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
информационных технологий и
автоматизированных систем
_____ А.В. Зимин
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления электроприводов

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

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 4 года 6 месяцев

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: e95695aa2c5fd4a2ad858d663abfeefbdf88f7d3
Владелец: Директор ИИТиАС Зимин Алексей Валерьевич
Действителен: с 2 апреля 2026 г. по 26 июня 2027 г.
Дата и время: 22-06-2026 09:50:58 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– освоение обучающимися принципов и методов расчета систем управления электроприводами (СУЭП).

Задачами учебной дисциплины являются:

– формирование у обучающихся знаний об основных структурах СУЭП, применяемых в промышленности;

– формирование у обучающихся навыков выбора и расчета СУЭП.

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:

– Силовая электроника;
– Преобразовательная техника;
– Основы проектной деятельности;
– Электрические машины;
– Электротехника. Общая часть;
– Электротехника. Специальная часть;
– Управление техническими системами;
– Электрические и электронные аппараты;
– Электропривод.

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

– Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и комплексов;
– Микропроцессорные системы управления электроприводов;
– 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 (группы) ПК	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемые результаты 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: исходные данные для выбора структуры СУЭП и ее расчета. – уметь: определять исходные данные для выбора структуры СУЭП и ее расчета.
		ПК-1.2 Определяет характеристики оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, и подготавливает технико-экономическое обоснование создания системы электропривода	– знать: области применения различных типов СУЭП. – уметь: выбирать структуру СУЭП в соответствии с типом и назначением системы электропривода.
		ПК-1.3 Подготавливает материалы для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	– знать: основные показатели качества, характеризующие работу СУЭП. – уметь: определять показатели качества системы электропривода.
	ПК-2: Способен подготавливать текстовую и графическую части эскизного и технического проектов системы электропривода	ПК-2.3 Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	– знать: основное оборудование, использующееся для создания СУЭП. – уметь: выбирать оборудование для СУЭП.
	ПК-3: Способен проводить экспериментальные исследования и использовать	ПК-3.1 Рассматривает возможные варианты решения задачи исследования, оценивая их	– знать: принципы моделирования СУЭП. – уметь:

	основные приемы обработки и представления полученных данных	достоинства и недостатки	осуществлять моделирование СУЭП.
		ПК-3.2 Выбирает оптимальные методики проведения исследований	– знать: принципы исследования СУЭП. – уметь: проводить исследование СУЭП.
		ПК-3.3 Использует основные приемы обработки и представления полученных данных	– знать: вид переходных процессов СУЭП. – уметь: строить и анализировать переходные процессы СУЭП.
	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: типовые настройки СУЭП, обеспечивающие стандартные показатели качества. – уметь: применять типовые настройки СУЭП, обеспечивающие стандартные показатели качества.
		ПК-4.2 Применяет современные методы испытания электроэнергетического и электротехнического оборудования	– знать: методы проверки качества регулирования в СУЭП. – уметь: применять методы проверки качества регулирования в СУЭП.

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

Сессия / курс		***ИТОГО***	***1 сессия / 4 курс***	***2 сессия / 4 курс***
Форма промежуточной аттестации				*экзамен, зачет с оценкой по КР*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***252***	*72*	*180*
	зачетных единиц	***7***	*2*	*5*
Лекции, *академ. час.*		***4***	*2*	*2*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***10***	*2*	*8*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Курсовая работа, *академ. час.*		***36***	*0*	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***193***	*68*	*125*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*		***9***	*0*	*9*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основные функции и классификация систем управления электроприводом;

Тема 1.1 Основные структуры и функции СУЭП (Электромеханическая система управления. Замкнутые и разомкнутые системы управления. Комбинированные системы управления. Типовые принципы управления.);

Тема 1.2 Релейно-контакторные системы управления электроприводом (Общее определение. Технические характеристики релейно-контакторной аппаратуры. Защиты в схемах электропривода. Блокировки и сигнализация в схемах электропривода. Управление пуском, торможением и реверсом электропривода. Стабилизация заданной величины. Следящие системы. Программное управление. Адаптивное регулирование);

Раздел 2 Показатели качества СУЭП;

Тема 2.1 Характеристики электропривода (Статические характеристики. Динамические характеристики. Точностные характеристики. Амплитудно-частотные характеристики. Амплитудно-фазовые характеристики. Определение качественных характеристик электропривода с использованием АЧХ и АФХ);

Тема 2.2 Линеаризация нелинейных СУЭП (Линеаризация нелинейных систем. Построение характеристик нелинейных систем.);

Раздел 3 Системы управления электроприводами постоянного тока;

Тема 3.1 Элементы унифицированных систем управления (Цифровая автоматика. Параметры усилителей постоянного тока и их характеристики. Реализация контурных регуляторов. Датчики, источники питания, блоки ограничения);

Тема 3.2 Расчет и определение динамических параметров СУЭП постоянного тока (Определение постоянной времени инерционного звена. Определение параметров тиристорного преобразователя и электродвигателя. Расчет параметров с использованием осциллограмм. Расчет регуляторов для различных оптимумов);

Раздел 4 Системы управления электроприводом переменного тока;

Тема 4.1 Скалярное регулирование скорости асинхронного двигателя (Т-образная схема замещения асинхронного двигателя. Расчеты основных параметров электродвигателя. Механические характеристики при регулировании при реализации закона Костенко. Повышение жесткости механических характеристик в области низких скоростей. IR- и IZ-компенсация. Двухзонное регулирование скорости);

Тема 4.2 Векторное управление асинхронным электродвигателем (Представление трехфазной системы пространственными векторами. Системы координат и их взаимосвязь. Структура асинхронного двигателя при векторном управлении со структурой ДПТ с независимым возбуждением. Функциональная схема системы регулирования скорости при векторном управлении. Управление с ориентацией по полю. Управление с ориентацией по векторам токов статора и ротора.);

Тема 4.3 Векторное управление синхронным двигателем (Функциональная схема системы регулирования скорости синхронного двигателя при векторном управлении. Особенности векторного управления СД. Прямое управление моментом.);

Тема 4.4 Регулирование возбуждения синхронного двигателя (Характеристики СД и расчет его параметров. Применение СД в качестве синхронного компенсатора реактивной мощности. Системы автоматического регулирования возбуждения СД).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Основные функции и классификация систем управления электроприводом	1	
Раздел 2.	Показатели качества СУЭП	1	
Раздел 3.	Системы управления электроприводами постоянного тока	1	
Раздел 4.	Системы управления электроприводом переменного тока	1	
Итого:		**4**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Расчет релейно-контакторной системы управления электроприводом.	4	
Раздел 3.	Расчет системы управления электроприводами постоянного тока	6	
Итого:		**10**	**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;	Расчет системы	36	

Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4.	управления электроприводом (по вариантам)		
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. Оформление отчета о практической работе; 4. Подготовка к практическому занятию; 5. Прохождение тестирования.	60	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Прохождение тестирования.	36	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Оформление отчета о практической работе; 4. Подготовка к практическому занятию; 5. Прохождение тестирования.	60	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Прохождение тестирования.	37	
Курсовая работа	*Выполнение курсовой работы*	36	0
Контроль	*Подготовка к экзамену*	9	
Итого:		**238**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической работе; 3. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 4. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	1. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 2. Тестовые задания
Раздел 3.	ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической работе; 3. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 4. Тестовые задания
Раздел 4.	ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	1. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 2. Тестовые задания
Курсовая работа.	ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	1. Вопросы к защите курсовой работы
Экзамен.	ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	1. Вопросы 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 – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

Шкала оценивания устных ответов обучающихся

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные; при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

Вопросы 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 СибГИУ.

