}$$

1) Линейное;

2) Нелинейное;

3) Дискретное;

4) Невозможно определить.

3. Как записывается дифференциальное уравнение в нормальной форме Коши?

а) Как разрешенное относительно производной (-ых) переменной;

б) Как разрешенное относительно переменной,

в) Как интегрированное с определенной постоянной;

г) Как алгебраизированное уравнение.

4. Как определяется мнимая единица?

а) $j = \sqrt[3]{-1}$;

б) $j = \sqrt{-1}$;

в) $j = \pm\sqrt{-1}$;

г) $j = \pm\sqrt[3]{-1}$.

5. Укажите верную форму записи формулы Эйлера:

а) $e^{j\varphi} = \sin\varphi + j\cos\varphi$;

б) $e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi$;

в) $e^{j\varphi} = \cos\varphi - j\sin\varphi$;

г) $e^{j\varphi} = \sin\varphi - j\cos\varphi$.

6. Укажите формулу, верно определяющую связь между алгебраической и показательной формами комплексного числа:

а) $a + jb = \sqrt{a^2 + b^2}\, e^{j\,arctg\frac{b}{a}}$;

б) $a + jb = \sqrt{a^2 + b^2}\, e^{j\,arctg\frac{a}{b}}$;

в) $a + jb = \sqrt{a^2 - b^2}\, e^{j\,arctg\frac{a}{b}}$;

г) $a + jb = \sqrt{a^2 - b^2}\, e^{j\,arctg\frac{b}{a}}$;

7. Что такое радиус-вектор точки на координатной плоскости?
а) Вектор, соединяющий начало координат с точкой и направленный к точке;
б) Вектор, соединяющий начало координат с точкой и направленный к началу координат;
в) Вектор, соединяющий конец орта оси абсцисс с точкой;
г) Вектор, соединяющий конец орта оси ординат с точкой.

8. Как обозначается действительная часть комплексного числа X?
а) Re(X);
б) Im(X);
в) |X|;
г) arg(X).

9. В каком координатном квадранте комплексной плоскости действительная часть комплексного числа положительна, а мнимая - отрицательна?
а) I;
б) II;
в) III;
г) IV.

10. Каков физический смысл первой производной величины по времени?
а) Скорость изменения величины;
б) Приращение величины;
в) Градиент изменения величины;
г) Бесконечно малое приращение величины.

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1. Методы математического описания и характеристики линейных САУ.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Можно ли реализовать принцип управления по отклонению, не имея текущей информации о возмущающих воздействиях на объект управления?

а) можно при любых условиях;
б) можно при определенных ограничениях;
в) нельзя при любых условиях;
г) нельзя, кроме систем особой структуры.

2. Как называется отношение изображения по Лапласу выходного сигнала к изображению по Лапласу входного сигнала при нулевых начальных условиях? Ответ запишите словосочетанием в именительном падеже.

.

3. Какую передаточную функцию имеет звено с дифференциальным уравнением $T^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + y = kx$?

а) $\frac{k}{\left(1 + T^2 p^2\right)} + y_0 p + y_0$;

б) $\frac{k}{\left(1 + T^2 p^2\right)} + y_0 p_0$;

в) $\frac{k}{\left(1 + T^2 p^2\right)}$;

г) $\frac{k}{\left(1 - T^2 p^2\right)}$.

4. Какова связь между переходной функцией h(t) и передаточной функцией W(p) системы?

а) $h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} W(p) e^{-pt} dp$;

б) $h(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{0}^{\infty} \frac{W(p)}{p} e^{-pt} dp$;

в) $h(t)=\frac{1}{2\pi j}\int\limits_{c-j\infty}^{c+j\infty}\frac{W(p)}{p}e^{pt}dp$;

г) $h(t)=\frac{1}{2\pi j}\int\limits_{c-j\infty}^{c+j\infty}\frac{W(p)}{p}e^{-pt}dp$.

5. Какова связь между переходной h(t) и весовой w(t) функциями системы?

а) $h(t)=\frac{dw(t)}{dt}$;

б) $h(t)=\int w(t)dt$;

в) $h(t)=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{0}^{\infty}w(t)e^{-t}dt$;

г) $h(t)=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\infty}^{\infty}w(t)e^{-t}dt$.

6. Какова связь между передаточной функцией системы W(p) и ее АЧХ?

а) $A(\omega)=20\lg\mathrm{Re}[W(p)]|_{p\to j\omega}$;

б) $A(\omega)=\mathrm{Re}[W(p)]|_{p\to j\omega}$;

в) $A(\omega)=20\lg|W(p)||_{p\to j\omega}$;

г) $A(\omega)=|W(p)||_{p\to j\omega}$.

7. Какова связь между передаточной функцией системы W(p) и ее ФЧХ?

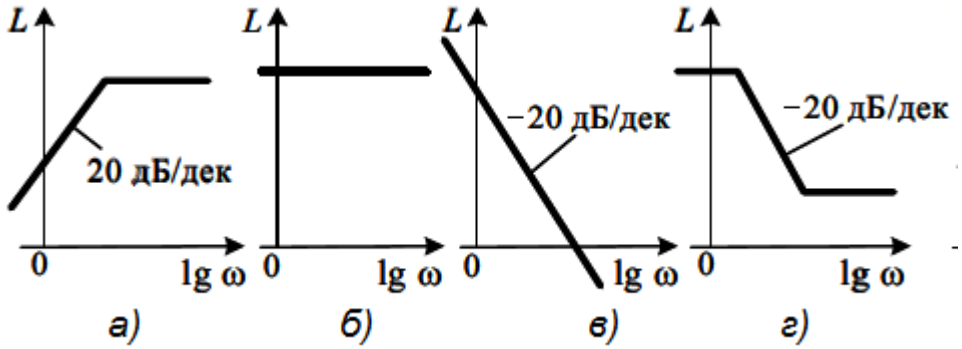
а) $\varphi(\omega)=arctg[\arg(W(p))]|_{p\to j\omega}$;

б) $\varphi(\omega)=\arg[W(p)]|_{p\to j\omega}$;

в) $\varphi(\omega)=\frac{1}{arctg[\arg(W(p))]}|_{p\to j\omega}$;

г) $\varphi(\omega)=\sqrt{|W(p)|^2+\arg^2[W(p)]}|_{p\to j\omega}$.

8. Какой из графиков аппроксимированной ЛАХ соответствует звену с передаточной функцией $W(p)=\frac{kTp}{1+Tp}$?



9. Какой ФЧХ обладает пропорциональное звено? Запишите ответ числом (в градусах).

10. Как определяется комплексный коэффициент усиления интегрирующего звена?

а) $W(j\omega)=\frac{K}{\omega}\cdot e^{-j\frac{\pi}{2}}$.

б) $W(j\omega)=\frac{K}{\omega}\cdot e^{j\frac{\pi}{2}}$;

в) $W(j\omega)=\frac{K}{\omega}\cdot e^{-j\pi}$.

г) $W(j\omega)=\frac{K}{\omega}\cdot e^{j\pi}$.

11. Каким выражением определяется уравнение ЛАХ интегрирующего звена?

а) $L(\omega)=20\lg K$;

б) $L(\omega)=20\lg\omega$;

в) $L(\omega)=20\lg K-20\lg\omega$;

г) $L(\omega)=20\lg K+20\lg\omega$.

12. Чему равно установившееся значение переходной функции интегрирующего звена при $t\to\infty$?

а) $h(\infty)=K$;

б) $h(\infty)=\frac{1}{K}$

в) $h(\infty)=\infty$;

г) $h(\infty)=0$.

13. Какой вид имеет функция веса для идеального дифференцирующего звена ($\delta(t)$ - дельта-функция Дирака; $\theta(t)$ - тета-функция Хевисайда (единичная ступенчатая функция))?

а) $h(t) = K \cdot \delta(t)$;

б) $h(t) = K \cdot \theta(t)$;

в) $h(t) = K \cdot \delta'(t)$;

г) $h(t) = K \cdot \int \theta(t)dt$.

14. Как определяется ФЧХ апериодического звена?

а) $\varphi(\omega) = \dfrac{K}{\sqrt{T^2 \cdot \omega^2 + 1}}$;

б) $\varphi(\omega) = -arctgT\omega$;

в) $\varphi(\omega) = \sqrt{T^2 \cdot \omega^2 + 1}$;

г) $\varphi(\omega) = arctgT\omega$.

15. Как определяется аппроксимированная асимптотическая ЛАХ апериодического звена?

а) $L_a(\omega) = \begin{cases} 20\lg K, & \omega \le \dfrac{1}{T}, \\ 20\lg K - 20\lg T\omega, & \omega > \dfrac{1}{T}. \end{cases}$;

б) $L_a(\omega) = \begin{cases} 20\lg K, & \omega \le \dfrac{1}{T}, \\ 20\lg K + 20\lg T\omega, & \omega > \dfrac{1}{T}. \end{cases}$;

в) $L_a(\omega) = \begin{cases} 20\lg K - 20\lg T\omega, & \omega \le \dfrac{1}{T}, \\ 20\lg K, & \omega > \dfrac{1}{T}. \end{cases}$;

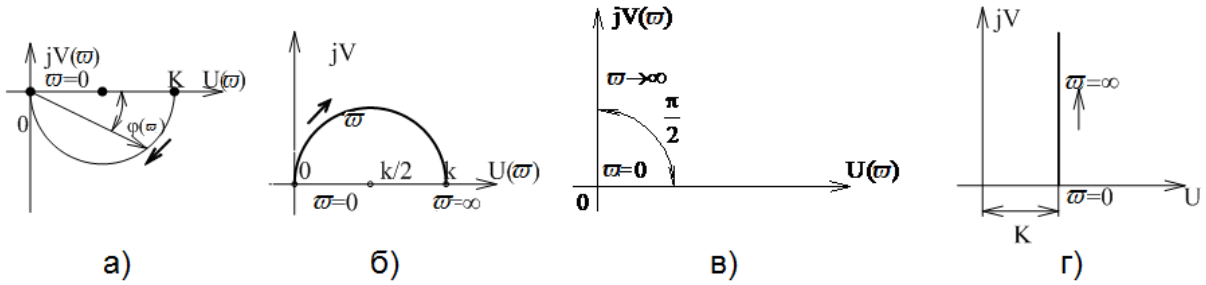
г) $L_a(\omega) = \begin{cases} 20\lg K + 20\lg T\omega, & \omega \le \dfrac{1}{T}, \\ 20\lg K, & \omega > \dfrac{1}{T}. \end{cases}$.

16. Как на практике реализуется реальное дифференцирующее звено?

а) Последовательным соединением пропорционального и интегрирующего звеньев;

б) Параллельным соединением пропорционального и дифференцирующего звеньев;
в) Встречно-параллельным соединением пропорционального и интегрирующего звеньев;
г) Последовательным соединением пропорционального и дифференцирующего звеньев.

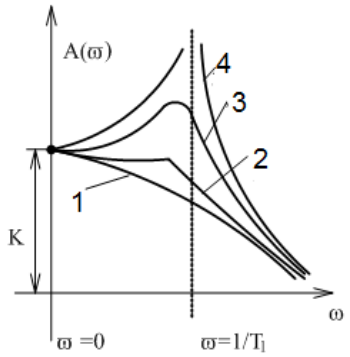
17. На каком рисунке приведена АФЧХ форсирующего звена?



а) б) в) г)

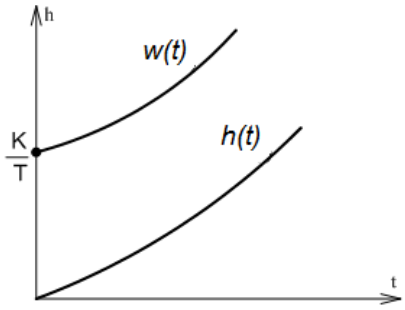
18. Какой наклон имеет высокочастотный участок асимптотической ЛАХ колебательного звена? Ответ запишите числом в дБ/дек.

19. Какая из ЛАХ колебательного звена соответствует нулевому коэффициенту демпфирования?



а) 1;
б) 2;
в) 3;
г) 4.

20. Временные характеристики какого звена приведены на рисунке?



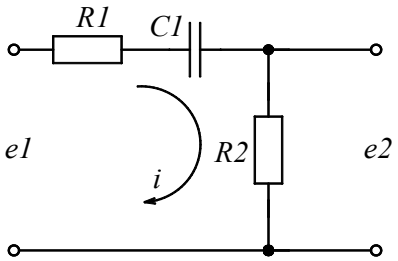
а) Интегрирующего;
б) Неминимально-фазового апериодического;
в) Форсирующего;
г) Чистого запаздывания.

