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

Микропроцессорные системы управления электроприводов

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

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: c7fcee22ea712e8a9d62ca0595e78e8dabbfaa85
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 4 июня 2025 г. по 26 августа 2026 г.
Дата и время: 02-05-2026 09:05:57 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– углубленное изучение свойств и особенностей микропроцессорных систем управления электромеханическими преобразователями энергии, позволяющих рассчитывать, компоновать и эффективно использовать микропроцессорные средства на основе однокристальных микроконтроллеров для автоматизации систем управления электроприводов.

Задачами учебной дисциплины являются:

– изучение современной элементной базы, включая датчики состояния координат электродвигателей и приводимых в движение механизмов;;

– применение микропроцессорных средств в электроприводах в составе оборудования современных электро- и энергосберегающих технологий, рациональной их эксплуатации.

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

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

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Промышленные контроллеры;

– Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и комплексов;

– Основы микропроцессорной техники;

– Моделирование электротехнических устройств и систем.

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

– Преддипломная практика;

– Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Профессиональные компетенции

Наименование категории	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора	Планируемые результаты

(группы) ПК		достижения ПК	обучения
	ПК-1: Способен принимать участие в предпроектном обследовании оборудования и подготовке технико-экономического обоснования создания системы электропривода	ПК-1.1 Определяет необходимые исходные данные для проведения обследования и подготовки обоснования создания системы электропривода	– знать: основные цели, задачи, стадии и этапы проектирования систем управления современных электроприводов переменного и постоянного тока. – уметь: использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ, основные принципы синтеза, анализа, верификации полученных данных.
		ПК-1.2 Определяет характеристики оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, и подготавливает технико-экономическое обоснование создания системы электропривода	– знать: принципы и методы проектирования цифровых систем управления. – уметь: использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ.
		ПК-1.3 Подготавливает материалы для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	– знать: требования Правил устройства электроустановок, СНиП, государственных стандартов, показатели качества к современным системам управления. – уметь: соблюдать при проектировании различные технические, энергосберегающие

			и экологические требования.
	ПК-2: Способен подготавливать текстовую и графическую части эскизного и технического проектов системы электропривода	ПК-2.1 Проводит сбор информации по существующим техническим решениям системы электропривода	– знать: требования к технической документации в общем и техническому задания в частности. – уметь: правильно составить техническое задание.
		ПК-2.2 Выбирает оптимальные технические решения для разработки отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	– знать: современные системы управления электроприводами с использованием программируемых контроллеров и промышленных компьютеров. – уметь: использовать при проектировании сложных объектов стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, осуществлять патентный поиск для определения конкурентного электрооборудования.
		ПК-2.3 Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	– знать: современные типовые решения в области автоматизации электроприводов отечественных и иностранных производителей. – уметь: оценивать электрооборудование для использования в проекте по критериям «цена-качество».

	ПК-4: Способен участвовать в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования	ПК-4.1 Выбирает методы проверки вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования	– знать: принципы проверки измерительного, диагностического, электротехнического оборудования. – уметь: применять для проверки различные технические средства.
		ПК-4.3 Выбирает программные средства для проведения испытаний различного электроэнергетического и электротехнического оборудования	– знать: принципы работы и характеристики программных средств, используемых в приборах или электроустановках. – уметь: применять для наладки программных средств специальные устройства (программаторы, пульты управления, микропроцессорную технику), а также специализированные программы, рекомендованные заводом-изготовителем программных средств.

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***	***8 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***144***	*144*
	зачетных единиц	***4***	*4*
Лекции, *академ. час.*		***28***	*28*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***42***	*42*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***56***	*56*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***18***	*18*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Введение. Основные понятия (Термины и определения. Данные и информация. Информационные подсистемы. Подсистема сбора данных. Сбор данных в реальном времени о текущем состоянии объекта.);

Раздел 2 Методы создания моделей объектов и систем (Модель объекта в уравнениях состояния, в передаточных функциях и структурных схемах. Преобразование аналоговых объектов в эквивалентные цифровые. z-передаточные функции. Преобразование z-передаточных функций в разностные уравнения.);

Раздел 3 Методы синтеза цифровых регуляторов микропроцессорных систем (Синтез аналоговых регуляторов многоконтурных систем. Синтез цифровых регуляторов микропроцессорных систем по аналоговому прототипу. Промышленный ПИД-регулятор.);

Раздел 4 Современные датчики (Подсистема сбора данных о состоянии объекта. Датчики: напряжения, тока, скорости, положения механизма, температуры, давления. Предварительная обработка сигналов датчиков. Задающие и командные устройства в микропроцессорных системах. Интерфейсы.);