Формы проведения текущего контроля – наблюдение за работой на практическом занятии; отчет о практической работе; оценивание этапов выполнения курсовой работы; 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 отчётности
Анализ исходных числовых данных. Постановка задачи проектирования.	20	Раздел курсовой работы
Расчет системы регулирования электроприводом. Разработка описания.	60	Раздел курсовой работы
Расчёт параметров регуляторов системы управления электроприводом	80	Раздел курсовой работы
Оформление графического материала (чертежей, схем графической части курсовой работы)	90	Готовый графический материал
Оформление расчётно-пояснительной записки	100	Готовая курсовая работа

курсовой работы		

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 СибГИУ 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 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».

12.2.4 Рекомендации по оцениванию отчета о практической работе

Оформление отчета о проделанной практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы.

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.

Критерии оценки отчета о практической работе

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Отчет о практической работе содержит все необходимые данные и выводы.	2,5
Отчет о практической работе не содержит ошибок и неточностей.	1,25
Отчет о практической работе оформлен аккуратно.	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.

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

Оценка	Требования к знаниям
	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

Оценка	Требования к знаниям
	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 Анучин, А. С. Системы управления электроприводов : учебник для вузов. / А. С. Анучин. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01258-1. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012581.html (дата обращения: 05.02.2026);

2 Симаков, Г. М. Специальные разделы теории электропривода : учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. П. Филюшов. - Новосибирск : НГТУ, 2020. - 124 с. - ISBN 978-5-7782-4074-2. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778240742.html (дата обращения: 05.02.2026);

3 Фащиленко, В. Н. Электропривод и автоматика машин и установок горного производства : учебник / В. Н. Фащиленко, Л. А. Плащанский. - Москва : МИСиС, 2020. - 370 с. - ISBN 978-5-907061-45-3. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907061453.html (дата обращения: 05.02.2026);

4 Хакимьянов, М. И. Управление электроприводами скважинных насосных установок : монография / М. И. Хакимьянов. - 2-е изд. - Москва : Инфра-Инженерия, 2021. - 140 с. - ISBN 978-5-9729-0673-4. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972906734.html (дата обращения: 05.02.2026);

5 Маренич, К. Н. Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников : учебное пособие / К. Н. Маренич. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 232 с. – ISBN 978-5-9729-0727-4. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907274.html (дата обращения: 05.02.2026);

6 Система управления и диагностирования электропривода отводящего рольганга широкополосного стана горячей прокатки : монография / С. И. Лукьянов, Н. В. Швидченко, Р. С. Пишнограев и др. - Москва : Инфра-Инженерия, 2020. - 240 с. - ISBN 978-5-9729-0472-3. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972904723.html (дата обращения: 05.02.2026).

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;
– 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 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 (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- учебную аудиторию для 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):

заведующий лабораторией, преподаватель Корнеев Петр Александрович (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники);

заведующий кафедрой Кубарев Василий Анатольевич (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 Как изменяется скорость двигателя постоянного тока при ослаблении поля и прочих равных условиях?

а) Увеличивается;
б) Уменьшается;
в) Не изменяется;
г) Снижается до 0.

2 Чем определяется синхронная скорость асинхронного двигателя?

а) Частотой напряжения на статоре;
б) Амплитудой напряжения на статоре;
в) Активным сопротивлением обмотки статора;
г) Реактивным сопротивлением обмотки статора.

3 Как записывается передаточная функция апериодического звена первого порядка?

а) $W(p)=\frac{k}{Tp+1}$;

б) $W(p)=\frac{k}{Tp-1}$;

в) $W(p)=\frac{Tp+1}{k}$;

г) $W(p)=\frac{Tp-1}{k}$.

4 По какому выражению определяется скольжение асинхронного двигателя?

а) $s=\frac{\omega_0-\omega}{\omega_0}$;

б) $s=\frac{\omega_0-\omega}{\omega}$;

в) $s=\frac{\omega-\omega_0}{\omega_0}$;

г) $s=\frac{\omega-\omega_0}{\omega}$.

5 Как определяется критерий модульного оптимума для САУ?

а) АЧХ системы должна приближаться к АЧХ идеального ФНЧ;
б) АЧХ системы должна приближаться к АЧХ идеального ФВЧ;

в) ЛАЧХ системы должна быть симметрична относительно частоты среза;

г) ЛАЧХ системы должна быть симметрична относительно частоты резонанса.

6 Как записывается уравнение электромеханической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения?

а) $\omega = \frac{U_я}{k\Phi} - \frac{I_я R_я}{k\Phi}$;

б) $\omega = \frac{U_я}{(k\Phi)^2} - \frac{I_я R_я}{(k\Phi)^2}$;

в) $\omega = \frac{U_я}{(k\Phi)^2} - \frac{I_я R_я}{k\Phi}$;

г) $\omega = \frac{U_я}{k\Phi} - \frac{I_я R_я}{(k\Phi)^2}$.

7 Чему равна статическая ошибка в астатической системе?

а) 0%;

б) 1%;

в) 4,7%;

г) 43%.

8 Чему равно перерегулирование в контуре, настроенном на симметричный оптимум?

а) 0%;

б) 4,7%;

в) 38%;

г) 43%.

9 Чем определяется порядок астатизма системы?

а) Числом и порядком интегрирующих звеньев;

б) Числом и порядком дифференцирующих звеньев;

в) Числом и порядком апериодических звеньев;

г) Числом и порядком форсирующих звеньев;

10 Как записывается основное уравнение движения электропривода?

а) $M - M_c = J\frac{d\omega}{dt}$;

б) $M + M_c = J\frac{d\omega}{dt}$;

в) $M_c - M = J\frac{d\omega}{dt}$;

г) $M - M_c = -J\frac{d\omega}{dt}$.

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

Раздел 1. Основные функции и классификация систем управления электроприводом.

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 СибГИУ.