2 Выполнение практических работ

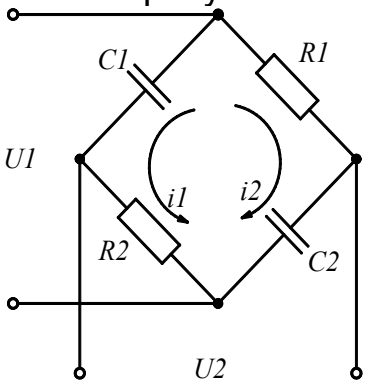
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры заданий для практических работ:

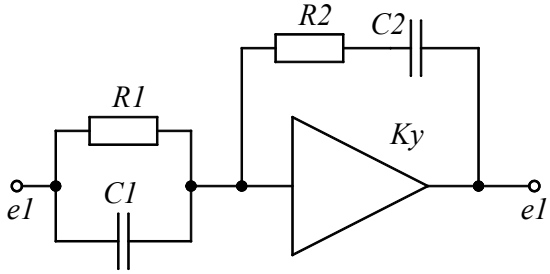
1 Получить дифференциальное уравнение устройства, представленного на рисунке.



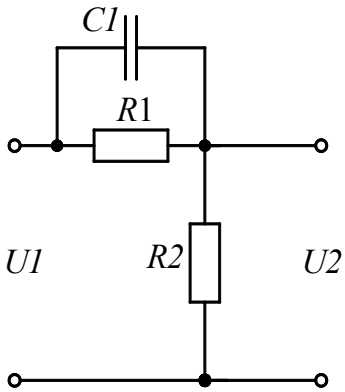
2 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию мостовой схемы, представленной на рисунке.



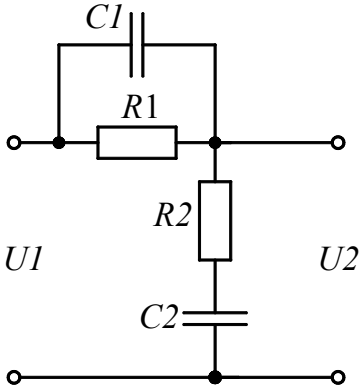
3 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства на базе операционного усилителя, представленного на рисунке.



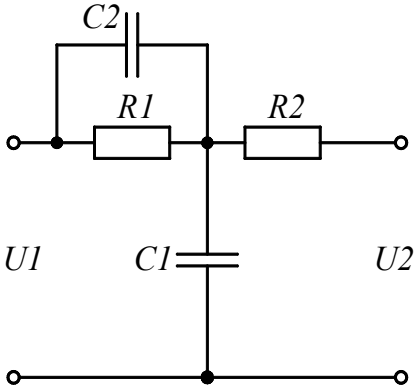
4 Получить дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке.



5 Получить дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке.



6 Получить дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке.



7 В окрестности точки установившегося режима $x_0 = 2,\ y_0 = 4.5$ аналитически линеаризовать нелинейное уравнение $y = x^2 + \frac{1}{x_0}$.

8 В окрестности точки установившегося режима *x=2* аналитически линеаризовать нелинейное уравнение $y = \frac{1}{x^2 + 1}$.

9 В окрестности точки установившегося режима *x=3* аналитически линеаризовать нелинейное уравнение $y = \frac{x + \sqrt{x}}{x^2 + 1}$.

10 В окрестности точки установившегося режима *x*=-2 аналитически линеаризовать нелинейное уравнение $y = \sqrt{1 - x^3}$.

3 Оценка выполнения этапов курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

Раздел 2. Структура САУ. Статические режимы.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Как записывается передаточная функция замкнутой САУ с положительной обратной связью?

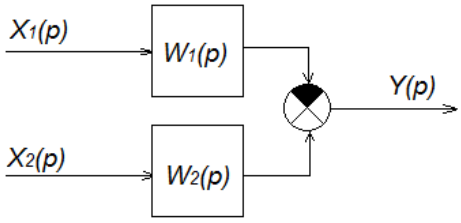
а) $W(p) = \dfrac{W_o(p)}{1 + W_{oc}(p) \cdot W_o(p)}$;

б) $W(p) = \dfrac{W_o(p)}{1 - W_{oc}(p) \cdot W_o(p)}$;

в) $W(p) = \dfrac{W_o(p)}{W_{oc}(p) \cdot W_o(p) - 1}$;

г) $W(p) = \dfrac{W_o(p) + 1}{W_{oc}(p) \cdot W_o(p)}$.

2. Как соединены звенья на рисунке?



а) Параллельно;
б) Встречно-параллельно;
в) Последовательно;
г) Антипараллельно.

3. Как формулируется правило переноса узла через звено против хода сигнала?

а) внешнее воздействие *f(t)*, приложенное к выходу звена, можно перенести на его вход, добавив между воздействием и входом звена звено с передаточной функцией $W(p)=\frac{1}{1+W_1(p)}$;

б) внешнее воздействие *f(t)*, приложенное к выходу звена, можно перенести на его вход, добавив между воздействием и входом звена звено с передаточной функцией $W(p)=\frac{1}{W_1(p)}$;

в) внешнее воздействие *f(t)*, приложенное к выходу звена, можно перенести на его вход, добавив между воздействием и входом звена звено с передаточной функцией $W(p)=W_1(p)$;

г) внешнее воздействие *f(t)*, приложенное к выходу звена, можно перенести на его вход, добавив между воздействием и входом звена звено с передаточной функцией $W(p)=W_1(p)+1$.

4. В каком направлении происходит преобразование структурной схемы с вложенными контурами?

а) От внешних контуров к внутренним;
б) От внутренних контуров к внешним;
в) По ходу главного сигнала;
г) Против хода главного сигнала.

5. От каких элементов структурной схемы при структурном преобразовании САУ следует избавляться в первую очередь?

а) От подчиненных контуров;
б) От узлов и разветвлений;
в) От перекрестных обратных связей;
г) От элементов сравнения.

6. В чем основной недостаток преобразования структурной схемы в эквивалентное звено?

а) Сложность эквивалентной передаточной функции;

б) Неучет обратных связей;

в) Неполное соответствие динамических свойств эквивалентного звена таковым для исходной системы;

г) Потеря малых постоянных времени.

7. Как определяется передаточная функция разомкнутой системы?

а) отношение изображения по Лапласу сигнала обратной связи к изображению по Лапласу сигнала ошибки при нулевых начальных условиях;

б) отношение изображения по Лапласу сигнала ошибки к изображению по Лапласу сигнала обратной связи при нулевых начальных условиях;

в) произведение изображения по Лапласу сигнала обратной связи на изображение по Лапласу сигнала ошибки при нулевых начальных условиях;

г) сумма изображения по Лапласу сигнала обратной связи с изображением по Лапласу сигнала ошибки при нулевых начальных условиях.

8. В чем заключается принцип суперпозиции для выходной координаты САУ?

а) Реакция выходной координаты определяется как распределение Гаусса для всех воздействий;

б) Реакция выходной координаты определяется как среднее квадратичное от всех воздействий;

в) Реакция выходной координаты определяется как произведение реакций от каждого из воздействий;

г) Реакция выходной координаты определяется как сумма реакций от каждого из воздействий.

9. Что понимается под операторно-структурной схемой САУ?

а) Графическое отображение математической модели;

б) Графическое отображение математической модели, записанной в операторной форме;

в) Графическое отображение структуры системы;

г) Графическое отображение математической модели структуры системы.

10. Чем характеризуются звенья САУ в операторно-структурной схеме?

а) Переходными функциями;

б) Импульсными переходными функциями;

в) Передаточными функциями;
г) Передаточными матрицами.

11. На какие режимы подразделяется стационарный режим САУ?
а) Переходный и установившийся;
б) Статический и динамический;
в) Статический и астатический;
г) Колебательный и апериодический.

12. Какое движение осуществляет система в динамическом режиме?
а) Установившееся вынужденное;
б) Установившееся свободное;
в) Переходное вынужденное;
г) Переходное свободное.

13. Является ли динамический стационарный режим установившимся?
а) Является при определенных условиях;
б) Является при любых условиях;
в) Является при особых входных воздействиях;
г) Не является.

14. Как из уравнений динамики объекта можно получить уравнения статики?
а) Принимая коэффициенты передачи равными 0;
б) Решая уравнения динамики относительно входной координаты объекта;
в) Решая уравнения динамики относительно выходной координаты объекта;
г) Принимая производные координат по времени равными 0.

15. По какому выражению определяется статизм системы (x – входная координата системы, y – выходная, f – внешнее воздействие)?
а) $\delta_{ст} = \frac{\Delta x}{\Delta f}$;
б) $\delta_{ст} = \frac{\Delta y}{\Delta f}$;
в) $\delta_{ст} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$;
г) $\delta_{ст} = \frac{\Delta x}{\Delta y}$.

16. Какая величина статической ошибки, как правило, является допустимой при инженерных расчетах, если не оговорено особо? Запишите ответ числом (в %).

17. Как влияет на статизм замыкание САУ?

а) Увеличивает;

б) Уменьшает;

в) До определенного предела уменьшает, затем резко увеличивает;

г) Не влияет.

18. Введением какого звена в САУ достигается ее астатизм? Запишите название звена в именительном падеже.

19. На каком участке следует вводить астатическое звено для достижения астатизма?

а) Участок вне отрезка между приложением возмущающего воздействия и выходной координатой;

б) Участок на отрезке между приложением возмущающего воздействия и выходной координатой;

в) Участок обратной связи;

г) Участок непосредственно после входного воздействия.

20. Какой элемент САУ называется астатическим?

а) элемент, у которого при постоянном входном воздействии сигнал на выходе в установившемся режиме непрерывно растет;

б) элемент, у которого при постоянном входном воздействии сигнал на выходе в установившемся режиме постоянен;

в) элемент, у которого при постоянном входном воздействии сигнал на выходе в установившемся режиме непрерывно снижается;

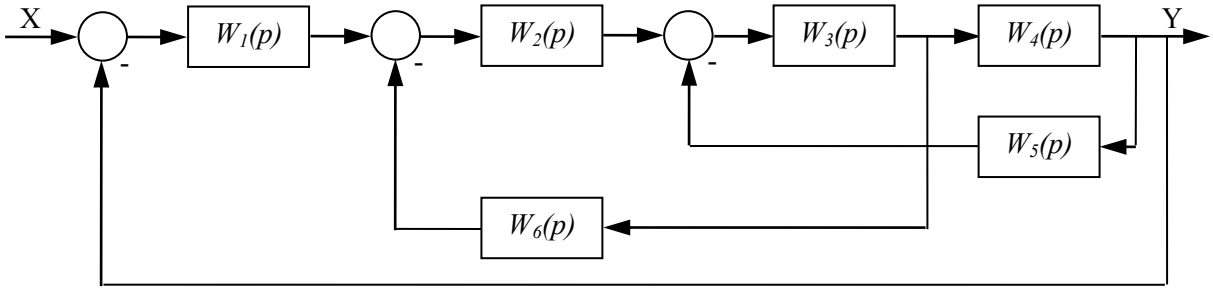
г) элемент, у которого при постоянном входном воздействии сигнал на выходе в установившемся режиме равен нулю.