Раздел 5 Алгоритмы и программирование регуляторов для управления электроприводами (Определение частоты дискретизации. Управление тиристорным преобразователем с аналоговым входом, управление с прямой генерацией управляющих импульсов тиристоров. Управление ШИП преобразователями. Пропорциональный регулятор, ПИ-регулятор. Алгоритм ограничения координат электропривода.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Введение. Основные понятия	4	
Раздел 2.	Методы создания моделей объектов и систем	6	
Раздел 3.	Методы синтеза цифровых регуляторов микропроцессорных систем	6	
Раздел 4.	Современные датчики	6	
Раздел 5.	Алгоритмы и программирование регуляторов для управления электроприводами	6	
Итого:		**28**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 2.	Синтез и исследование микропроцессорных регуляторов в замкнутых системах с использованием Matlab-Simulink	21	
Раздел 5.	Изучение микропроцессорного устройства управления с широтно-импульсным преобразователем средствами Matlab	21	
Итого:		**42**	**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
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**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. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	12	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	11	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	11	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	12	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	18	
Итого:		**74**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-1; ПК-2;	1. Наблюдение за работой на практическом занятии;

	ПК-4	2. Отчет о практической работе; 3. Тестовые задания
Раздел 3.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Тестовые задания
Раздел 4.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Тестовые задания
Раздел 5.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Тестовые задания
Экзамен.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Экзамен на основе результатов текущего контроля

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 – 10 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО СибГИУ.

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1 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
86 до 100	«отлично»
от 67до 85	«хорошо»
от 50 до 66	«удовлетворительно»
менее 50	«неудовлетворительно»

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.

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 СибГИУ.

Формы проведения текущего контроля – наблюдение за работой на практическом занятии; отчет о практической работе; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование (бланковое или компьютерное с использованием СУО СибГИУ) проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня умений и знаний 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 (бланковое или компьютерное с использованием СУО СибГИУ) проводится на практическом занятии или в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Перед тестированием обучающийся должен быть ознакомлен с правилами тестирования и критериями оценки. Длительность тестирования

определяется количеством вопросов в тестовом задании (как правило, 10 – 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины): для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1-2 минуты.

При проведении текущего контроля в виде тестирования обучающемуся, как правило, предлагаются вопросы следующих типов:

– выбор только одного ответа. Обучающийся выбирает один из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл;

– выбор одного или нескольких ответов. Обучающийся вправе выбрать любое непустое множество ответов. За каждый правильный ответ обучающийся получает определенное количество баллов (суммарная оценка всех правильных ответов на вопрос – 1 балл). При выборе хотя бы одного неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов;

– введение «короткого ответа» или «числового ответа». Обучающийся должен однозначно сформулировать требуемый ответ. В случае ввода неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл;

– установление соответствия (ответ на каждый из нескольких вопросов должен быть выбран из списка возможных). Обучающемуся необходимо сопоставить друг другу несколько вариантов ответов. За каждый правильный ответ обучающийся получает 0,5 балла (итоговая оценка ответов на вопросы суммируется). При выборе хотя бы одного неправильного ответа обучающийся получает за данный блок вопросов 0 баллов;

– выбор пропущенных слов предполагает, что пропущенные слова в тексе заполняются с помощью выпадающего меню. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл;

– «*перетаскивание на изображение*» (изображение или текст необходимо «перетащить» в зону на фоновом изображении), «*перетаскивание в текст*» (пропущенные слова в тексе заполняются с помощью перетаскивания) или «*перетаскивание маркеров*» (маркеры «перетаскиваются» на фоновое изображение). В случае хотя бы одного неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
86 до 100	«отлично»
от 67 до 85	«хорошо»
от 50 до 66	«удовлетворительно»
менее 50	«неудовлетворительно»

12.2.2 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).

Система оценивания двухуровневая.

Оценку «*зачтено*» получает обучающийся если он выполнил указанную в методических указаниях последовательность действий, получил результат, при выполнении практической работы проявил активность, самостоятельность; выделенное время использовал рационально.

Оценку «*не зачтено*» получает обучающийся, который не умеет самостоятельно работать с методическими указаниями, не может правильно выполнить указанную последовательность действий, не рационально использует отведенное время, Оценка «*не зачтено*» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

12.2.3 Рекомендации по оцениванию отчета о практической работе

Оформление отчета о проделанной практической работе обучающиеся осуществляют по итогам выполнения работы. Требования к содержанию отчета содержатся в методических указаниях.