Перечень вопросов для тестирования:

1. Сопоставьте элемент структуры СУЭП с его основной функцией:

1. Задатчик интенсивности	А. Формирует управляющее воздействие на основе ошибки
2. Регулятор	Б. Преобразует управляющий сигнал в мощность для двигателя
3. Преобразователь	В. Измеряет текущее состояние привода (скорость, ток и т.д.)
4. Датчик обратной связи	Г. Задает требуемое значение управляемой величины
5. Электродвигатель	Д. Преобразует электрическую энергию в механическую

2. Сопоставьте тип системы управления с ее ключевой характеристикой:

1. Разомкнутая СУЭП	А. Высокая точность, компенсация возмущений
2. Замкнутая СУЭП (с ОС)	Б. Отсутствие реакции на возмущения и изменение параметров
3. Каскадная СУЭП	В. Вложенные контуры регулирования (напр., ток -> скорость)
4. Адаптивная СУЭП	Г. Программируемость, гибкость, связь с верхним уровнем
5. СУЭП на ПЛК	Д. Автоматическая подстройка параметров под объект

3. Расположите типы сигналов в СУЭП по возрастанию уровня мощности/напряжения:

А. Сигнал задания (0-10В, 4-20мА)

Б. Управляющие сигналы на ключи преобразователя

В. Измерительные сигналы с датчиков

Г. Силовая цепь двигателя
Д. Выходная мощность преобразователя

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

4. Дополните определение

Ключевой функцией _____ в СУЭП является преобразование сигнала управления (например, с ШИМ-выхода контроллера) в силовое напряжение/ток, подаваемое на двигатель. (ответ существительное в единственном числе)

5. Дополните определение

_____ система управления электроприводом не имеет обратной связи и управляющее воздействие формируется только на основе сигнала задания. (ответ прилагательное в единственном числе)

6 Что понимается под «правильной» пусковой диаграммой?

а) Равенство между собой всех бросков тока и всех токов переключения соответственно;

б) Равенство между собой всех бросков тока;

в) Равенство между собой всех токов переключения;

г) Равенство между собой всех бросков тока, всех токов переключения и всех моментов переключения соответственно.

7 Что характерно для пуска привода в функции времени?

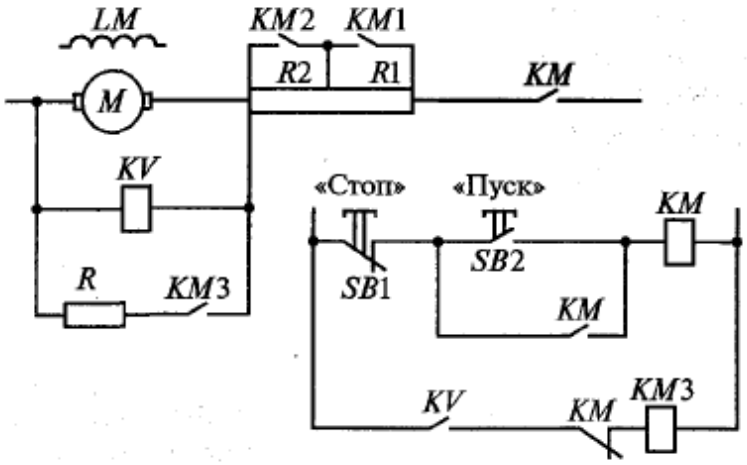
а) Продолжительность работы на всех ступенях задается заранее;

б) Продолжительность работы на всех ступенях одинакова;

в) Продолжительность работы на всех ступенях зависит от тока привода;

г) Продолжительность работы на всех ступенях зависит от тока привода.

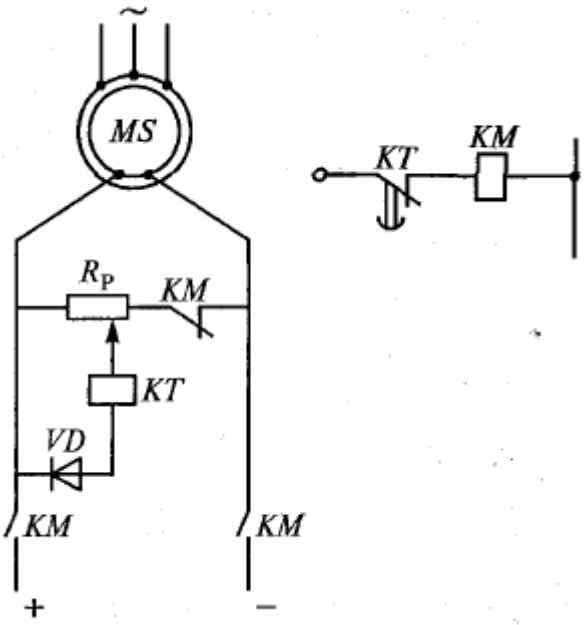
8 Какой режим работы двигателя постоянного тока реализует приведенная схема?



а) Динамическое торможение;
б) Торможение противовключением;
в) Пуск в функции тока якоря;
г) Пуск в функции времени.

9 По какому критерию настраивается реле противовключения?
а) При скорости ИХХ напряжение на реле должно быть равно 0;
б) При нулевой скорости напряжение на реле должно быть равно 0;
в) При скорости ИХХ напряжение на реле должно быть равно номинальному;
г) При нулевой скорости напряжение на реле должно быть равно номинальному.

10 В функции какого параметра производится пуск синхронного двигателя на приведенной схеме?



а) Скорости;
б) Тока статора;
в) Тока возбуждения;

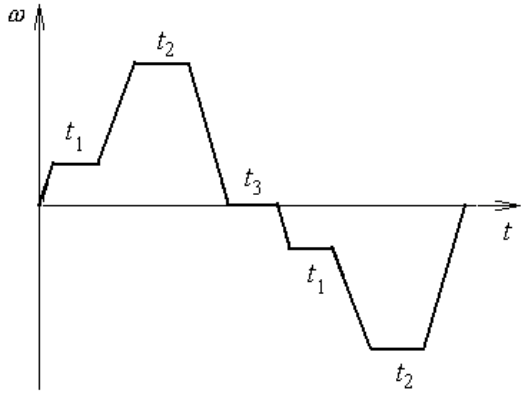
г) Времени.

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.

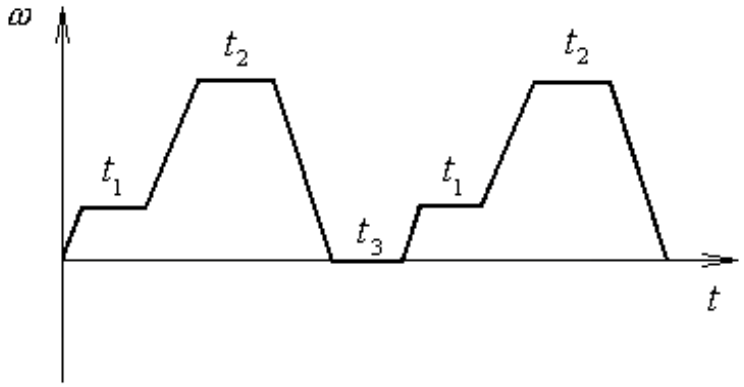
Примерные задания к практическим занятиям приведены ниже.