2 Выполнение практических работ

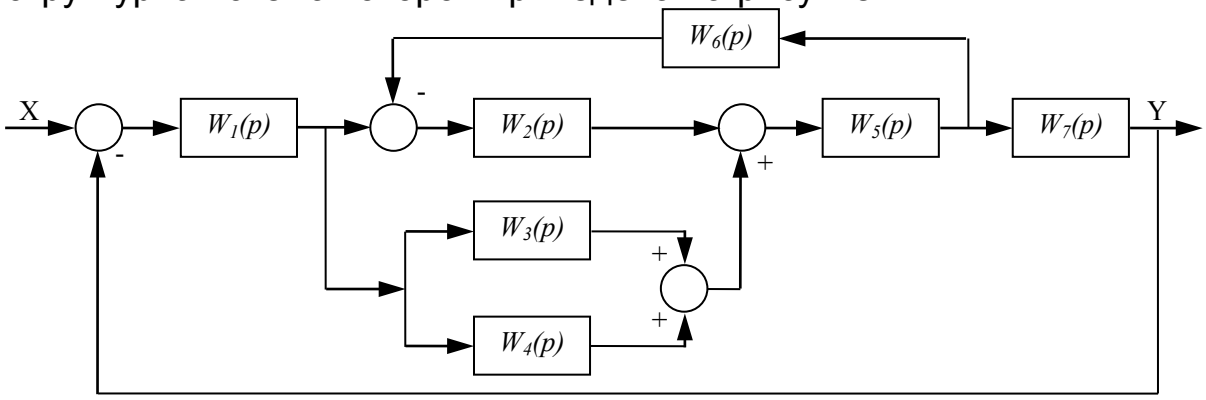
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры заданий для практических работ:

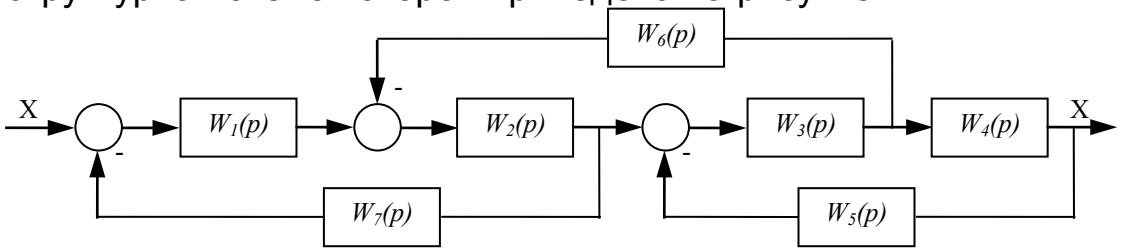
1 Определить результирующую передаточную функцию замкнутой САУ, структурная схема которой приведена на рисунке.



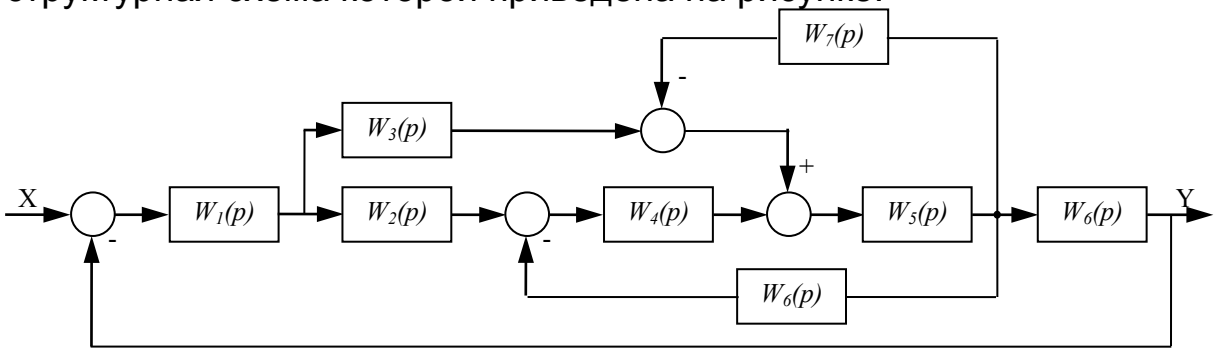
2 Определить результирующую передаточную функцию замкнутой САУ, структурная схема которой приведена на рисунке.



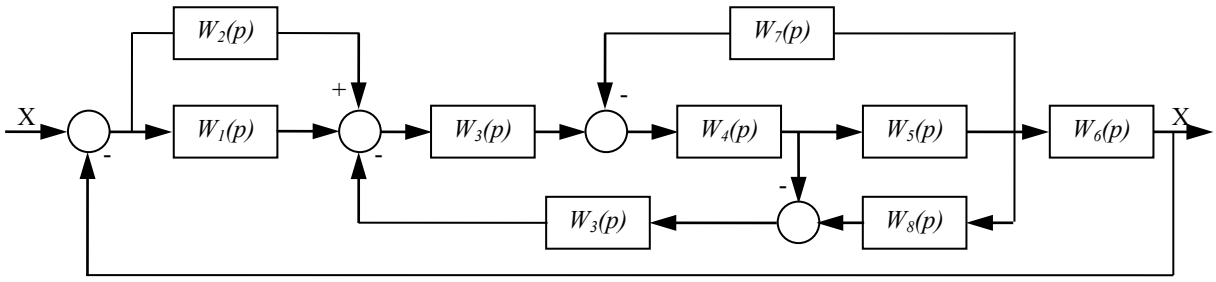
3 Определить результирующую передаточную функцию замкнутой САУ, структурная схема которой приведена на рисунке.



4 Определить результирующую передаточную функцию замкнутой САУ, структурная схема которой приведена на рисунке.



5 Определить результирующую передаточную функцию замкнутой САУ, структурная схема которой приведена на рисунке.



6 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{100(0{,}25p+1)}{p(0{,}8p+1)(0{,}001p+1)^2}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

7 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{0{,}1(0{,}08p+1)}{p(0{,}8p+1)(0{,}001p+1)^2}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

8 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{100(0{,}25p+1)}{(1{,}67p+1)^2(0{,}05p+1)^2}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

9 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{25(p+1)}{p(10p+1)(0{,}15p+1)^2}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

10 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{e^{-0.1p}}{p^2(0.5p+1)}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

3 Оценка выполнения этапов курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная

пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

Раздел 3. Устойчивость систем автоматического управления. Качество управления.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Если все полюса линейной системы имеют отрицательные действительные части, то какая устойчивость гарантируется для данной системы?

а) В малом;

б) В большом;

в) В целом;

г) Система неустойчива.

2. Какому требованию должна удовлетворять свободная составляющая переходного процесса асимптотически устойчивой системы?

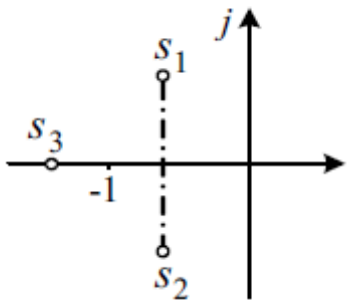
а) $\lim\limits_{t\to 0} y_{св}(t) = const$;

б) $\lim\limits_{t\to 0} y_{св}(t) = 0$;

в) $\lim\limits_{t\to \infty} y_{св}(t) = const$

г $\lim\limits_{t\to \infty} y_{св}(t) = 0$.

3. Устойчива ли линейная непрерывная САУ 3 порядка с расположением полюсов, показанным на рисунке?



а) Устойчива;

б) Неустойчива;

в) На границе устойчивости;

г) Судить по расположению полюсов об устойчивости некорректно.

4. Какому условию должны удовлетворять определитель Гурвица и его диагональные миноры для САУ с характеристическим уравнением $a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + ... + a_1 p + a_0 = 0$?

а) $a_n > 0; \Delta_{n-1} > 0;$

б) $\Delta_i > 0; \overline{i = 1, n-1};$

в) $a_n > 0; \Delta_i > 0, \ i = \overline{1, n};$

г) $\Delta_i > 0, \ i = \overline{1, n}.$

5. Какое условие является необходимым и достаточным для устойчивости системы с характеристическим уравнением $a_2 p^2 + a_1 p + a_0 = 0$?

а) Положительность хотя бы одного коэффициента характеристического уравнения;

б) Положительность двух старших коэффициентов характеристического уравнения;

в) Положительность хотя бы двух коэффициентов характеристического уравнения;

г) Все коэффициенты характеристического уравнения имеют один и тот же знак.

6. Устойчивость каких систем может быть оценена по критерию Михайлова?

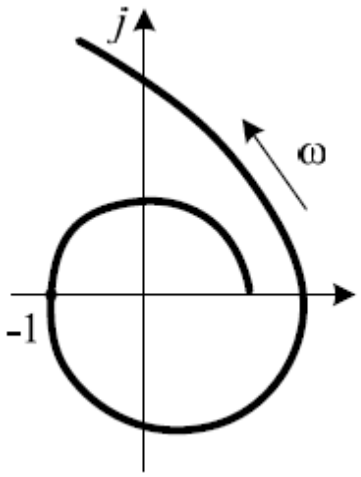
а) Замкнутых;

б) Разомкнутых;

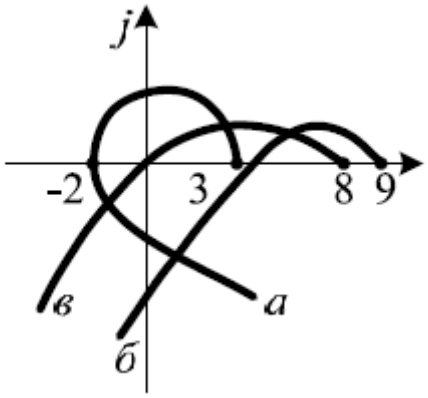
в) Стохастических;

г) Замкнутых и разомкнутых линейных.

7. Определите порядок системы, показанной на рисунке, при условии, что данная система устойчива. Ответ запишите числом.

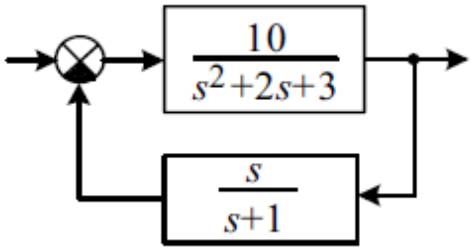


8. Какой из представленных годографов Михайлова соответствует статической системе с наибольшим коэффициентом передачи, если W(p)=K/A(p), причем A(0)=1?

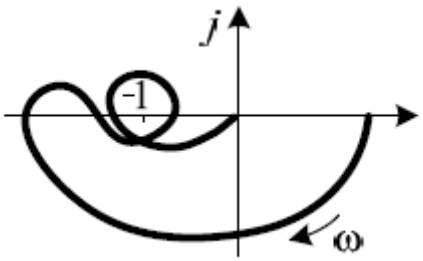


а) а;
б) б;
в) в;
г) Недостаточно данных для ответа.

9. Рассчитайте общий коэффициент усиления для данной системы. Ответ запишите числом.

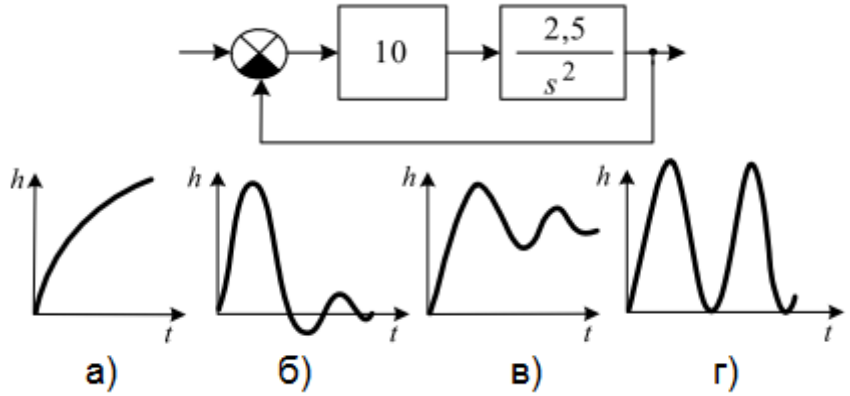


10. Устойчива ли замкнутая САУ, если ее годограф в разомкнутом состоянии имеет вид, представленный на рисунке?

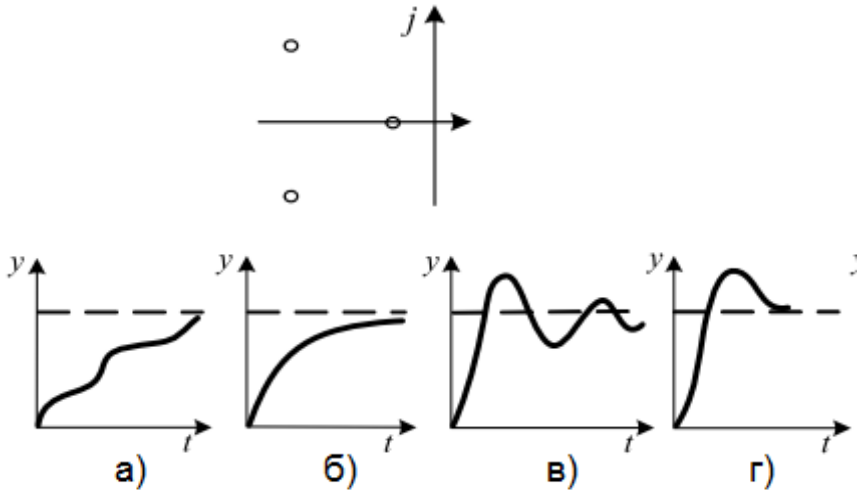


а) Устойчива;
б) Устойчива с оговорками;
в) Неустойчива;
г) Недостаточно данных для ответа.