Критерии оценки отчета о практической работе:

– правильность выполнения работы (учитывается полнота отчета о практической работе, наличие всех необходимых данных, наличие выводов, наличие ошибок и неточностей);

– аккуратность оформления отчета о практической работе.

Система оценивания двухуровневая.

Оценку «*зачтено*» получает обучающийся если он подготовил отчет о практической работе в котором: задание выполнено без

серьезных ошибок и оформлено в соответствии с требованиями (без серьезных недочетов), содержание раскрывает тему задания.

Оценку «*не зачтено*» получает обучающийся, который представил отчет о практической работе не соответствующий требованиям, содержащий ошибки в расчетах, выводах. Оценка «*не зачтено*» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

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

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Микропроцессорные системы управления электроприводами и технологическими комплексами : учебное пособие / Г. М. Симаков, А. М. Бородин, Д. А. Котин, Ю. В. Панкрац. – Москва : НГТУ, 2016. – 116 с. – ISBN 978-5-7782-2989-1. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229891.html (дата обращения: 23.04.2026);

2 Симаков, Г. М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе : учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац. – Москва : НГТУ, 2013. – 211 с. – ISBN 978-5-7782-2210-6. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778222106.html (дата обращения: 23.04.2026);

3 Мелешин, В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников. – Москва : Техносфера, 2011. – 576 с. – ISBN 978-5-94836-260-1. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948362601.html (дата обращения: 23.04.2026);

4 Шапкарина, Г. Г. Преобразование и передача технологической информации в системах управления. Ч. 1. Преобразование технологической информации в системах управления : учебное пособие / Г. Г. Шапкарина. – Москва : МИСиС, 2004. – 81 с. – ISBN 2227-8397-2004-02. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/2227-8397-2004-02.html (дата обращения: 23.04.2026);

5 Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления. Основные понятия и описание цифровых систем управления. Ч. 1 : учебное пособие / Г. Г. Шапкарина. – Москва : МИСиС, 2009. – 63 с. – ISBN 2227-8397-2009-08. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/2227-8397-2009-08.html (дата обращения: 23.04.2026);

6 Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления. Анализ и синтез цифровых систем управления. Ч. 2 : учебное пособие / Г. Г. Шапкарина. – Москва : МИСиС, 2009. – 143 с. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/Misis_441.html (дата обращения: 23.04.2026).

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;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;

– Notepad++;
– OnlyOffice;
– Scilab;
– Р7-Офис.

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 семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- 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):

старший преподаватель Борщинский Максим 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

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1. Какие из перечисленных ниже видов управления:

1) программное управление; 2) адаптивное управление; 3) цифровое управление; 4) стабилизация; 5) терминальное управление; 6) автоматическое управление; 7) финитное управление; 8) экстремальное управление не относятся к типовым задачам управления?

а) 1, 2, 3;
б) 6, 7, 8;
в) 2, 3, 4;
г) 2, 3, 6.

2. 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.

3. Линейной или нелинейной является система с входной координатой x и выходной y, описываемая следующим ДУ:

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

а) Система линейная;
б) Система нелинейная;
в) Система импульсная;
г) Система дискретная.

4. Определите изображение по Лапласу X(p) сигнала x(t)=a·1(t)

а) X(p)=1,
б) X(p)=ap,,
в) X(p)=a/p,
г) X(p)=a/p2.

5. Определите изображение по Лапласу X(p) сигнала $x(t) = \sin wt$

а) $X(p)=\dfrac{1}{p^2+\omega^2}$;

б) $X(p)=\dfrac{1}{p^2-\omega^2}$;

в) $X(p)=\dfrac{\omega}{p^2+\omega^2}$;

г) $X(p)=\dfrac{\omega}{p+\omega}$.

6. Что называется передаточной функцией линейной стационарной непрерывной системы с одним входом и одним выходом?

а) отношение выходного сигнала к входному;

б) отношение изображения по Лапласу входного сигнала к изображению по Лапласу выходного сигнала;

в) отношение изображения по Лапласу выходного сигнала к изображению по Лапласу входного сигнала;

г) отношение изображения по Лапласу выходного сигнала к изображению по Лапласу входного сигнала при нулевых начальных условиях.