1 Составить релейно-контакторную схему управления электроприводом, работающим в повторно-кратковременном режиме и реализующим следующую тахограмму:



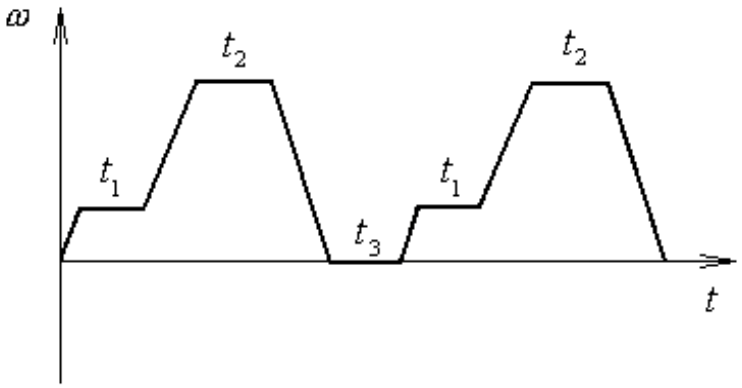
Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции скорости, торможение динамическое в функции скорости, реверс по обмотке возбуждения. Управление от кнопочного поста.

2 Составить релейно-контакторную схему управления электроприводом, работающим в повторно-кратковременном режиме и реализующим ниже приведенную тахограмму:



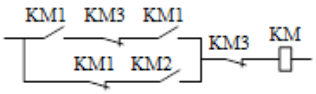
Двигатель асинхронный с фазным ротором, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции скорости, торможение противовключением в функции времени. Управление от кнопочного поста.

3 Составить схему управления электроприводом, работающим в повторно-кратковременном режиме, реализующим ниже приведенную тахограмму на бесконтактных элементах типа И-НЕ:

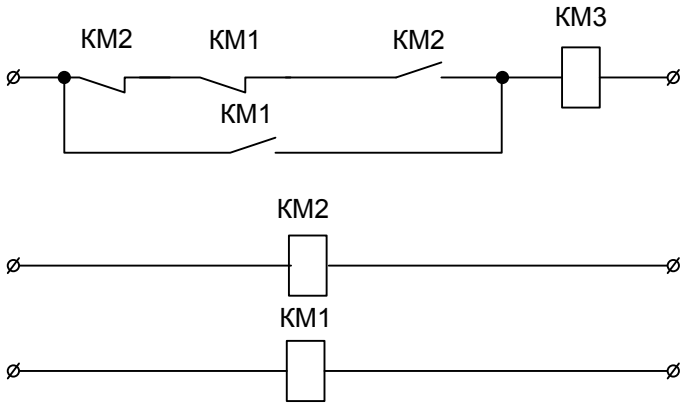


Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции времени, торможение противовключением в функции скорости. Управление от кнопочного поста.

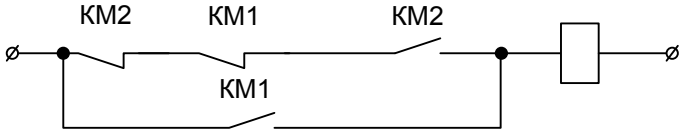
4 Составьте логические выражения и таблицы истинности для приведенной РКС. Составьте эквивалентные ей схему на элементах ИЛИ-НЕ.



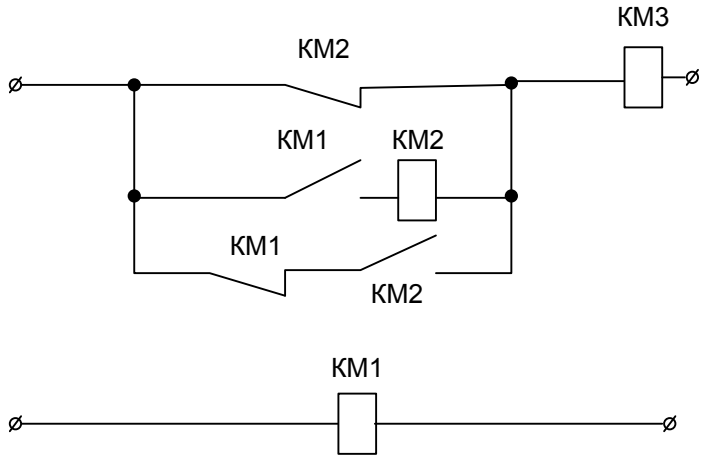
5 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему. Составить таблицу истинности. Составить эквивалентную схему на элементах ИЛИ-НЕ



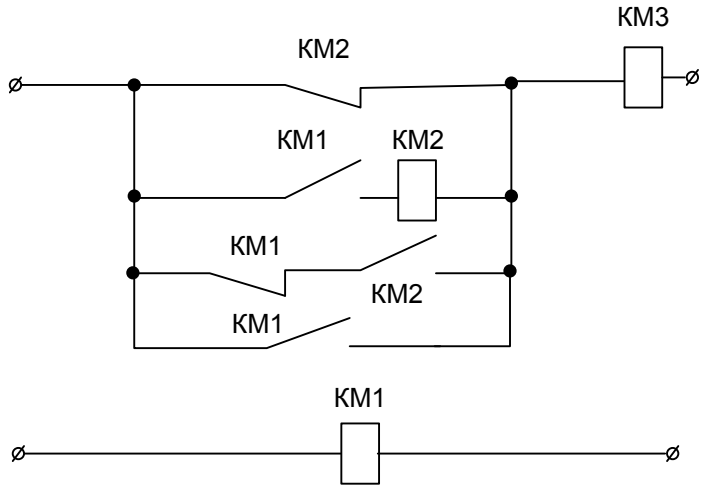
6 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему. Составить таблицу истинности. Составить эквивалентную схему на элементах И-НЕ.



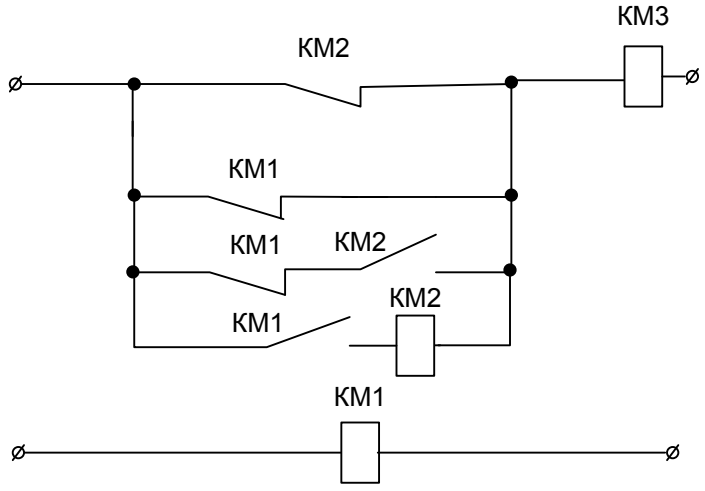
7 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.