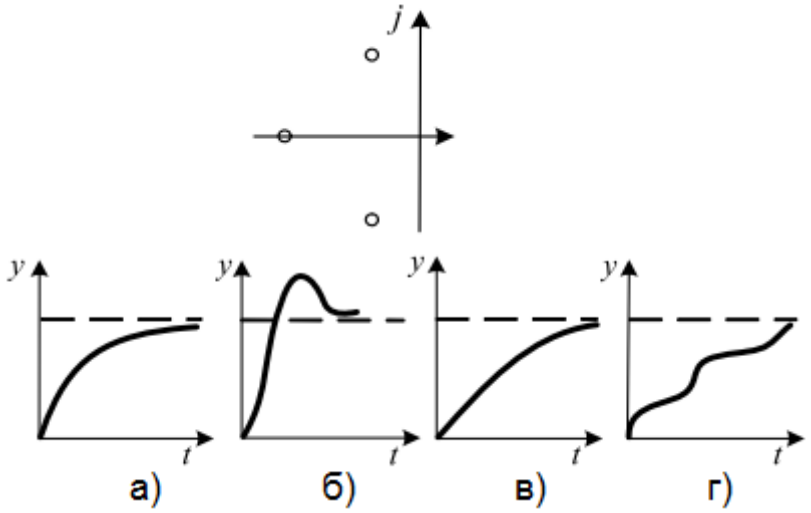
11. Определите качественно вид переходной функции для приведенной САУ.



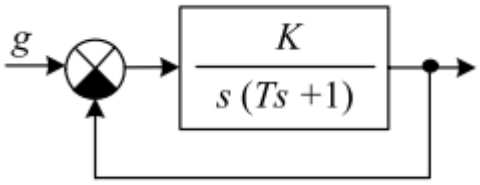
12. Переходный процесс какого вида протекает в САУ с представленным расположением полюсов?



13. Переходный процесс какого вида протекает в САУ с представленным расположением полюсов?



14. По какому выражению определяется степень колебательности для системы, приведенной на рисунке?



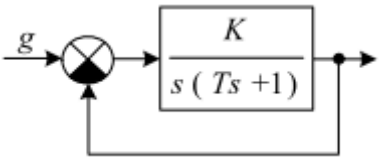
а) $\mu = 4kT$;

б) $\mu = \dfrac{2T}{k}$;

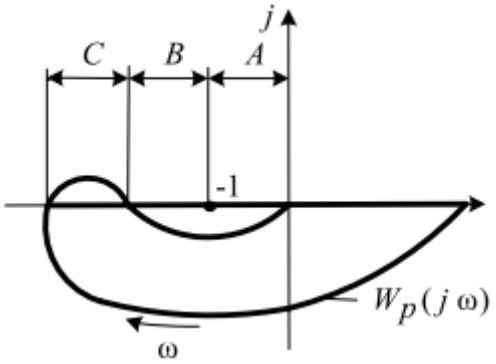
в) $\mu = \sqrt{1-4kT}$;

г) $\mu = \sqrt{4kT-1}$.

15. Определите соотношение между K и T, обеспечивающее апериодический переходный процесс в приведенной системе. Ответ запишите в символьном виде.



16. Определите запас устойчивости (в дБ) для САУ с приведенным на рисунке амплитудно-фазовым годографом Ответ запишите в символьном виде.



17. Как связаны вещественная частотная характеристика P и переходная характеристика системы h(t)?

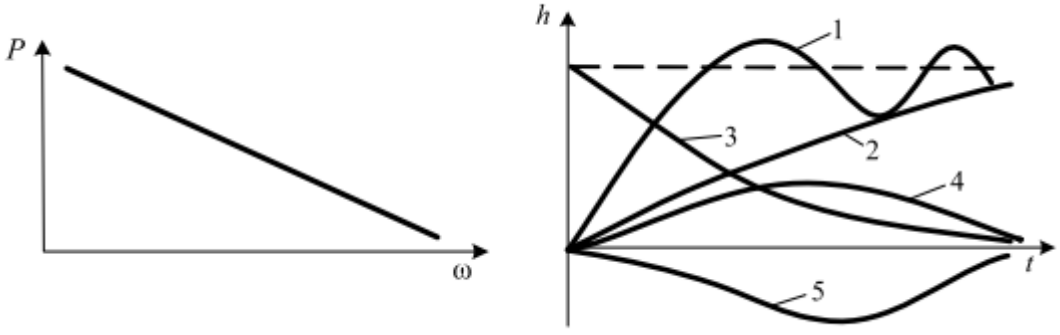
а) $h(t) = \pi \int_{-\infty}^{\infty} P(\omega) \sin \omega t d\omega$;

б) $h(t) = 2\pi \int_{-\infty}^{\infty} \frac{P(\omega)}{\omega} \sin \omega t d\omega$;

в) $h(t) = \frac{2}{\pi} \int_{0}^{\infty} \frac{P(\omega)}{\omega} \sin \omega t d\omega$;

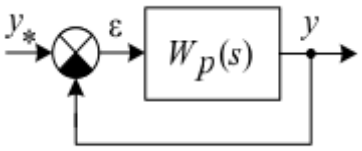
г) $h(t) = \frac{2}{\pi} \int_{0}^{\infty} \frac{P(\omega)}{\sin \omega t} d\omega$.

18. Какая переходная характеристика соответствует приведенной на рисунке вещественной частотной характеристике?



а) 1;
б) 2;
в) 3;
г) 4.

19. Каким выражением определяется простейшая линейная интегральная оценка J в приведенной САУ, если на ее вход системы подается единичное ступенчатое воздействие?



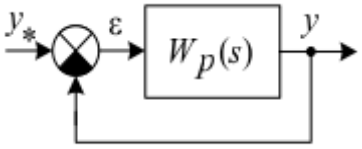
а) $J = \int_0^\infty y(t)dt$;

б) $J = \int_0^\infty \varepsilon(t)dt$;

в) $J = \int_0^\infty [y(\infty) - y(t)]dt$;

г) $J = \int_0^\infty [y(\infty) - y(t)]tdt$.

20. Каким выражением определяется интегральная квадратичная оценка Jo в приведенной САУ, если на ее вход системы подается единичное ступенчатое воздействие?



а) $J_0 = \int_0^\infty [y_3(t) - y(t)]^2 dt$;

б) $J_0 = \int_0^\infty [y(\infty) - y(t)]^2 dt$;

в) $J_0 = \int_0^\infty \varepsilon^2(t)dt$;

г) $J_0 = \int_0^\infty \varepsilon^2(t)tdt$.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры заданий для практических работ:

1 Используя критерий Гурвица, определить устойчивость замкнутой системы, передаточная функция которой в разомкнутом состоянии имеет вид: $W(p)=\dfrac{K_\Sigma}{p(T_1p+1)(T_2p+1)+K_\Sigma}$. Сформулировать условие устойчивости.

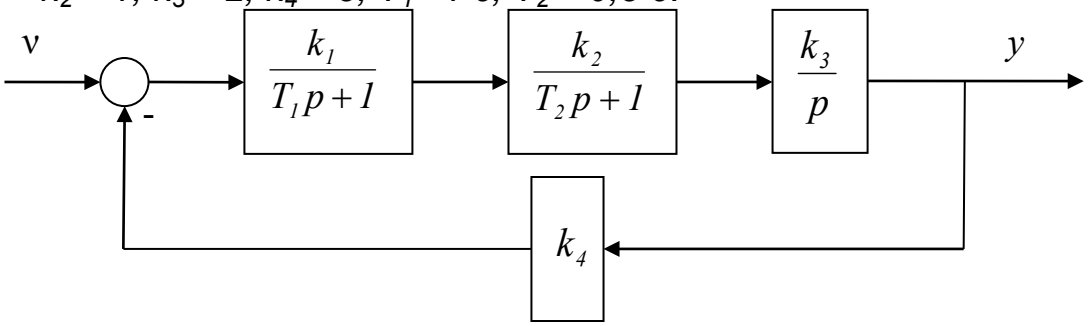
2 Передаточная функция замкнутой системы имеет вид $W_3(p)=\dfrac{k}{T_1T_2p^3+(T_1+T_2)p^2+p+k}$, где *K=0,50с*$^{-1}$, *T=0.2с*, *T=0.2с*. Определить устойчивость системы по критерию Рауса.

3 Передаточная функция разомкнутой системы имеет вид $W(p)=\dfrac{k}{(T_1^2p^2+2\xi T_1p+1)(T_3p+1)(T_4p+1)}$, где T_1*=0.05с*, T_2*=0.2с*, T_3*=0.1с*, *ξ=0.5*. Используя критерий устойчивости Михайлова, определить критическое значение коэффициента усиления разомкнутой системы $K_{кр}$, при котором замкнутая система находится на границе устойчивости. Определить устойчивость САУ при *K=1.*

4 Определить устойчивость замкнутой системы, передаточная функция которой в разомкнутом состоянии имеет вид $W(p)=\dfrac{200(1+0.02p)}{(1+0.1p)(1+0.005p)}$

5 Передаточная функция разомкнутой САУ имеет вид $W_p(p)=\dfrac{K(1+\tau\cdot p)}{p(-1+Tp)}$ где *K=2*; *τ=0.1*; *T=0.5*. Используя критерий Найквиста, определить устойчивость замкнутой системы.

6 С помощью критерия Гурвица проверить устойчивость системы, если $k_1 = k_2 = 1$, $k_3 = 2$, $k_4 = 5$, $T_1 = 1$ с, $T_2 = 0{,}5$ с.



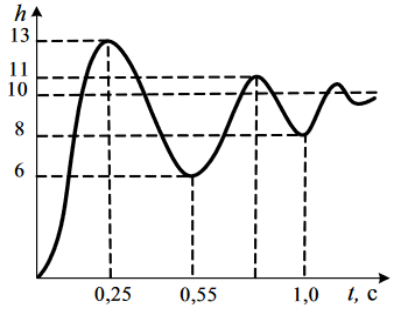
7 Используя критерий Михайлова, проверить устойчивость системы

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_3, \\ \dot{x}_3 = -2x_1 - 3x_2 - 5x_3 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

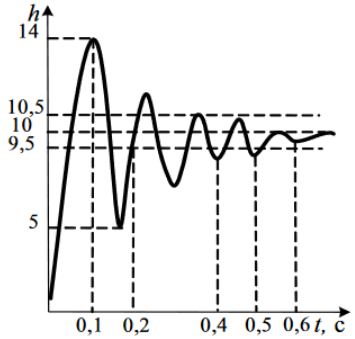
8 Оценить приближенно показатели качества статической системы регулирования с передаточной функцией разомкнутого контура $W(p)=\dfrac{8}{(10p+1)(1{,}5p+1)(0{,}5p+1)}$.

9 Оценить приближенно показатели качества статической системы регулирования с передаточной функцией разомкнутого контура $W(p)=\frac{0{,}12p}{0{,}04p^2+0{,}15p+1}$.

10 Определить перерегулирование, скорость нарастания и колебательность для переходного процесса, показанного на рисунке.



11 Определить показатели качества для переходного процесса, показанного на рисунке



12 Определить длительность переходного процесса в системе, если ее полюса имеют значения p_1=-20; $p_{2,3}$=-5±7j.

3 Оценка выполнения этапов курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

Раздел 4. Коррекция динамических свойств САУ.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Какая задача управления решается при управлении электродвигателем качалки штангового насоса нефтяной вышки?

а) Стабилизация;
б) Слежение;
в) Программное управление;
г) Финитное управление.

2. Какую из перечисленных ниже типовых задач управления решает автопилот пассажирского самолета после набора высоты при движении по заданной траектории полета?

а) стабилизация,
б) слежение,
в) программное управление,
г) финитное управление,

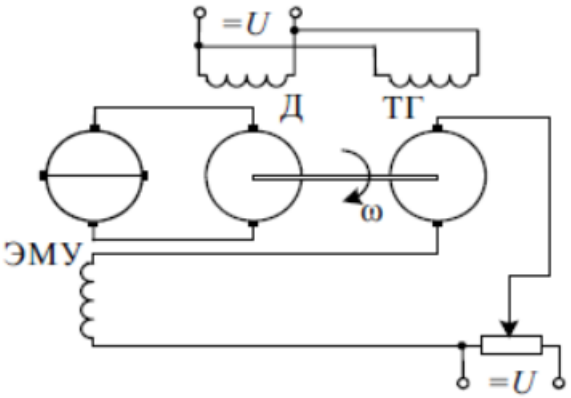
3. Можно ли реализовать принцип управления по отклонению, не имея текущей информации о возмущающих воздействиях на объект управления?