7. Определите передаточную функцию системы, описываемой следующим дифференциальным уравнением:

$$T^2\frac{d^2y}{dt^2}+y=kx$$

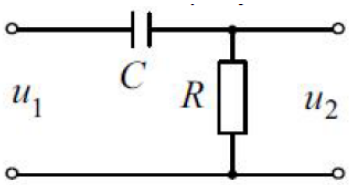
а) $W(p)=\dfrac{k}{\left(T^2p^2+1\right)}+y_0(p)+y_0$;

б) $W(p)=\dfrac{k}{\left(T^2p^2+1\right)}+y_0(p)$;

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

г) $W(p)=\dfrac{k}{Tp+1}$;

8. Какой передаточной функцией обладает пассивный четырехполюсник,



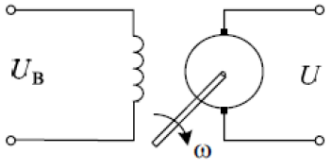
а) $W(p) = e^{-\tau p}$;

б) $W(p) = \dfrac{Cp+1}{Rp+1}$;

в) $W(p) = \dfrac{Tp}{Tp+1}$;

г) $W(p) = \dfrac{R/Cp}{Cp}$

9. Какой передаточной функцией описывается тахогенератор, представленный на рисунке?



а) $W(p) = k$

б) $W(p) = \dfrac{k}{p}$,

в) $W(p) = \dfrac{k}{Tp+p}$,

г) $W(p) = kp$.

10. Какова связь между амплитудно-частотной характеристикой системы и ее передаточной функцией?

а) $A(\omega) = |W(p)|;\ \ p \to j\omega$;

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

в) $A(\omega) = \mathrm{Im}(W(p));\ \ p \to j\omega$;

г) $A(\omega) = 20\lg(\mathrm{Re}(W(p)));\ \ p \to j\omega$

11. Впишите недостающее слово в определение:

«*Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) линейной стационарной системы определяется как модуль _____ функции.*»

Ответ запишите одним словом, прилагательным в именительном падеже.

12. Впишите недостающее слово в определение:

«*Система стабилизации предназначена для поддержания _____ значения регулируемой величины.*»

Ответ запишите одним словом, прилагательным в именительном падеже.

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

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, отведённых на самостоятельную работу обучающихся, в СУО СибГИУ.

Перечень вопросов для тестирования:

Раздел 1. Введение. Основные понятия

1. (Одиночный выбор) Что из перечисленного является ОТЛИЧИТЕЛЬНОЙ особенностью архитектуры встраиваемых микроконтроллеров?
а) Наличие мощного радиатора для отвода тепла
б) Размещение всех необходимых ресурсов (память, ввод/вывод) на одном кристалле с ядром
в) Поддержка работы с числами с плавающей запятой на аппаратном уровне
г) Возможность подключения внешнего монитора и клавиатуры

2. (Множественный выбор) Какие компоненты обычно входят в состав встраиваемого микроконтроллера? (Выберите все подходящие варианты)
а) Схема начального запуска (Reset)
б) Таймеры для подсчета командных циклов
в) Устройства индикации (дисплеи)
г) Память программ

3. (Одиночный выбор) К какому типу относятся процессоры с сокращенным набором команд?
а) CISC-процессоры
б) RISC-процессоры
в) Процессоры с Принстонской архитектурой
г) Мультипроцессоры

4. (Одиночный выбор) Какую основную функцию выполняет подсистема сбора данных?
а) Формирует широтно-импульсный сигнал для двигателя
б) Фиксирует текущее состояние объекта управления с помощью датчиков
в) Обеспечивает графический интерфейс для оператора
г) Хранит архив значений управляющих сигналов

5. (Ввод числа) В среде MATLAB была задана передаточная функция: tf([85 1]). Запишите эту передаточную функцию в привычном математическом виде (в формате: W = ...)?

6. (Ввод текста) Закончите определение: «Совокупность правил (предписаний), определяющих процесс преобразования информации для получения требуемого результата, называется...» (Ответ дайте в именительном падеже).

7. (Ввод текста) В контексте микропроцессорных систем управления, как называется подсистема, обеспечивающая взаимодействие с пользователем (ввод заданий, отображение состояния)?_____

8. Сопоставьте термин с его определением.

1. Данные
2. Алгоритм
3. Информационная подсистема

А. Совокупность правил обработки информации
Б. Часть системы, отвечающая за взаимодействие с оператором или внешней средой
В. Совокупность сигналов, несущих сведения о состоянии процесса

9. Сопоставьте тип архитектуры с его признаком.

1. Гарвардская архитектура
2. Принстонская архитектура (фон Неймана)

А. Использует общую шину и общее адресное пространство для команд и данных
Б. Использует раздельные шины и физически разделенную память для команд и данных

10. Сопоставьте параметр с его требованием к сбору данных в реальном времени.