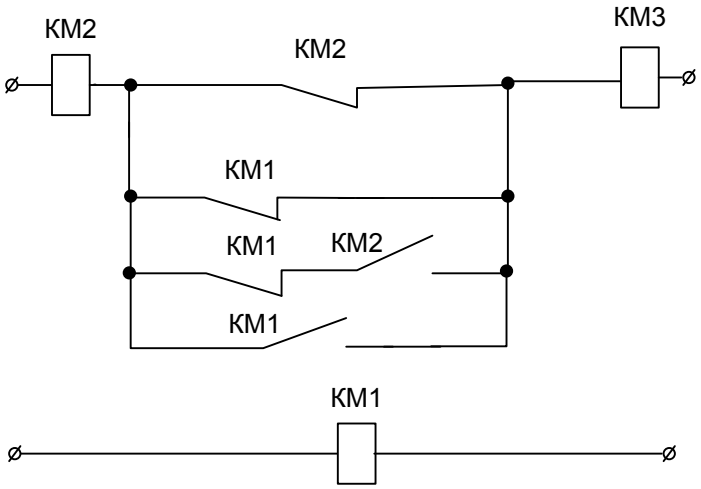
8 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.



9 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.



10 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.



Раздел 2. Показатели качества СУЭП

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 СибГИУ.

Перечень вопросов для тестирования:

1. Сопоставьте элемент РКСУ с его функцией:

1. Контактор (пускатель)	А. Защита двигателя от перегрузки по току
2. Тепловое реле	Б. Замыкание силовой цепи двигателя
3. Реле времени	В. Инициирование запуска двигателя
4. Кнопка "Пуск"	Г. Аварийное или плановое отключение двигателя
5. Кнопка "Стоп"	Д. Обеспечение выдержки времени при переключениях

2. Сопоставьте схему РКСУ с ее назначением:

1. Прямой пуск	А. Изменение направления вращения двигателя
2. Реверсирование	Б. Подача постоянного тока в статор для быстрой остановки АД
3. Пуск "звезда-треугольник"	В. Запуск двигателя без ограничения пускового тока
4. Схема с двумя скоростями (2 обмотки)	Г. Снижение пускового тока АД
5. Схема динамического торможения	Д. Получение двух фиксированных скоростей вращения АД

3. Расположите этапы работы схемы реверса АД на контакторах при нажатии кнопки «Вперед» (после «Стоп»):

А. Размыкание силовых контактов контактора «Назад» (если были замкнуты)

Б. Замыкание силовых контактов контактора «Вперед»

В. Замыкание блокировочных контактов КМВ, блокировка КМН

Г. Нажатие кнопки SB «Вперед»

Д. Включение питания цепи управления

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

4. Расположите этапы построения ЛАХ асимптотическим методом для типового звена (напр., инерционного) в порядке выполнения:

А. Определить частоту сопряжения ω_c

Б. Найти наклон низкочастотной асимптоты (дБ/дек)

В. Построить низкочастотную асимптоту до ω_c

Г. Построить высокочастотную асимптоту от ω_c с учетом изменившегося наклона

Д. Провести коррекцию вблизи ω_c (при необходимости)

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

5. Расположите характеристики по степени важности для оценки быстродействия СУЭП (от наиболее важной):

А. Время переходного процесса $t_{пп}$

Б. Частота среза $\omega_{ср}$

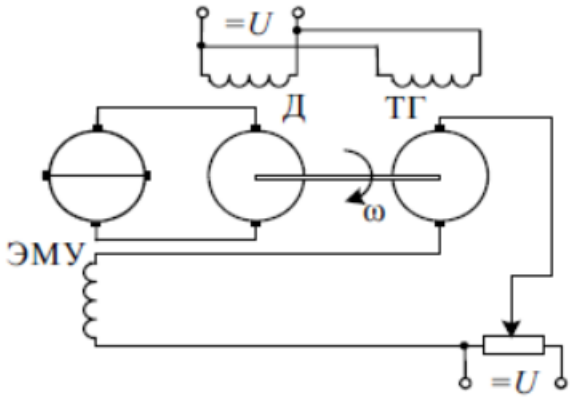
В. Перерегулирование $\sigma\%$

Г. Установившаяся ошибка $e_{уст}$

Д. Наклон ЛАХ в области частоты среза

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

6. 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.

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

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

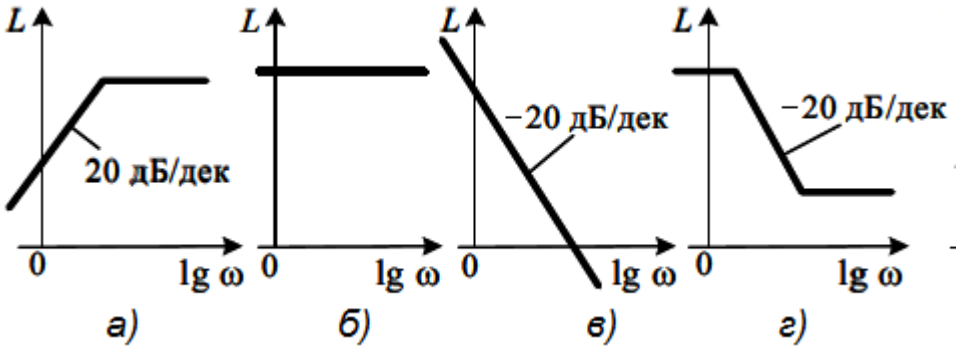
а) $\varphi(\omega) = arctg[\arg(W(p))]|_{p\to j\omega}$;

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

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

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

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



5. Как определяется ФЧХ апериодического звена?

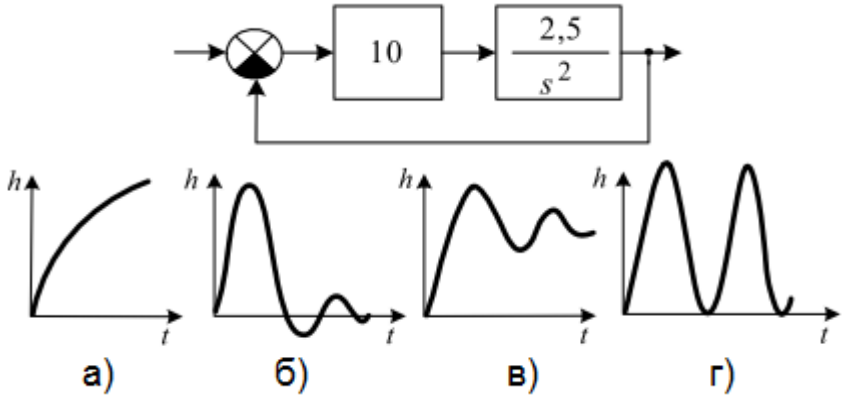
а) $\varphi(\omega) = \frac{K}{\sqrt{T^2 \cdot \omega^2 + 1}}$;

б) $\varphi(\omega) = -arctgT\omega$;

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

г) $\varphi(\omega) = arctgT\omega$.

10. Определите качественно вид переходной функции для приведенной САУ.