а) можно при любых условиях;
б) можно при определенных ограничениях;
в) нельзя при любых условиях;
г) нельзя, кроме систем особой структуры.

4. Текущая информация о каких переменных объекта управления необходима для реализации регулирования по возмущению?

а) о регулируемых переменных;
б) о внешних воздействиях;
в) о регулируемых переменных и внешних воздействиях;
г) о регулируемых переменных и управляющих воздействиях.

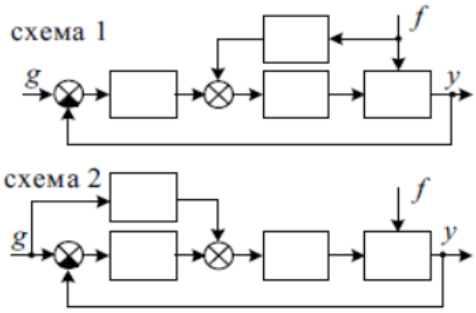
5. Какой принцип управления использован в системе регулирования скорости электродвигателя Д, включающей электромашинный усилитель ЭМУ и тахогенератор ТГ?



а) жесткое управление;
б) управление по отклонению;
в) управление по возмущению;
г) комбинированное управление.

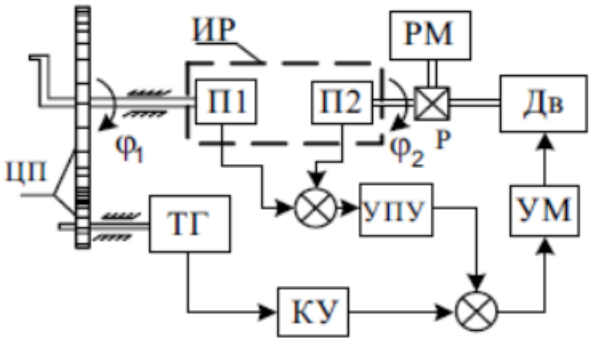
6. Каков характер изменения во времени задающего воздействия у следящей системы?
а) неизменяемая во времени величина;
б) изменяемая во времени по известному закону величина;
в) изменяемая во времени по заранее неизвестному закону величина;
г) нарастающая с течением времени величина.

7. Перетащите на схему название показанного способа управления.



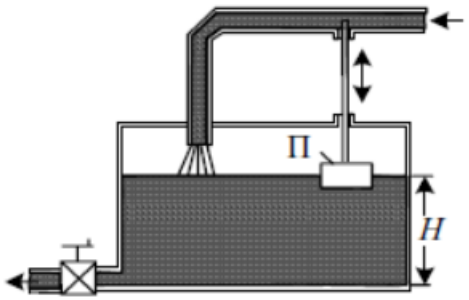
По отклонению По возмущению Комбинированное Адаптивное

8. Определите, сколько обратных связей реализовано в системе, приведенной на рисунке. Ответ запишите числом.



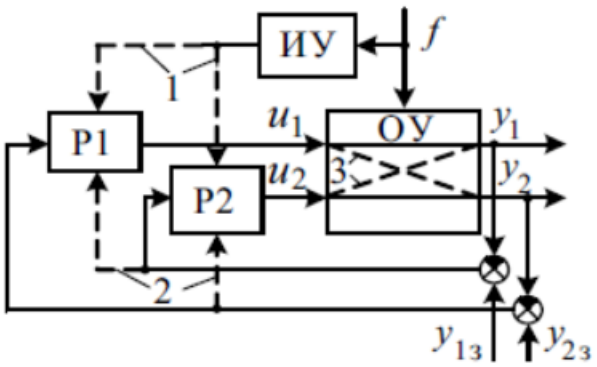
На схеме:
РМ – рабочий механизм;
ИР – измеритель рассогласования (собран на потенциометрах П1 и П2);
Дв – двигатель;
ТГ – тахогенератор;
УПУ – усилительно-преобразовательное устройство;
КУ – корректирующее устройство;
УМ – усилитель мощности;
Р – редуктор;
ЦП – цилиндрическая передача.

9. Какое регулирование уровня жидкости Н в резервуаре реализуется с помощью поплавка П в приведенной системе?



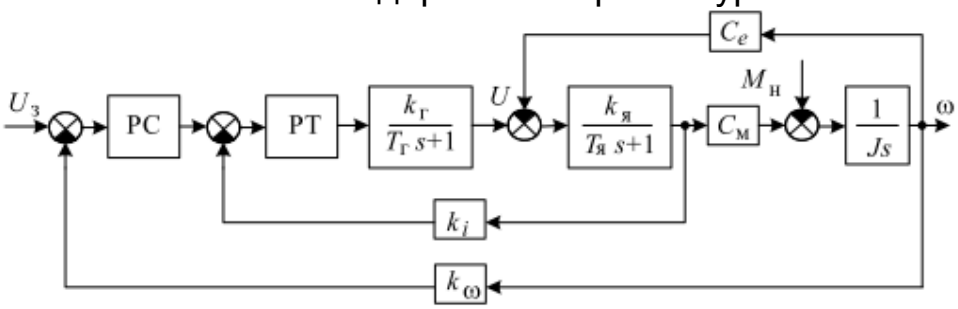
а) Прямое;
б) Косвенное;
в) Комбинированное;
г) Адаптивное.

10. Какие из указанных пунктиром связей обуславливают связанное регулирование в приведенной двухмерной по выходу САР?



а) 1;
б) 2;
в) 3;
г) 1,2,3.

11. Какой типовой регулятор РТ следует включить в приведенную схему, чтобы обеспечить технический оптимум в соответствующем контуре? Ответ запишите стандартной аббревиатурой.



12. В силу чего невозможно точное решение задачи жесткого управления объектом путем реализации корректирующего устройства как прекомпенсатора с передаточной функцией, обратной передаточной функции расширенного объекта?
а) Инерционность расширенного объекта;
б) Инерционность управляющего устройства;
в) Нелинейность расширенного объекта;
г) Нелинейность управляющего устройства.

13. Каким схемотехническим решением можно добиться снижения влияния инерционности объекта управления на динамические свойства его САУ?
а) Охватом ОУ гибкой ООС;
б) Охватом ОУ гибкой ПОС;
в) Охватом ОУ жесткой ООС;
г) Охватом ОУ жесткой ПОС.

14. Можно ли повысить точность в статических режимах САР с регулятором вида $W_P(p) = k_П + k_Д p$ только за счет изменения $k_д$?

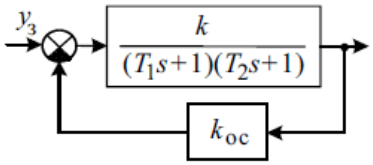
а) Можно;

б) Можно, при определенном соотношении коэффициентов регулятора;

в) Можно, для систем определенной структуры;

г) Нельзя.

15. При каком значении коэффициента ОС в статическом режиме $y=y_з$ для заданной САУ?



а) $k_{OC}=1$;

б) $k_{OC}=\frac{k}{1+k}$;

в) $k_{OC}=\frac{k-1}{k}$;

г) $k_{OC}=\frac{k+1}{k}$.

16. Какой участок ЛАХ оказывает основное влияние на длительность переходного процесса в системе?

а) С нулевым наклоном;

б) Низкочастотный;

в) Среднечастотный;

г) Высокочастотный.

17. Какой участок ЛАХ оказывает основное влияние на перерегулирование в системе?

а) С нулевым наклоном;

б) Низкочастотный;

в) Среднечастотный;

г) Высокочастотный.

18. Под каким наклоном желательно проводить среднечастотный участок асимптотической ЛАХ желаемой системы в разомкнутом состоянии? Запишите ответ числом (в дБ/дек).

19. Какое условие является основным при формировании высокочастотного участка асимптотической ЛАХ желаемой системы?

а) Максимальная простота корректирующего устройства;

б) Обеспечение быстродействия;

в) Ограничение ускорений в системе;
г) Обеспечение перерегулирования.

20. Какой(-ие) параметр(-ы) является определяющими при построении низкочастотного участка ЛАХ желаемой системы?
а) Желаемый порядок астатизма системы по задающему воздействию;
б) Желаемый порядок астатизма системы по возмущению;
в) Статический коэффициент передачи (или добротность) системы в разомкнутом состоянии;
г) Статический коэффициент передачи (или добротность) системы в разомкнутом состоянии и желаемый порядок астатизма системы по задающему воздействию.

2 Вопросы для устного обсуждения (опроса)

1. Основные показатели качества САУ.
2. Запас устойчивости по амплитуде.
3. Запас устойчивости по фазе.
4. Влияние астатических звеньев на свойства САУ.
5. Принципы последовательной коррекции.
6. Принципы параллельной коррекции.
7. Синтез последовательного КУ по ЛАХ системы.
8. Структурно-параметрическая оптимизация.
9. Модульный оптимум. Фильтр Баттерворта.
10. Симметричный оптимум.

3 Оценка выполнения этапов курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

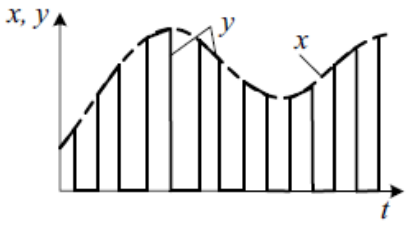
Раздел 5. Дискретные САУ. Математическое моделирование дискретных САУ.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

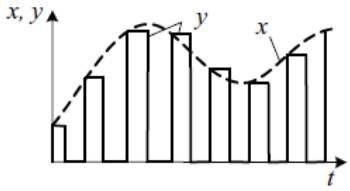
Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

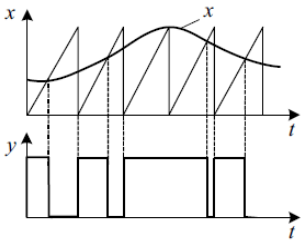
1 Какой вид модуляции реализуется в данном случае? Запишите ответ стандартной аббревиатурой.



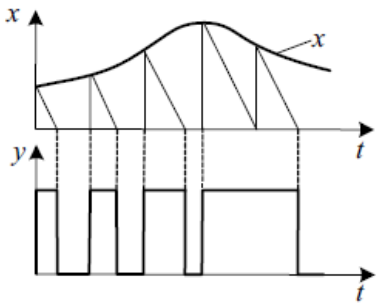
2 Какой вид модуляции реализуется в данном случае? Запишите ответ стандартной аббревиатурой.



3 Какой вид модуляции реализуется в данном случае? Запишите ответ стандартной аббревиатурой.



4. Какой вид модуляции реализуется в данном случае? Запишите ответ стандартной аббревиатурой.



5. Выполняется ли для широтно-импульсного элемента принцип суперпозиции?

а) Выполняется всегда;

б) Выполняется при значениях скважности не более 0,5;

в) Выполняется при значениях скважности не менее 0,5;

г) Не выполняется.

6. Какая из приведенных ниже импульсных систем линейна при условии линейности статических характеристик широтно-импульсного элемента, амплитудно-импульсного элемента, частотно-импульсного элемента и непрерывной части?



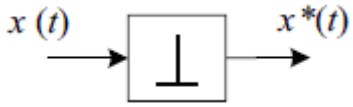
а) а;

б) б;

в) в;

г) Все системы линейны.

7. Каким выражением описывается сигнал x*(t) на выходе идеального импульсного элемента, если на его вход подан произвольный сигнал x(t)?



а) $\sum_{m=0}^{n} x(mt)\delta(t-nT)$;

б) $\sum_{n=0}^{\infty} x(nt)\delta(t)$;

в) $\sum_{n=0}^{\infty} x(0)\delta(t-nT)$;

г) $\sum_{n=0}^{\infty} x(nT)\delta(t-nT)$.

8. На вход идеального импульсного элемента с периодом дискретизации 0,1 с подан экспоненциальный сигнал $x(t)=e^{-2t}$. Как определится выходной сигнал элемента?

а) $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-0,2n}\delta(t)$;

б) $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-0,2n}\delta(t-0,1n)$;

в) $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-20n}\delta(t)$;

г) $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-20n}\delta(t-0,1n)$.