1. Временная задержка
2. Точность
3. Форма представления

А. Должна быть минимальной и предсказуемой (ограниченной)
Б. Должна быть высокой для адекватного отражения процесса
В. Дискретная (цифровой код)

Раздел 2. Методы создания моделей объектов и систем

1. (Одиночный выбор) Какая из следующих моделей НЕ является математическим описанием объекта управления?
а) Передаточная функция
б) Структурная схема
в) Разностное уравнение
г) Модель в пространстве состояний

2. (Одиночный выбор) Что такое z-передаточная функция?
а) Преобразование сигнала из временной области в частотную
б) Математическая запись передаточной функции системы в дискретной области
в) Результат применения преобразования Лапласа к импульсной характеристике
г) Отношение входного сигнала к выходному в дифференциальной форме

3. (Одиночный выбор) Какое утверждение о моделях систем управления является верным?
а) Модели должны точно отражать все физические процессы объекта
б) Модели используются для упрощения анализа и синтеза систем управления
в) Модели не учитывают ограничений, накладываемых реальной системой
г) Аналоговые модели точнее цифровых

4. (Ввод текста) Для того чтобы преобразовать передаточную функцию в разностное уравнение, необходимо применить обратное z-преобразование. На чем основано это преобразование? (Ответ: на теореме запаздывания/теореме смещения)

5. (Ввод текста) Как называется метод преобразования непрерывной передаточной функции в дискретную, суть которого заключается в разложении функции W(p)/p на простые дроби с последующим использованием таблиц соответствия?

6. (Ввод числа) Дана Z-передаточная функция: Y(z)/X(z) = (2z) / (z - 0.5). Запишите разностное уравнение, связывающее выход y[n] и вход x[n] (в форме y[n] = ...). Коэффициенты округлить до десятых. (Примерный вид ответа: y[n] = A*x[n]* + *B*y[n-1]).

7. Сопоставьте этап с его описанием в процедуре преобразования непрерывной ПФ в Z-ПФ.

1. Деление на p
2. Разложение на простые дроби
3. Умножение на (1 - 1/z)

А. Подготовка для использования таблиц Z-преобразований
Б. Учет наличия экстраполятора нулевого порядка на входе
В. Переход от изображения Лапласа к модифицированному изображению для последующего перехода в z-область

8. Сопоставьте этап с его описанием в процедуре преобразования Z-ПФ в разностное уравнение.

1. Умножение числителя и знаменателя на z^{-n}
2. Применение обратного z-преобразования
3. Разрешение уравнения относительно y[n]

А. Использование теоремы запаздывания
Б. Переход от полиномов от z к рекуррентной формуле
В. Переход к степеням z с отрицательными показателями

9. Сопоставьте тип нелинейности с ее графическим признаком.

1. Реле с гистерезисом
2. Насыщение (ограничение)
3. Зона нечувствительности

А. Сигнал на выходе появляется только при превышении входом определенного порога
Б. Выходной сигнал имеет два устойчивых состояния, переключение происходит при разных уровнях входа
В. Выходной сигнал линейно растет до определенного предела, после чего остается постоянным

10. Сопоставьте математическое описание с его областью применения.

1. Уравнения состояния
2. Передаточная функция
3. Разностное уравнение

А. Удобна для анализа частотных характеристик и синтеза регуляторов классическими методами
Б. Описывает поведение системы в дискретные моменты времени
В. Удобна для моделирования во временной области и анализа управляемости/наблюдаемости

Раздел 3. Методы синтеза цифровых регуляторов

1. (Одиночный выбор) Какова основная суть метода синтеза цифровых регуляторов по аналоговому прототипу?
а) В использовании нечеткой логики для настройки коэффициентов
б) В дискретизации уже готовой, рассчитанной аналоговой передаточной функции регулятора

в) В проектировании регулятора сразу в z-области методом модального управления
г) В замене аналоговых элементов (R, C) их цифровыми эквивалентами

2. (Одиночный выбор) Какую функцию выполняет экстраполятор нулевого порядка?
а) Ограничивает скорость нарастания сигнала
б) Фильтрует высокочастотные помехи
в) Преобразует дискретный сигнал в ступенчатый аналоговый сигнал (математическая модель ЦАП)
г) Осуществляет интерполяцию сигнала между отсчетами