2 Выполнение практических работ

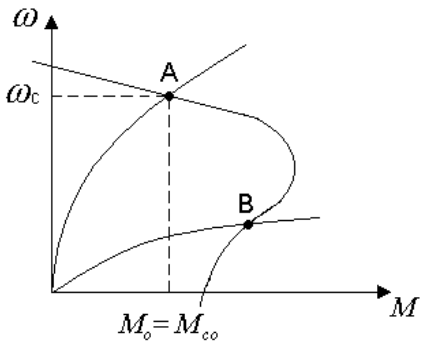
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примерные задания к практическим занятиям приведены ниже.

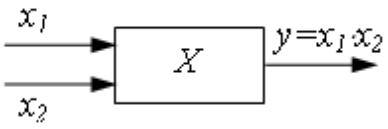
1 Определить дифференциальное уравнение двигателя постоянного тока с независимым возбуждением при управлении изменением напряжения на якоре. Принять: $\Phi = \Phi_n$, $M_c = const$, $J = const$.

2 Получить дифференциальное уравнение движения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, приводящего в движения рабочий механизм с вентиляторной характеристикой. Рабочий механизм с вентиляторной характеристикой имеет следующее уравнение механической характеристики:

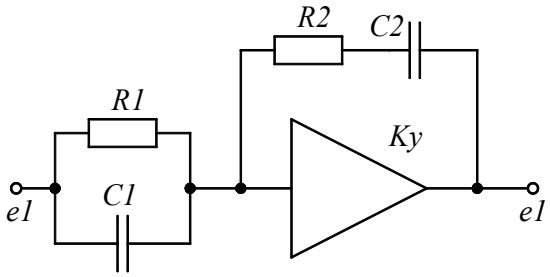
$M_c = M_o + (M_{cн} - M_o)\left(\frac{\omega}{\omega_н}\right)^2$. Механические характеристики двигателя и нагрузки приведены на рисунке.



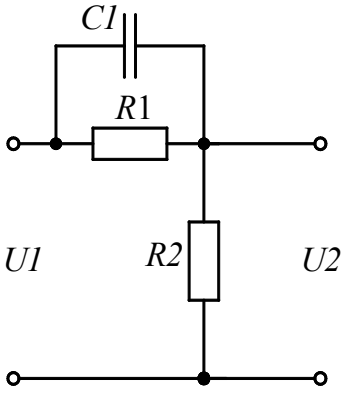
3 Линеаризовать уравнение статической характеристики множительного устройства $y = x_1 x_2$, представленного на рисунке, относительно точки установившегося режима $y_0 = x_{01} x_{02}$.



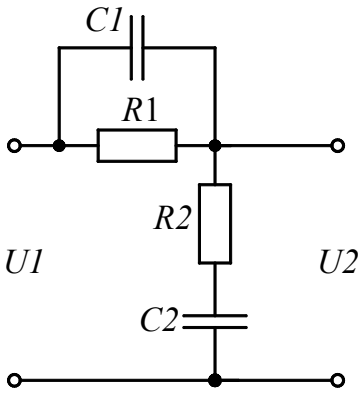
4 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства на базе операционного усилителя, представленного на рисунке.



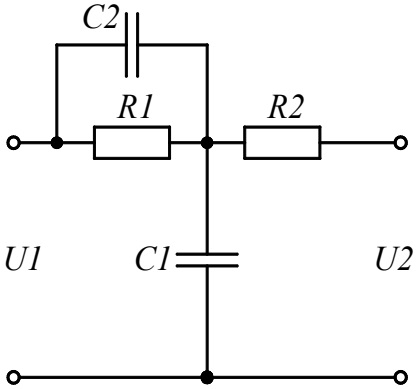
5 Получить дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке.



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



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



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

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

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

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

Раздел 3. Системы управления электроприводами постоянного тока.

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 СибГИУ.

Перечень вопросов для тестирования:

1. Сопоставьте элемент унифицированной СУЭП с его назначением:

1. Датчик скорости (тахогенератор, энкодер)	А. Формирует управляющий сигнал по закону П, ПИ, ПИД
2. Датчик тока (шунт, ТТ, ДТТ)	Б. Измеряет мгновенное значение тока якоря/статора
3. Задатчик интенсивности	В. Преобразует управляющий сигнал в силовое напряжение/ток для двигателя
4. Аналоговый регулятор (П, ПИ, ПИД)	Г. Задает требуемое значение скорости или момента
4. Силовой преобразователь (управляемый выпрямитель, автономный инвертор)	Д. Измеряет частоту вращения вала двигателя

2. Сопоставьте тип интерфейса/сигнала с его применением в унифицированных СУЭП:

1. Аналоговый сигнал 0..10В / ±10В	А. Передача задания скорости/момента, обратной связи
2. Аналоговый сигнал 4..20мА	Б. Передача сигналов с энкодеров, цифровых датчиков положения
3. Цифровой сигнал (TTL, HTL)	В. Промышленные сети для связи ПЛК, ЧПУ, приводов, HMI
4. Интерфейс RS-485 (Modbus RTU)	Г. Передача сигналов на большие расстояния с высокой помехозащищенностью (токовая петля)
5. Интерфейс Ethernet (EtherCAT, PROFINET)	Д. Связь с простыми устройствами (датчики, малые приводы) по двухпроводной линии

3. Дополните определение

_____ обратная связь по скорости является обязательной для реализации точного регулирования скорости в замкнутых СУЭП. (ответ: прилагательное в единственном числе)

4. Расположите элементы типичного контура регулирования скорости в СУЭП по пути прохождения сигнала (от задания к двигателю):

А. Задатчик интенсивности скорости

Б. Регулятор тока (П)

В. Регулятор скорости (ПИ)

Г. Преобразователь мощности

Д. Двигатель с нагрузкой

Е. Датчик скорости

Ж. Датчик тока

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……; 6 ……; 7 ……

5. Расположите этапы настройки унифицированного цифрового привода при первом запуске (после монтажа):

А. Ввод паспортных данных двигателя (P_n, U_n, I_n, n_n, cosφ, ...)

Б. Автонастройка (Rotor ID, измерение R, L, ...)

В. Настройка контуров регулирования (ПИ-коэффициенты тока, скорости)

Г. Настройка источников задания и обратных связей (выбор типа датчика, калибровка)

Д. Проведение пробных пусков и проверка работы

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

6. Как определяется передаточная функция ПИ-регулятора тока якоря?

а) $W(p)=\dfrac{T_я p+1}{\left(\dfrac{2k_П T_\mu}{R_я}\right)p}$;

б) $W(p)=\dfrac{T_\mu p+1}{\left(\dfrac{2k_П T_я}{R_я}\right)p}$;

в) $W(p)=\dfrac{T_я p-1}{\left(\dfrac{2k_П T_\mu}{R_я}\right)p}$;

г) $W(p)=\dfrac{T_\mu p-1}{\left(\dfrac{2k_П T_я}{R_я}\right)p}$.

7. Как производится настройка и оптимизация многоконтурной системы подчиненного регулирования?

а) От внутренних контуров к внешним;

б) От внешних контуров к внутренним;

в) По ходу сигнала;

г) Против хода сигнала.

8. При каком условии можно пренебречь внутренней ОС двигателя по ЭДС?