9. Какой вид имеет передаточная функция фиксатора нулевого порядка?

а) $\frac{1-e^{-Tp}}{p^2}$;

б) $\frac{1-e^{-Tp}}{p}$;

в) $\frac{e^{-Tp}-1}{p}$;

г) $\frac{e^{-Tp}-1}{p^2}$.

10. Какое квантование реализуется в цифровой САУ?

а) По времени;

б) По уровню;

в) Комбинированное по времени и уровню;

г) Квантование не применяется.

11 Каким выражением определяется первая прямая разность решетчатой функции x[n]?

а) x[n]-x[n-1];

б) x[n]-x[n+1];

в) x[n+1]-x[n];

г) x[n-1]-x[n];

12 Каким выражением определяется первая обратная разность решетчатой функции x[n]?

а) x[n]-x[n-1];

б) x[n]-x[n+1];

в) x[n+1]-x[n];

г) x[n-1]-x[n];

13 Какой вид имеет формула прямого модифицированного z-преобразования?

а) $X(z,\varepsilon)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}x[n,\varepsilon]z^{-n}$;

б) $X(z,\varepsilon)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}x[n,\varepsilon]z^{n}$;

в) $X(z,\varepsilon)=\sum_{n=0}^{\infty}x[n,\varepsilon]z^{-n}$;

г) $X(z,\varepsilon)=\sum_{n=0}^{\infty}x[n,\varepsilon]z^{-n}$.

14 Определите z-преобразование решетчатой функции x[n]=a*1[n]

а) $\frac{z}{z-a}$;

б) a;

в) $\frac{az}{z-1}$;

г) $\frac{az}{(z-a)^2}$.

15 По заданному z-изображению $X(z)=\frac{z}{z-1}$ определите решетчатую функцию x[n].

а) n;

б) n^2;

в) $1[n]$;

г) e^{-n}.

16 По заданному z-изображению $X(z)=\frac{z}{(z-1)^2}$ определите решетчатую функцию x[n].

а) $1[n]$;

б) e^{-n};

в) e^{n};

г) n.

17 Как определяется z-преобразование первой прямой разности смещенной решетчатой функции?

а) $zX(z,\varepsilon)-x[0]$;

б) $(z-1)X(z,\varepsilon)-zx[0]$;

в) $zX(z,\varepsilon)-x[0,\varepsilon]$;

г) $(z-1)X(z,\varepsilon)-x[0,\varepsilon]$.

18 Как определяется z-преобразование решетчатой функции x[n+m], если m=1,2,3…?

а) $z^m\left[X(z)-\sum_{k=0}^{m-1}x[k]z^{-k}\right]$;

б) $z^m X(z)-\sum_{k=0}^{m-1}x[k]z^{-k}$;

в) $z^m X(z)$;

г) $z^m X(z)+\sum_{k=0}^{m-1}x[k]z^{-k}$.

19 Чему равна передаточная функция системы, описываемой разностным уравнением $y[n]+a_1y[n-1]+a_2y[n-2]=b_1x[n-1]$?

а) $\frac{b_1z}{a_2z^2+a_1z+1}$;

б) $\frac{b_1z}{z^2+a_1z+a_2}$;

в) $\frac{b_1}{a_2z^2+a_1z+1}$;

г) $\frac{b_1}{z^2+a_1z+a_2}$.

20. Как определится передаточная функция системы, импульсная характеристика которой $w[n]=2\delta[n]+\delta[n-1]+0{,}5\delta[n-2]$?

а) $2+z^{-1}+0{,}5z^{-2}$;

б) $\frac{1}{2+z^{-1}+0{,}5z^{-2}}$;

в) $2z^{-2}+z^{-1}+0{,}5$;

г) $\frac{1}{2z^{-2}+z^{-1}+0{,}5}$.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры заданий для практических работ:

1 Определить первую прямую разность решетчатой функции $x[n]=kT^2n^2$.

2 Определить первую обратную разность решетчатой функции $x[n]=kT^2n^2$.

3 Определить первую прямую, первую обратную и вторую обратную разности для системы, описываемой уравнением $y(t)=4t^2-2$.

4 Определить первую прямую, первую обратную и вторую обратную разности для системы, описываемой уравнением $y(t)=e^{-\frac{t}{0.8}}\sin\left(0{,}3t+\frac{\pi}{4}\right)$.

5 Определить первую прямую, первую обратную и вторую обратную разности для системы, описываемой уравнением $y(t)=\ln t$.

6 Найти z-изображение функции $x[n+\varepsilon]=a(n+\varepsilon)$.

7 Найти D-и z-преобразования для функции $x(t)=1(t)$.

8 Определить z-передаточную функцию системы с разностным уравнением $y[n]+a_1y[n-1]+a_2[n-2]=b_1x[n-1]$

9 Найти z-изображение функции $x(t)=\cos\omega t$.

10 По заданной дискретной передаточной функции $W(z)=\frac{1}{1-1{,}7z^{-1}}$ определить четыре первых отсчета выходной переменной, если входная переменная определяется как $x(nT)=1(nT)$, а *T=1*.

3 Оценка выполнения этапов курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

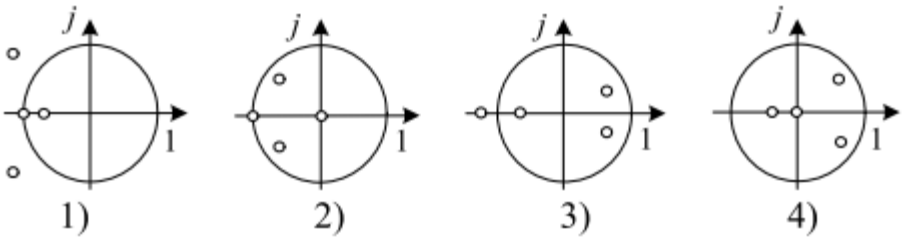
Раздел 6. Динамические характеристики дискретных САУ.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

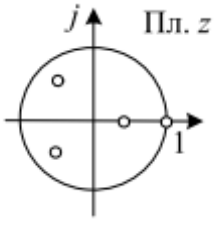
Перечень вопросов для тестирования:

1 Определите, устойчивы ли системы с указанным расположением полюсов, и перетащите рамку с типом системы на рисунок.



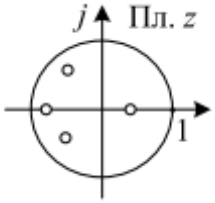
Устойчивая Неустойчивая На границе устойчивости

2 Определите устойчивость системы с приведенным на рисунке расположением полюсов.



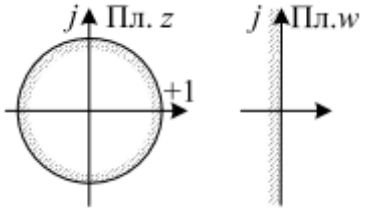
а) Устойчива.
б) Неустойчива;
в) На границе устойчивости;
г) Недостаточно данных для ответа.

3 Определите устойчивость системы с приведенным на рисунке расположением полюсов.



а) Необходимое;
б) Достаточное;
в) Необходимое и достаточное;
г) Принцип максимума неприменим.

4 В соответствии с каким выражением осуществляется конформное отображение круга единичного радиуса плоскости z в левую полуплоскость плоскости w?



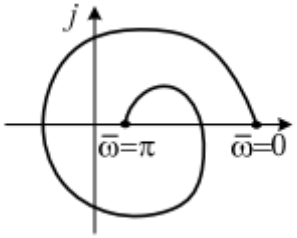
а) $Y(z,0)=\dfrac{w-1}{w+1}$;

б) $Y(z,0)=\dfrac{w-1}{w+1}$;

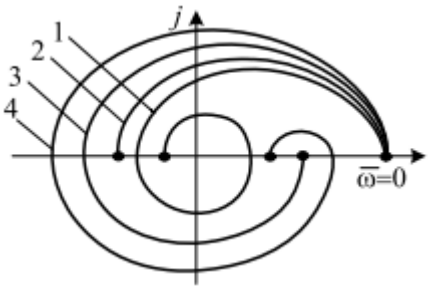
в) $Y(z,0)=\dfrac{w-1}{1-w}$;

г) $Y(z,0)=\dfrac{w+1}{w-1}$.

5 Определите порядок системы с годографом Михайлова, показанным на рисунке, при условии что она устойчива. Ответ запишите целым числом.



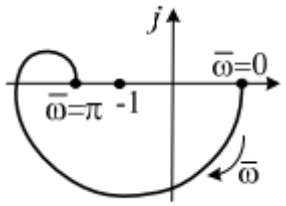
6 Какой из приведенных годографов Михайлова соответствует неустойчивой системе?



а) 1;
б) 2;

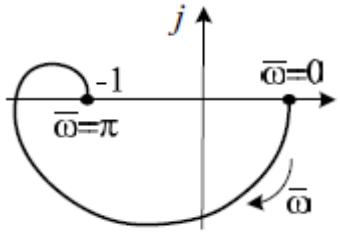
в) 3;
г) 4.

7 Устойчива ли замкнутая система с единичной ОС, если амплитудно-фазовый годограф для разомкнутой системы имеет вид, приведенный на рисунке?



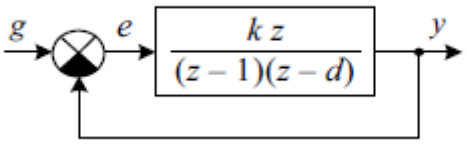
а) Устойчива.
б) Неустойчива;
в) На границе устойчивости;
г) Недостаточно данных для ответа.

8 Устойчива ли замкнутая система с единичной ОС, если амплитудно-фазовый годограф для разомкнутой системы имеет вид, приведенный на рисунке?



а) Устойчива.
б) Неустойчива;
в) На границе устойчивости;
г) Недостаточно данных для ответа.

9 Стабилизируема ли приведенная система путем изменения коэффициента k?



а) Стабилизируема во всех случаях;
б) Стабилизируема при определенных соотношения k и d;
в) Не стабилизируема;
г) Недостаточно данных для ответа.

10 Каким выражением определяется установившийся процесс на выходе импульсной САУ с весовой функцией $w[n,\varepsilon]$при произвольном непериодическом входном воздействии $x[n]$?

а) $\sum_{m=0}^{\infty} x[n-m]w[m,\varepsilon]$;

б) $\sum_{m=0}^{\infty} x[n-m]w[m,\varepsilon]$

в) $\sum_{m=n}^{\infty} x[n-m]w[m,\varepsilon]$;

г) $\sum_{m=1}^{\infty} x[n-m]w[m,\varepsilon]$.

11 Как записывается интеграл свертки дискретной системы?

а) $y(t)=\int_{-\infty}^{0} x(\tau)h(t-\tau)dt$;

б) $y(t)=\int_{0}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)dt$;

в) $y(t)=\int_{0}^{\tau} x(\tau)h(t-\tau)dt$;

г) $y(t)=\int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)dt$.

12 Какое разностное уравнение соответствует нерекурсивному фильтру?

а) $y(n)=\sum_{l=0}^{N} b_l x(n-l)-\sum_{k=0}^{M} a_k y(n-k)$;

б) $y(n)=\sum_{l=0}^{N} b_l x(n-l)$;

в) $y(n)=-\sum_{k=0}^{M} a_k y(n-k)$;

г) $y(n)=\sum_{k=0}^{M} a_k y(n-k)$.

13 Какие фильтры относятся к БИХ-фильтрам?

а) Рекурсивные;

б) Нерекурсивные;

в) Аналоговые;

г) Все вышеперечисленные.

14 Какое условие определяет устойчивость БИХ-фильтра?

а) $\sum_{m=0}^{\infty}\left|h(m)\right| = \infty$;

б) $\sum_{m=0}^{\infty}\left|h(m)\right| < \infty$;

в) $\sum_{m=0}^{\infty}\left|h(m)\right| = 0$;

г) $\sum_{m=0}^{\infty}\left|h(m)\right| > 0$.

15 Какие фильтры реализуют алгоритм цифровой фильтрации на основе дискретной временной свертки? Ответ запишите стандартной аббревиатурой.

16 Какая передаточная функция определяет БИХ-фильтр?