3. (Множественный выбор) Какие утверждения о промышленных ПИД-регуляторах верны?
а) Интегральная составляющая устраняет статическую ошибку
б) Пропорциональный коэффициент (Kp) имеет размерность [секунды]
в) Дифференциальная составляющая может улучшить демпфирование и быстродействие
г) Они реализуются только в виде аналоговых схем на операционных усилителях

4. (Ввод числа) Передаточная функция имеет вид: y(p)/x(p) = 10. На вход подается единичный ступенчатый сигнал. Начальные условия нулевые. Чему будет равно значение выхода y на 5-й итерации (y_5), если преобразовать ПФ в цифровой алгоритм методом Эйлера? (Ответ: 10)

5. (Ввод числа) Определите значение выходной координаты на 3-й итерации (y_3). Дано: y(p)/x(p) = 7p, x(t) = 1, шаг дискретизации Δt = 1, начальные условия нулевые. Метод преобразования — Эйлера. (Ответ: 0)

6. (Ввод текста) Как называется метод дискретизации, основанный на замене производной dx/dt на (x[n] - x[n-1]) / Δt?

7. Сопоставьте составляющую ПИД-регулятора с ее основным эффектом.

1. Пропорциональная (П)
2. Интегральная (И)
3. Дифференциальная (Д)

А. Устраняет статическую ошибку
Б. Обеспечивает основное быстродействие и реагирует на текущую ошибку
В. Обеспечивает демпфирование (успокоение) и реагирует на скорость изменения ошибки

8. Сопоставьте метод дискретизации с его формулой.

1. Метод Эйлера (прямых разностей)
2. Метод Тастина (билинейное преобразование)
3. Метод обратных разностей

А. $s = (2/\Delta t) * (1 - z^{-1}) / (1 + z^{-1})$
Б. $s = (1 - z^{-1}) / \Delta t$
В. $s = (z - 1) / (\Delta t * z)$

9. Сопоставьте понятие с его описанием при синтезе регуляторов.

1. Аналоговый прототип
2. Шаг дискретизации (Δt)
3. Z-передаточная функция регулятора

А. Критический параметр, влияющий на потерю информации и устойчивость
Б. Готовый регулятор для цифровой системы, описанный в z-области
В. Непрерывный регулятор, свойства которого мы хотим воспроизвести

10. Сопоставьте этап синтеза цифрового регулятора с его содержанием.

1. Расчет аналогового регулятора
2. Выбор метода дискретизации и частоты квантования
3. Проверка цифрового регулятора в модели

А. Определение типа регулятора (П, ПИ, ПИД) и его параметров для непрерывной системы
Б. Моделирование работы замкнутой цифровой системы, оценка качества
В. Замена p на z по одной из формул (Эйлера, Тастина и др.)

Раздел 4. Современные датчики

1. (Одиночный выбор) Для измерения каких физических величин применяются термопары и термосопротивления?
а) Давления
б) Температуры
в) Уровня жидкости
г) Скорости потока

2. (Одиночный выбор) Принцип действия какого датчика основан на замыкании или размыкании контактов под воздействием магнитного поля?
а) Тактовой кнопки
б) Тензодатчика

в) Геркона
г) Пьезоэлемента

3. (Множественный выбор) Какие из перечисленных устройств НЕ являются датчиками положения?
а) Энкодер
б) Счетчик Гейгера
в) Индуктивный датчик приближения
г) Тахогенератор
д) Термопара

4. (Ввод текста) Как называется устройство, преобразующее аналоговый сигнал (непрерывное напряжение) в цифровой код (двоичное число)?

5. (Ввод текста) Какой тип датчиков (индуктивные, емкостные, оптические) чаще всего используется для бесконтактного определения положения металлических объектов?

6. (Ввод текста) Как называется предварительная обработка сигнала датчика, включающая в себя фильтрацию, усиление и масштабирование?

7. Сопоставьте тип датчика с физическим принципом его работы.

1. Тензодатчик
2. Пьезоэлектрический датчик
3. Емкостной датчик

А. Изменение емкости конденсатора при изменении взаимного расположения или площади обкладок
Б. Изменение электрического сопротивления материала при его деформации
В. Возникновение электрического заряда на поверхности кристалла при механическом воздействии

8. Сопоставьте устройство с его функцией в системе управления.

1. АЦП
2. Задающее устройство (потенциометр, энкодер)
3. Фильтр нижних частот

А. Очистка сигнала от высокочастотных помех
Б. Преобразование аналогового сигнала датчика в цифровой код для микроконтроллера
В. Задание требуемого положения, скорости или момента

9. Сопоставьте интерфейс с его типом.