а) Тм>Тя;

б) Тм>2Тя;

в) Тм>4Тя;

г) Тм>8Тя.

9. Чему равно перерегулирование в контуре, настроенном на технический оптимум?

а) 4,3%;

б) 47%;

в) 5%;

г) 25%.

10. Как определяются параметры ПИ-регулятора скорости при стандартной настройке на симметричный оптимум?

а) $K_{РС} = \dfrac{K_{ДТ}}{4K_{ДС}K_{ПУ}K_{М}T_{П}}$, $T_{РС} = 8T_{ТП}$

б) $K_{РС} = \dfrac{K_{ДТ}}{2K_{ДС}K_{ПУ}K_{М}T_{П}}$, $T_{РС} = 8T_{ТП}$

в) $K_{РС} = \dfrac{K_{ДТ}}{4K_{ДС}K_{ПУ}K_{М}T_{П}}$, $T_{РС} = 4T_{ТП}$

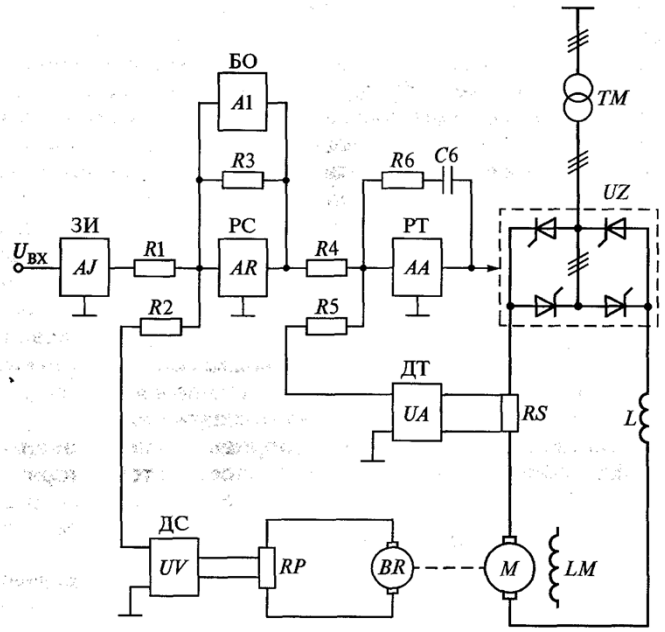
г) $K_{РС} = \dfrac{K_{ДТ}}{2K_{ДС}K_{ПУ}K_{М}T_{П}}$, $T_{РС} = 4T_{ТП}$.

2 Выполнение практических работ

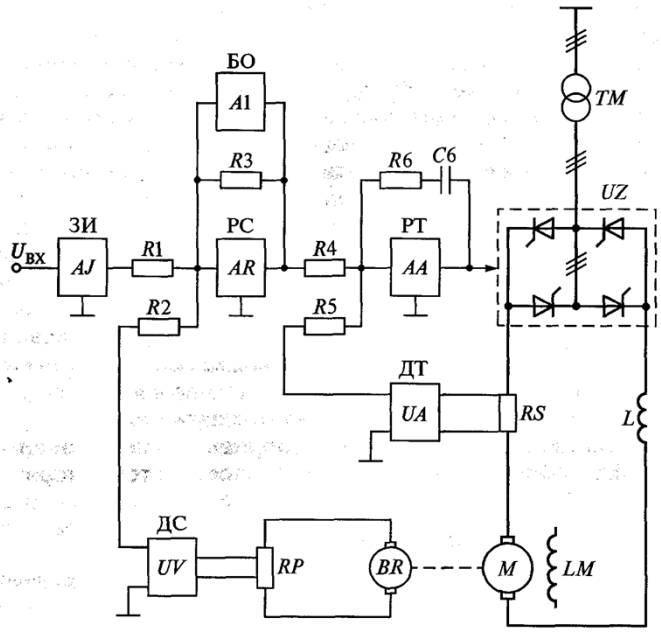
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примерные задания к практическим занятиям приведены ниже.

1 Определить, как изменится механическая характеристика СУЭП, показанной на рисунке, если увеличить в два раза сопротивление R4.



2 Определить изменение статической характеристики СУЭП, показанной на рисунке, при закорачивании конденсатора С6.



3 Определить, в каких режимах работает электропривод постоянного тока с П-регулятором скорости и ПИ-регулятором тока, если его нагрузку изменяют так, что скорость изменяется в диапазоне от $+\omega_0$ до $-\omega_0$.

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

5 Рассчитать передаточные функции регулятора скорости РС и регулятора тока РТ для системы электропривода постоянного тока, если требуется обеспечение модульного оптимума в контуре тока якоря *Iя* и модульного оптимума в контуре скорости ω. Параметры звеньев схемы: $K_{ПУ} = 220.48$, $K_{Д} = 0.54$, $K_{ДС} = 0.0672$, $K_{ДТ} = 0.08$; $W_{ТП} = \frac{23}{0.01p+1}$, $W_{Я} = \frac{1.34}{0.051p+1}$, $W_{М} = \frac{7.22}{p}$.

Раздел 4. Системы управления электроприводом переменного тока.

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 СибГИУ

Перечень вопросов для тестирования:

1. Дополните определение

Основной принцип _____ регулирования скорости АД заключается в поддержании постоянства отношения напряжения статора к его частоте (U/f = const). (ответ: прилагательное в единственном числе)

2. Сопоставьте элемент системы скалярного управления (U/f = const) с его назначением:

1. Преобразователь частоты (ПЧ)	А. Формирует напряжение статора в зависимости от заданной частоты для поддержания номинального потокосцепления
2. Задатчик частоты	Б. Выдает сигнал задания выходной частоты ПЧ
3. Блок U/f-закона	В. Измеряет реальную скорость вращения для обратной связи
4. Датчик скорости (опционально)	Г. Вырабатывает задание частоты для ПЧ на основе ошибки по скорости
5. ПИ-регулятор скорости (в замкнутой схем	Д. Преобразует входное задание U/f в ШИМ-сигналы для инвертора

3. Сопоставьте характеристику/режим скалярного управления с его описанием:

1. Закон U/f = const	А. Компенсация падения напряжения на сопротивлении статора для поддержания момента на низких скоростях
2. Повышение напряжения на низких частотах (boost)	Б. Поддержание постоянства главного магнитного потока статора
3. Режим стабилизации скорости (с ОС)	В. Точное поддержание заданной скорости независимо от нагрузки
4. Режим разомкнутого управления (без ОС)	Г. Скорость двигателя зависит от нагрузки (имеет статизм)

4. Расположите этапы работы ПЧ со скалярным управлением U/f=const при увеличении задания скорости:

А. Увеличение задания частоты f1*

Б. Расчет требуемого напряжения U1* по закону U/f=const (с boost)

В. Формирование ШИМ-сигналов для инвертора

Г. Увеличение выходной частоты и напряжения ПЧ

Д. Разгон двигателя до новой скорости

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

5. Расположите преимущества скалярного управления по сравнению с векторным (от наиболее значимого):