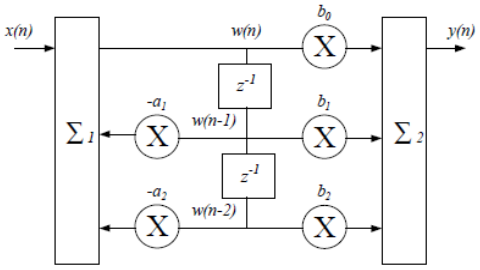
а) $W(z) = \dfrac{\sum_{l=0}^{N} b_l z^{-l}}{1 + \sum_{k=0}^{M} a_k z^{-k}}$;

б) $W(z) = \dfrac{\sum_{l=0}^{N} b_l z^{-l}}{\sum_{k=0}^{M} a_k z^{-k}}$;

в) $W(z) = \dfrac{\sum_{l=0}^{N} b_l z^{-l}}{1 - \sum_{k=0}^{M} a_k z^{-k}}$;

г) $W(z) = \dfrac{\sum_{l=0}^{N} b_l z^{-l}}{1\sum_{k=0}^{M} a_k z^{-k} - 1}$.

17 Определите форму реализации биквадратного звена, приведенной на рисунке. Ответ запишите одним словом в именительном падеже.



18 Как изменяются импульсные характеристики КИХ-фильтров при увеличении крутизны срезов?

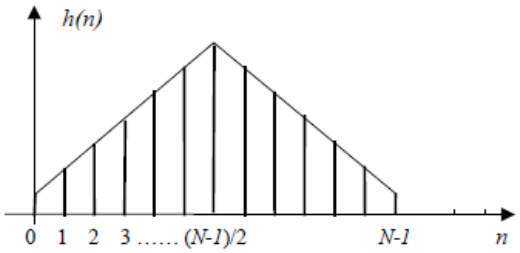
а) Укорачиваются;

б) Удлиняются;

в) Уменьшается амплитуда импульсов;

г) Увеличивается амплитуда импульсов.

19 Импульсная характеристика какого фильтра показана на приведенном рисунке?



а) Симметричного БИХ;

б) Несимметричного БИХ;

в) Симметричного КИХ;

г) Несимметричного КИХ.

20 С помощью какого устройства сопрягаются цифровой регулятор и аналоговый объект управления? Запишите ответ существительным в именительном числе.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры заданий для практических работ:

1 Синтезировать цифровое корректирующее устройство для аналоговой системы, имеющей передаточную функцию неизменяемой части $W(p)=\dfrac{0.25}{p(1.27p+1)}$.

2 Построить прямую и прямую каноническую реализации фильтра, описываемого передаточной функцией $W(z)=\frac{b_0+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}}{a_0+a_1z^{-1}+a_2z^{-2}}$ (биквадратного фильтра).

3 Определить характеристики цифрового фильтра, заданного передаточной функцией $W(z)=\frac{0.12+0.536z^{-1}+0.014z^{-2}+0.004z^{-3}}{1.2+1.2z^{-1}+0.78z^{-2}+0.02z^{-3}}$, найти разностное уравнение, прямую и прямую каноническую форму реализации, построить импульсную характеристику.

4 Рассчитать цифровое КУ, обеспечивающее для аналогового объекта с передаточной функцией $W(p)=\frac{155.03}{1.44\cdot10^{-5}p^3+0.00189p^2+0.055p+1}$ время регулирования не более 0,7 с.

5 Рассчитать передаточные функции цифрового регулятора скорости РС и регулятора тока РТ для системы электропривода, если требуется обеспечение модульного оптимума в контуре тока якоря *Iя* и симметричного оптимума в контуре скорости *ω*. Параметры звеньев схемы: $K_{ПУ}=232.838$, $K_{Д}=0.57$, $K_{ДС}=0.0532$, $K_{ДТ}=0.12$; $W_{ТП}=\frac{22}{0.01p+1}$, $W_{Я}=\frac{1.4286}{0.032p+1}$, $W_{М}=\frac{8.867}{p}$.

3 Оценка выполнения этапов курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

4 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Принципы автоматического управления.
2. Дифференциальне уравнения САУ.
3. Линеаризация уравнений САУ.
4. Передаточные функции САУ.
5. Типовые воздействия и временные характеристики САУ.
6. Частотные характеристики САУ.

7. Пропорциональное (масштабное) звено.
8. Интегрирующее звено.
9. Дифференцирующее звено.
10. Инерционное (апериодическое) звено
11. Реальное дифференцирующее звено.
12. Форсирующее звено.
13. Колебательное звено.
14. Соединение линейных звеньев. Правила преобразования структурных схем.
15. Статические и астатические системы.
16. Критерий устойчивости Рауса.
17. Критерий устойчивости Гурвица.
18. Критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости.
19. Критерий устойчивости Михайлова.
20. Показатели качества переходных процессов. Интегральные оценки качества
21. Корневые и частотные критерии качества.
22. Синтез последовательных и параллельных корректирующих звеньев.
23. Структурно-параметрическая оптимизация САУ.
24. Модульный оптимум.
25. Симметричный оптимум.

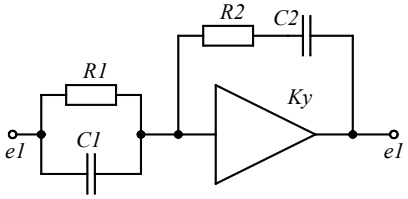
5 Вопросы к зачету для промежуточной аттестации

1. Основные виды модуляции в импульсных САУ.
2. Решетчатые функции.
3. Разностные уравнения.
4. Z-преобразование (преобразование Лорана).
5. Дискретное преобразование Лапласа (D-преобразование).
6. Подстановка Тастина (билинейное преобразование).
7. Спектр сигнала.
8. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье.
9. Частота дискретизации. Теорема Котельникова.
10. Интерполяционная формула Котельникова-Шеннона.
11. Наложение спектров (алиасинг).
12. Импульсная и переходная характеристики дискретной САУ.
13. Частотные характеристики дискретных САУ.
14. Критерии устойчивости цифровых систем.
15. Устойчивость “в малом” и “в большом”.
16. Критерий Ляпунова.
17. Цифровые регуляторы в непрерывных системах.
18. Экстраполятор нулевого порядка.
19. Экстраполятор первого порядка.
20. Цифровые фильтры и их параметры.

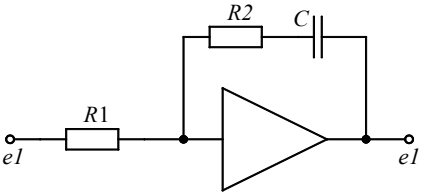
21. КИХ-фильтры.
22. БИХ-фильтры.
23. Фильтр Чебышева.
24. Фильтр Баттерворта.
25. Эллиптические фильтры.

6 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

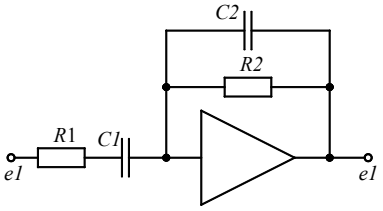
1 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства на базе операционного усилителя, представленного на рисунке, если R1=4,7 кОм; C1=500 пФ; R2=3,3 Ом; C2=50 мкФ.



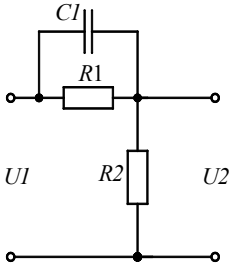
2 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства на базе операционного усилителя, представленного на рисунке, если R1=10 кОм; R2=0,47 Ом; C2=600 мкФ.



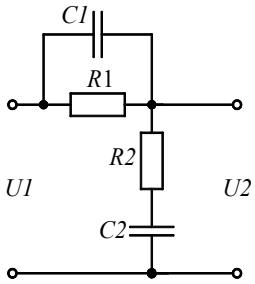
3 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства на базе операционного усилителя, представленного на рисунке, если R1=22 кОм; C1=600 нФ; R2=0,27 Ом; C2=0,3 мкФ.



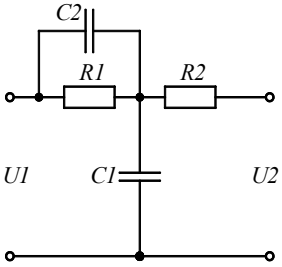
4 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке, если R1=R2=470 Ом; C1=30 мкФ.



5 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке, если R1=47 Ом; C1=100 пФ; R2=3,3 кОм; C2=160 мкФ.



6 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке, если R1=4,7 кОм; C1=500 пФ; R2=3,3 Ом; C2=50 мкФ.



7 В окрестности точки установившегося режима *x=-0.33* линеаризуйте с использованием ряда Тейлора нелинейное уравнение цепи $y=\frac{1}{x}$. Запишите линеаризованное уравнение в общем и численном виде. Приведите графическую интерпретацию.

8 В окрестности точки установившегося режима *x=5* линеаризуйте с использованием ряда Тейлора нелинейное уравнение цепи *y*=ln*x*. Запишите линеаризованное уравнение в общем и численном виде. Приведите графическую интерпретацию.

9 В окрестности точки установившегося режима *x=2* линеаризуйте с использованием ряда Тейлора нелинейное уравнение цепи $y=e^x$. Запишите линеаризованное уравнение в общем и численном виде. Приведите графическую интерпретацию.

10 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{0,2(0,25p+1)}{p^2(0,8p+1)(0,02p+1)}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

11 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{23(0,01p+1)}{p(0,08p+1)(0,3p+1)}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

12 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{100(0{,}3p+1)}{(1{,}32p+1)^2(0{,}07p+1)^2}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

13 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{25(p+1)}{p(10p+1)(0{,}15p+1)^2}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

14 По заданной передаточной функции разомкнутой системы $W(p)=\frac{e^{-0.3p}}{p(0.6p+1)^2}$ построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой и замкнутой единичной ООС систем.

15 Используя критерий Гурвица, определить устойчивость замкнутой обратной связью с коэффициентом 0,05 системы, передаточная функция которой в разомкнутом состоянии имеет вид: $W(p)=\frac{22}{p(0{,}032p+1)(0{,}14p+1)+22}$. Найти критический коэффициент усиления.

16 Передаточная функция замкнутой системы имеет вид $W_3(p)=\frac{0{,}6}{0{,}06p^3+0{,}5p^2+0{,}3p+1}$. Определить устойчивость системы по критерию Рауса.

17 Передаточная функция разомкнутой системы имеет вид $W_3(p)=\frac{23}{0{,}06p^3+0{,}5p^2+0{,}3p+1}$. Определить устойчивость замкнутой отрицательной обратной связью системы по критерию Гурвица, если коэффициент ООС составляет 0,2.

18 Передаточная функция разомкнутой системы имеет вид $W(p)=\frac{k}{(T_1^2p^2+2\xi T_1p+1)(T_3p+1)}$, где T_1=0.03с, T_2=0.16 с, T_3=0.01с, ξ=0.707. Используя критерий устойчивости Михайлова, определить критическое значение коэффициента усиления разомкнутой системы $K_{кр}$, при котором замкнутая система находится на границе устойчивости. Определить устойчивость САУ при K=22.

19 Определить устойчивость замкнутой единичной ООС системы, передаточная функция которой в разомкнутом состоянии имеет вид $W(p)=\frac{200(1+0.03p)}{(1+0.2p)(1+0.04p)}$.

20 Передаточная функция разомкнутой САУ имеет вид $W_p(p)=\frac{K(1+\tau\cdot p)}{p(-1+Tp)}$ где K=2; τ=0.1; T=0.5. Используя критерий Найквиста,

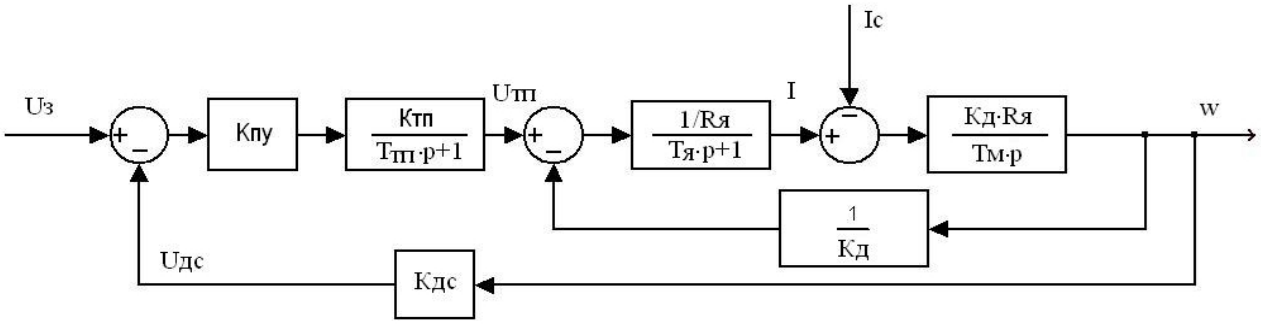
определить устойчивость замкнутой системы, если коэффициент ООС равен 0,4.