1. Аналоговый интерфейс
2. Цифровой интерфейс
А. Значение передается в виде широтно-импульсного сигнала (ШИМ) или уровня напряжения 0-10В
Б. Значение передается в виде последовательности импульсов (например, инкрементальный энкодер) или по протоколам RS-485, CAN

10. Сопоставьте тип датчика радиации с его назначением.

1. Счетчик Гейгера-Мюллера
2. Сцинтилляционный детектор
А. Регистрация факта наличия радиоактивного излучения и измерение мощности дозы
Б. Определение энергии и типа частиц, спектрометрический анализ

Раздел 5. Алгоритмы и программирование регуляторов

1. (Одиночный выбор) Как расшифровывается аббревиатура ШИП в контексте управления электроприводом?
а) Широтно-импульсный преобразователь
б) Шинный измерительный прибор
в) Шаговый исполнительный привод
г) Шумоподавляющий интегральный процессор

2. (Множественный выбор) Какие особенности характерны для симметричного (двухполярного) способа управления широтно-импульсным преобразователем (ШИП)? (Выберите все подходящие варианты)
а) Удвоенная амплитуда пульсаций тока по сравнению с несимметричным
б) Более высокое быстродействие электропривода
в) Простота реализации и минимальное количество силовых транзисторов
г) Линейная характеристика управления «напряжение – скважность» в районе нуля

3. (Одиночный выбор) Чтобы сделать контур скорости электропривода астатическим к возмущающему воздействию (набросу нагрузки), необходимо:
а) Использовать П-регулятор скорости
б) Использовать ПИ-регулятор скорости
в) Установить фильтр на входе задатчика интенсивности
г) Ввести отрицательную обратную связь по току

4. (Одиночный выбор) С помощью какого программного или алгоритмического элемента можно ограничить пусковой ток двигателя, не меняя аппаратную часть?
а) Увеличение коэффициента усиления регулятора тока
б) Блок ограничения на выходе регулятора скорости (задании тока)
в) Введение дифференциальной составляющей в регулятор тока
г) Уменьшение частоты ШИМ

5. (Ввод текста) От чего в первую очередь зависит выбор частоты дискретизации (периода квантования) при управлении быстропротекающими процессами в электроприводе?

6. (Ввод текста) Какой тип регулятора обеспечивает пропорциональную связь между ошибкой управления и выходным сигналом, но не гарантирует устранения статической ошибки?

7. (Ввод числа) Рассчитайте значение на выходе пропорционального регулятора, если ошибка регулирования (e) равна 0.25, а коэффициент усиления регулятора (Kp) = 8.

8. Сопоставьте способ формирования сигнала управления тиристором с его описанием.

1. Вертикальное (фазовое) управление
2. ШИМ-управление транзистором
3. Прямая генерация импульсов

А. Изменение угла открывания тиристора путем сравнения пилообразного напряжения с управляющим сигналом
Б. Формирование программно импульсов заданной длительности и фазы без обратной связи по сети
В. Изменение скважности прямоугольных импульсов фиксированной частоты

9. Сопоставьте метод ограничения координат с его реализацией.

1. Программное ограничение
2. Аппаратное ограничение
3. Задатчик интенсивности

А. Ограничение максимального тока с помощью блока SATURATION в модели или коде
Б. Плавное изменение задания скорости, ограничивающее ускорение и, косвенно, ток
В. Использование концевых выключателей для отключения питания при достижении крайнего положения

10. Сопоставьте структурный элемент системы управления электроприводом с его назначением.

1. Блок ограничения на выходе регулятора скорости
2. ПИ-регулятор тока
3. Фильтр на входе задатчика

А. Обеспечивает астатизм и высокое быстродействие внутреннего контура

Б. Формирует сигнал задания тока, не превышающий допустимый для двигателя и преобразователя

В. Сглаживает скачки задания, защищая механическую часть от ударов

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.