А. Простота реализации и настройки

Б. Низкая вычислительная сложность

В. Отсутствие необходимости в точном датчике скорости (в разомкнутой схеме)

Г. Надежность

Д. Низкая стоимость

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

6. Сопоставьте термин векторного управления (ВУ) с его описанием:

1. Полеориентированное управление (FOC)	А. Метод ВУ, основанный на прямом выборе оптимального вектора напряжения инвертора для управления моментом и потоком
2. Прямое управление моментом (DTC)	Б. Угол между вектором потокосцепления ротора и вектором тока статора
3. Вектор тока статора (I_s)	В. Метод ВУ, при котором ток статора раскладывается на составляющие по осям d (потока) и q (момента)
4. Вектор потокосцепления ротора (Ψ_r)	Г. Пространственный вектор, представляющий результирующую МДС статора
5. Угол нагрузки (θ_s)	Д. Пространственный вектор, который необходимо стабилизировать

7. Расположите этапы работы системы FOC при увеличении задания момента (при постоянном потоке):

А. Увеличение задания момента M*

Б. Увеличение задания тока isq*

В. Увеличение реальной составляющей тока isq

Г. Увеличение электромагнитного момента M

Д. Ускорение двигателя (при M > M_c)

Ответ: 1 ……; 2 ……; 3 ……; 4 ……; 5 ……

8. Как записывается уравнение электромеханической характеристики асинхронного двигателя?

а) $I_2^{'}=\frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left(R_1+\frac{R_2^{'}}{s}\right)^2+X_k^2}}$,

б) $I_2^{'}=\frac{U_{1л}}{\sqrt{\left(R_1+\frac{R_2^{'}}{s}\right)^2+X_k^2}}$,

в) $I_2^{'}=\frac{U^2{}_{1\phi}}{\sqrt{\left(R_1+\frac{R_2^{'}}{s}\right)^2+X_k^2}}$,

г) $I_2^{'}=\frac{U^2{}_{1л}}{\sqrt{\left(R_1+\frac{R_2^{'}}{s}\right)^2+X_k^2}}$.

9. Как записывается уравнение формирования момента асинхронного двигателя?

а) $M=\frac{3}{2}z_П k\left(\vec{\Psi}_1\times\vec{\Psi}_2\right)$,

б) $M=\frac{3}{2}z_П k\left(\vec{\Psi}_1\cdot\vec{\Psi}_2\right)$,

в) $M=\frac{3}{2}z_П k\left(\vec{I}_1\times\vec{I}_2\right)$,

г) $M=\frac{3}{2}z_П k\left(\vec{I}_1\cdot\vec{I}_2\right)$.

10. Какие векторы формируют треугольник моментов асинхронного двигателя?

а) $\vec{\Psi}_1, \vec{\Psi}_2$,

б) $\vec{I}_1, \vec{I}_2$,

в) $\vec{U}_1, \vec{U}_2$,

г) $\vec{E}_1, \vec{E}_2$.

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.

1 Для двигателя типа АК4-450Y-4У3 рассчитать параметры Т- и Г-образной схем замещения, построить естественные механическую и электромеханическую характеристики, определить величину

добавочного сопротивления в роторной цепи, при которой при номинальной нагрузке двигатель работает в режиме КЗ.

2 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=30 кВт*, *2p=6*, *sн=1,5%*, *R2=0,42 Ом*, *λ=2,8*, рассчитать пусковые сопротивления для четырехступенчатой роторной станции.

3 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=300 кВт*, *2p=4*, *sн=2,4%*, *R2=0,012 Ом*, *U1ф=6 кВ* , работающего с моментом нагрузки на валу М=0,75Мн, рассчитать сопротивление в обмотке ротора, при котором при указанной нагрузке скорость составит 0,8 номинальной.

4 Асинхронный двигатель типа 4А180М2У3 включен в сеть с $U_л$*=380 В*. Обмотки статора соединены «треугольником». Определить, как изменятся пусковые токи, пусковой момент и перегрузочная способность двигателя при переключении обмоток на схему «звезда».

5 Для двигателя типа 4АР200L4Y3 построить механические характеристики с шагом частоты в 5 Гц при управлении по закону Костенко на вентиляторную нагрузку и при скалярном управлении с IR-компенсацией. Оценить диапазон регулирования скорости в обоих случаях.

6 Для двигателя типа 4АНК355М12У3, работающего при трансвекторном управлении с развязкой координат, рассчитать параметры схемы замещения, электромагнитную и механическую постоянные времени, определить настройки П-регулятора скорости.

7 Для синхронного двигателя типа СДН32-1600-20-6УХЛ4 определить: частоту вращения, номинальный и пусковой токи: цепи статора, номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при *s*=5 %). Напряжение питающей сети $U_с$=6 кВ при частоте 50 Гц, коэффициент мощности $cos\varphi_1$=0,8.

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 СибГИУ.

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

4 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1 Разомкнутый принцип управления.
2 Принцип управления по отклонению.
3 Принцип управления по возмущению.
4 Устройство и принцип работы электромагнитного реле.
5 Устройство и принцип работы бесконтактных реле.
6 Защиты в схемах электропривода.
7 Блокировки и сигнализация в схемах электропривода.
8 Релейно-контакторное управление пуском, торможением и реверсом электропривода.
9 Правила составления и чтения релейно-контакторных схем.
10 Статические характеристики СУЭП.
11 Динамические характеристики СУЭП.
12 Точностные характеристики СУЭП и показатели качества переходных процессов.
13 Частотные характеристики СУЭП.
14 Линеаризация нелинейных СУЭП и их элементов.
15 Временные характеристики СУЭП.
16 Способы управления скоростью двигателей постоянного тока.
17 Типовые структуры СУЭП постоянного тока (Г-Д, ТП-Д).
18 Настройка контуров тока и скорости СУЭП постоянного тока.
19 Модульный и симметричный оптимумы.
20 Способы управления скоростью асинхронных двигателей.
21 Скалярное управление. IR- и IZ-компенсация.
22 Трансвекторное управление.
23 Прямое управление моментом асинхронного двигателя.
24 Частотно-токовое управление синхронным двигателем.
25 Управление продольной и поперечной составляющими тока статора синхронного двигателя.

5 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.

Тема курсовой работы: «Расчет системы управления электроприводом (по вариантам)». Варианты исходных данных и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО СибГИУ.

Перед началом выполнения курсовой работы обучающийся знакомится с графиком ее выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО СибГИУ.

6 Вопросы к защите курсовой работы

1. Обосновать выбор электродвигателя
2. Обосновать выбор трансформатора и/или преобразователя напряжения
3. Охарактеризовать объект и пояснить протекающий производственный процесс.
4. Обосновать выбор элементной базы СУЭП.
5. Обосновать выбранную структуру СУЭП.
6. Обосновать тип и настройки регуляторов.
7. Пояснить вид статических или динамических характеристик.
8. Пояснить схему электроснабжения объекта
9. Пояснить функции элементов схемы (по выбору преподавателя).