21 Определить (по любому известному критерию) устойчивость замкнутой системы, если известно, что передаточная функция разомкнутой системы имеет вид $W_p(p)=\frac{0{,}12p}{0{,}04p^2+0{,}15p+1}$, а передаточная функция звена ООС $W_{oc}(p)=\frac{1}{0{,}08p+1}$.

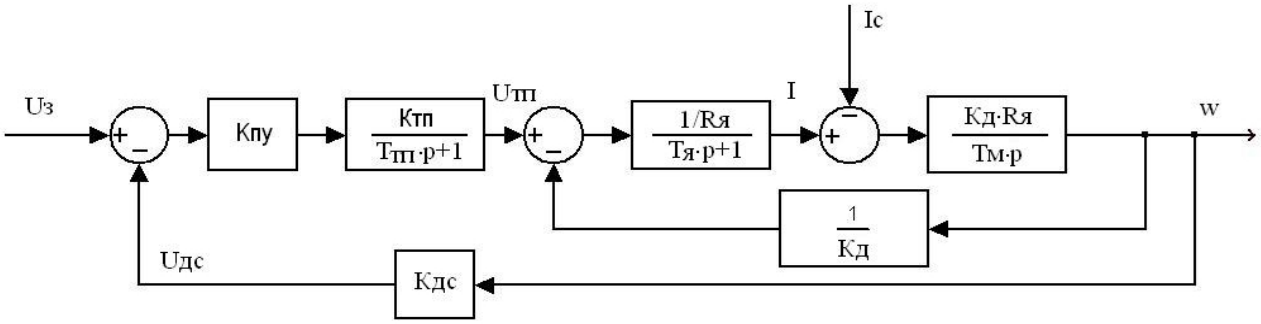
22 Определить (по любому известному критерию) устойчивость САУ с передаточной функцией $W_p(p)=\frac{5}{0{,}001p^3+0{,}012p^2+0{,}2p+1}$, замкнутой ПОС с передаточной функцией $W_{oc}(p)=\frac{1}{0{,}01p}$.

23 Определить (по любому известному критерию) устойчивость САУ с передаточной функцией $W_p(p)=\frac{0{,}7}{0{,}015p^3+0{,}02p^2+0{,}8p+1}$, замкнутой ООС с передаточной функцией $W_{oc}(p)=\frac{1}{0{,}04p^2}$.

24 Рассчитать передаточные функции регуляторов для внутреннего и внешнего контуров системы, показанной на рисунке, если требуется обеспечение модульного оптимума во внутреннем контуре и симметричного оптимума во внешнем. Параметры звеньев схемы: Тя=0,038 с; Тм=**0,145 с; Rя=0,08 Ом; Кд=0,31 (рад/с)/В; Кдс=0,978 В/(рад/с);** $\omega_{ном}$**=65 рад/с; Iян=170 А; kдт=0,0**2 В/А; Uян=220 В; Ттп=0,01 с; kтп=22.



25 Рассчитать передаточные функции регуляторов для внутреннего и внешнего контуров системы, показанной на рисунке, если требуется обеспечение модульного оптимума во внутреннем контуре и смодульного оптимума во внешнем. Параметры звеньев схемы: Тя=0,04 с; Тм=**0,17 с; Rя=0,21 Ом; Кд=**0,35 **(рад/с)/В; Кдс=0,0866 В/(рад/с);** $\omega_{ном}$**=71 рад/с; Iян=85 А; kдт=0,0**4 В/А; Uян=230 В; Ттп=0,001 с; kтп=44.



7 Выполнение курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Варианты исходных данных и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед началом работы над курсовой работой обучающийся знакомится с графиком ее выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

Задание на курсовую работу:

Для линейной САУ, заданной структурной схемой и численными значениями параметров, для реализации необходимых показателей качества управления требуется:

1. Найти передаточные функции в разомкнутом состоянии, в замкнутом состоянии – по управляющему и возмущающему воздействиям, а также передаточные функции по ошибке.

2. Исходя из заданной точности (допустимой ошибки δ,%) и требуемого диапазона регулирования (D) определить необходимый коэффициент усиления разомкнутой системы ($Кр_{треб}$), рассчитать коэффициент передачи промежуточного усилителя Кпу. При всех дальнейших расчетах учитывать полученное значение коэффициента Кпу.

3. Исходя из индивидуального варианта, определить устойчивость САУ двумя критериями (аналитическим и частотным).

4. Определить критический коэффициент усиления (например, на основе метода корневого годографа). Установить влияние коэффициента усиления разомкнутой (Кр) САУ на ее устойчивость.

5. Построить диаграмму Боде для исходной САУ и на основании ее анализа привести обоснованные выводы о динамических и статических свойствах исследуемой САУ.

6. Синтезировать корректирующее устройство, обеспечивающее требуемые показатели качеств системы. Провести синтез

последовательной и параллельной коррекции, определить передаточные функции корректирующих устройств (КУ), выбрать схемную реализацию КУ, рассчитать их параметры. При синтезе КУ пользоваться методом асимптотических ЛАХ. При построении желаемой ЛАХ ее частоту среза $\omega_{ср}$ определить, ориентируясь на заданное быстродействие ($t_{пп}$) и перерегулирование ($\sigma = 25\%$).

7. Для каждого из рассчитанных КУ определить передаточную функцию скорректированной разомкнутой САУ и определить (пользуясь программой MATLAB) фактические запасы устойчивости скорректированной САУ.

8. Для исходной нескорректированной САУ провести структурно-параметрический синтез регуляторов, ориентируясь на заданные показатели качества. Определить передаточные функции регуляторов, предложить схемную реализацию, рассчитать параметры регуляторов.

Провести последовательную оптимизацию контуров подчиненного регулирования, организовав внутренний контур регулирования тока якоря двигателя, а внешний контур – регулирования скорости.

8. Построить переходный процесс скорректированной системы при единичном входном воздействии для трех случаев: 1) для одноконтурной САУ ЭП с последовательной коррекцией; 2) для САУ с корректирующей обратной связью (с встречно-параллельной коррекцией); 3) для САУ, построенной в соответствии с принципами структурно-параметрической оптимизации. Определить показатели качества регулирования скорректированной САУ. Сравнить полученные показателей качества для различных видов коррекции, а также сложность реализации используемых корректирующих устройств.

8 Вопросы к защите курсовой работы

1. Контуры системы.
2. Входные и выходные координаты системы; управляющие и возмущающие воздействия;
3. Уравнение замыкания системы;
4. Характеристическое уравнение системы, его корни;
5. Критерий устойчивости Гурвица;
6. Критерий устойчивости Рауса;
7. Критерий устойчивости Михайлова;
8. Критерий устойчивости Найквиста;
9. Суждение об устойчивости системы по диаграмме Боде;
10. Запасы устойчивости системы;
11. Перерегулирование, время переходного процесса и колебательность системы;
12. Статизм и астатизм системы;
13. Малая некомпенсируемая постоянная времени системы;

14. Постоянные времени системы и их влияние на вид переходного процесса;
15. Расчет последовательного корректирующего устройства;
16. Активные и пассивные корректирующие устройства;
17. ПИ-регулятор, его свойства;
18. Модульный оптимум;
19. Фильтр Баттерворта;
20. Симметричный оптимум;
21. Показатели качества переходных процессов скорректированной САУ;
22. Сравнительный анализ способов коррекции САУ.
23. Определение скорости нарастания сигнала по графику переходного процесса.

9 Задачи к зачету для промежуточной аттестации

1 Определить разностное уравнение дискретной модели системы, описываемой дифференциальным уравнением $0{,}03\frac{d^3y(t)}{dt^3}+0{,}2\frac{d^2y(t)}{dt^2}-1{,}3\frac{dy(t)}{dt}=x(t)$.

2 Определить разностное уравнение дискретной модели системы, описываемой дифференциальным уравнением $0{,}04\frac{d^4y(t)}{dt^4}-0{,}13\frac{d^3y(t)}{dt^3}+0{,}8\frac{dy(t)}{dt}=3x(t)+0{,}9\frac{dx(t)}{dt}$.

3 Определить разностное уравнение дискретной модели системы, описываемой дифференциальным уравнением $0{,}0125\frac{d^4y(t)}{dt^4}+0{,}04\frac{d^3y(t)}{dt^3}+0{,}56\frac{d^2y(t)}{dt^2}+4\frac{dy(t)}{dt}=0{,}15x(t)-0{,}5\frac{dx(t)}{dt}+0{,}1\frac{d^2x(t)}{dt^2}$.

4 Получить z-передаточную функцию системы с дифференциальным уравнением $0{,}8\frac{d^3y(t)}{dt^3}+1{,}2\frac{d^2y(t)}{dt^2}+1{,}9\frac{dy(t)}{dt}=4x(t)$.

5 Получить z-передаточную функцию системы с дифференциальным уравнением $0{,}03\frac{d^3y(t)}{dt^3}+0{,}2\frac{d^2y(t)}{dt^2}-1{,}3\frac{dy(t)}{dt}=x(t)$.

6 Получить z-передаточную функцию системы с дифференциальным уравнением $0{,}04\frac{d^4y(t)}{dt^4}-0{,}13\frac{d^3y(t)}{dt^3}+0{,}8\frac{dy(t)}{dt}=3x(t)+0{,}9\frac{dx(t)}{dt}$.

8 Получить z-передаточную функцию системы с дифференциальным уравнением

$$0{,}0125\frac{d^4y(t)}{dt^4}+0{,}04\frac{d^3y(t)}{dt^3}+0{,}56\frac{d^2y(t)}{dt^2}+4\frac{dy(t)}{dt}=0{,}15x(t)-0{,}5\frac{dx(t)}{dt}+0{,}1\frac{d^2x(t)}{dt^2}.$$

9 Определить разностное уравнение ПИ-регулятора с коэффициентом передачи 1,8 и постоянной времени 0,15 с.

10 Определить разностное уравнение ПИ-регулятора с коэффициентом передачи 13 и постоянной времени 0,8 с.

11 Определить разностное уравнение ПИ-регулятора с коэффициентом передачи 0,16 и постоянной времени 0,02 с.

12 Определить разностное уравнение колебательного звена с коэффициентом передачи 3,1, постоянной времени 0,35 с и коэффициентом демпфирования 0,1.

13 Определить разностное уравнение колебательного звена с коэффициентом передачи 10, постоянной времени 0,12 с и коэффициентом демпфирования 0,5.

14 Определить разностное уравнение колебательного звена с коэффициентом передачи 9, постоянной времени 0,07 с и коэффициентом демпфирования 0,707.

15 Определить разностное уравнение апериодического звена второго порядка с постоянными времени 0,2 с и 0,3 с и суммарным коэффициентом передачи 10.

16 Определить разностное уравнение апериодического звена второго порядка с постоянными времени 0,1 с и 0,35 с и суммарным коэффициентом передачи 0,8.

17 Определить разностное уравнение апериодического звена второго порядка с постоянными времени 0,03 с и 0,9 с и суммарным коэффициентом передачи 25.

18 Определить разностное уравнение звена реального дифференцирования с фильтром первого порядка с постоянной времени 0,12 и коэффициентом передачи 15.

19 Определить разностное уравнение звена реального дифференцирования с фильтром первого порядка с постоянной времени 0,8 и коэффициентом передачи 0,3.

20 Определить разностное уравнение звена реального дифференцирования с фильтром второго порядка с постоянными времени 0,1 с и 0,35 с и суммарным коэффициентом передачи 0,8.

21 Определить разностное уравнение звена реального дифференцирования с фильтром второго порядка с постоянными времени 0,2 с и 0,3 с и суммарным коэффициентом передачи 10.

22 Определить z-передаточную функцию ПИ-регулятора с коэффициентом передачи 1,8 и постоянной времени 0,15 с.

23 Определить z-передаточную функцию колебательного звена с коэффициентом передачи 3,1, постоянной времени 0,35 с и коэффициентом демпфирования 0,1.

24 Определить z-передаточную функцию апериодического звена второго порядка с постоянными времени 0,2 с и 0,3 с и суммарным коэффициентом передачи 10.

25 Определить z-передаточную функцию звена реального дифференцирования с фильтром второго порядка с постоянными времени 0,1 с и 0,35 с и суммарным коэффициентом передачи 0,8.