Синтез и исследование микропроцессорных регуляторов в замкнутых системах

1. Откройте новое окно Simulink и выполните его настройку.
2. Синтезируйте аналоговый регулятор тока. Рассчитайте коэффициент обратной связи по току и остальные параметры системы в соответствии с Вашим вариантом. Исследуйте статические и динамические характеристики контура при управлении и возмущении. Входное воздействие введите в момент времени t=0, а воздействие по нагрузке введите после затухания переходных процессов по управлению. Для этого в блоке Step установите соответствующее время StepTime. Наблюдайте скорость, ток, напряжение тиристорного преобразователя и выход регулятора.
3. Преобразуйте аналоговый регулятор тока в эквивалентный цифровой. Не забудьте подключить экстраполятор к выходу регулятора тока. Выполните вывод в одну координатную сетку виртуального осциллографа. Сравните статические и динамические характеристики аналоговой и цифровой систем при управлении и возмущении. Исследуйте влияние периода дискретизации. Сравните характеристики при разных периодах дискретизации.
4. В аналоговом варианте системы синтезируйте аналоговый пропорциональный регулятор скорости. Рассчитайте коэффициент обратной связи по скорости. Исследуйте динамику и статику контура по управляющему и возмущающему воздействиям.
5. В аналоговом варианте системы синтезируйте аналоговый пропорционально-интегрирующий регулятор скорости. Исследуйте динамику и статику контура по управляющему и возмущающему воздействиям.
6. Преобразуйте аналоговый вариант схемы в схему с дискретными регуляторами. Выполните исследования по управлению и возмущению.

Исследуйте влияние периода дискретизации. Сравните характеристики при разных периодах дискретизации.

7. Преобразуйте аналоговый регулятор скорости в эквивалентный цифровой. Определитесь, надо ли к выходу регулятора скорости подключать экстраполятор? Постройте аналоговую и с дискретным регуляторами системы. Сравните их характеристики.

8. Составьте отчет с подробным описанием всех Ваших действий и с какой целью они выполняются. В отчет записать исходные данные, каждый пункт задания с указанием номера и порядка его выполнения. Описывать порядок сборки и настройки моделей на заданные параметры. Пояснять все действия и выполнять анализ полученных результатов. Построить переходные процессы по s и z-передаточным функциям и выполнить их сравнительную оценку, обращая внимание на уровень сигнала и его запаздывание по отношению к процессам в аналоговой системе.

Изучение микропроцессорного устройства управления с широтно-импульсным преобразователем

1. Рассчитать параметры и собрать модель двигателя в соответствии с Вашим вариантом. Проверить её работоспособность, подав на вход напряжение якоря двигателя в соответствии с заданием.

2. Построить модель одного канала управления ШИП, используя следующие элементы библиотеки Simulink: блок задания входного напряжения Step, универсальный генератор сигналов Repeatin Sequence, реле с регулируемыми разнополярными выходными напряжениями Relay, осциллограф Scope и мультиплексор Mux. Для наблюдения среднего выходного напряжения ШИП добавьте фильтр с постоянной времени Та.

3. Исследовать сигналы широтно-импульсного модулятора для периодов квантования (повторения импульсов) в пределах Т=0.01 - 0.001с. Постоянную времени фильтра задавать Та=Т, 10Т для каждого Т. Выделить область устойчивой работы ШИП. Исследовать изменение формы ипульсов при изменении входного напряжения в пределах $|U_y|<|U_{max}|$. Обратить внимание на то, что происходит, когда $|U_y|=|U_{max}|$.

5. Синтезируйте аналоговый регулятор тока. Рассчитайте коэффициент обратной связи по току. Выполните отладку. Постройте кривые переходных процессов.

6. Преобразуйте аналоговый регулятор тока в эквивалентный цифровой. Не забудьте подключить экстраполятор к выходу регулятора тока. Сравните статические и динамические характеристики аналоговой и цифровой систем.

7. В аналоговом варианте синтезируйте аналоговый регулятор скорости. Рассчитайте коэффициент обратной связи по скорости. Исследуйте динамику и статику контура.

8. Преобразуйте аналоговый регулятор скорости в эквивалентный цифровой. Определитесь, надо ли к выходу регулятора скорости подключать экстраполятор? Сравните характеристики аналоговой и цифровой систем.
9. Добавьте элементы ограничения на выходе регулятора скорости. Ограничитель на выходе регулятора тока при правильном расчете параметров контуров не требуется.
10. Создайте цифровой задатчик интенсивности. Наблюдайте процессы при разных заданиях темпа нарастания тока. Каково взаимодействие ограничение тока ограничением выходного напряжения регулятора скорости и задатчика интенсивноси.
11. Наблюдайте процессы с приложением разных уровней момента нагрузки. Нагрузку прикладывать после затухания переходных процессов. Нагрузку прикладывать одновременно с заданием на пуск.
12. Составьте отчет с подробным описанием всех Ваших действий и с какой целью.

3 Экзамен на основе результатов текущего контроля

Промежуточная аттестация может производиться на основе текущего контроля успеваемости при условии выполнения всех заданий в семестре, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.