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

Системы управления электроприводов

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
(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: 28-06-2026 16:10:28 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) 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:
– Управление техническими системами;
– Основы микропроцессорной техники.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:
– Микропроцессорные системы управления электроприводов;
– Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

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-2: Способен осуществлять техническое сопровождение пусконаладки, переналадки и функционирования гибких производственных систем в машиностроении	ПК-2.1 Контролирует выполнение пусконаладки гибких производственных систем в машиностроении	– знать: основное оборудование, использующееся для создания СУЭП. – уметь: выбирать оборудование для системы управления электроприводом; проводить наладку системы управления электроприводом.
		ПК-2.2 Разрабатывает	– знать: основные

		мероприятия по предотвращению отказов, повреждений и связанных с этим внеплановых простоев гибких производственных систем в машиностроении	отказы систем управления электроприводов. – уметь: разрабатывать мероприятия по предотвращению отказов, повреждений и связанных с этим внеплановых простоев систем управления электроприводов.
		ПК-2.3 Составляет приёмо-сдаточную документацию по результатам испытаний гибких производственных систем в машиностроении	– знать: требования к оформлению и содержанию приёмо-сдаточной документации по результатам испытаний систем управления электроприводов. – уметь: составлять приёмо-сдаточную документацию по результатам испытаний систем управления электроприводов в составе гибких производственных систем в машиностроении.

– Универсальные компетенции

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК	Планируемые результаты обучения
Разработка и реализация проектов	УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели, обеспечивающих ее достижение	– знать: цели пусконаладки систем управления электроприводов в составе гибких производственных систем в машиностроении. – уметь: формулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной

	норм, имеющихся ресурсов и ограничений		цели, обеспечивающих ее достижение.
		УК-2.3 Решает конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) заявленного качества в рамках заданных ограничений	– знать: основные задачи пусконаладки систем управления электроприводов в составе гибких производственных систем в машиностроении. – уметь: решать конкретные задачи по пусконаладке СУЭП с заявленным качеством в рамках заданных ограничений.

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***	***7 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*зачет с оценкой*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***108***	*108*
	зачетных единиц	***3***	*3*
Лекции, *академ. час.*		***32***	*32*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***32***	*32*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / 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.*		***35***	*35*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***9***	*9*
в форме практической подготовки		***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; Тема 1.1.	Основные структуры и функции СУЭП	2	
Раздел 1; Тема 1.2.	Релейно-контакторные системы управления электроприводом	2	
Раздел 2; Тема 2.1.	Характеристики электропривода	2	
Раздел 2; Тема 2.2.	Линеаризация нелинейных СУЭП	2	
Раздел 3; Тема 3.1.	Элементы унифицированных систем управления	4	
Раздел 3; Тема 3.2.	Расчет и определение динамических параметров СУЭП постоянного тока	4	
Раздел 4; Тема 4.1.	Скалярное регулирование скорости асинхронного двигателя	4	
Раздел 4; Тема 4.2.	Векторное управление асинхронным электродвигателем	4	
Раздел 4; Тема 4.3.	Векторное управление синхронным двигателем	4	
Раздел 4; Тема 4.4.	Регулирование возбуждения синхронного двигателя	4	
Итого:		**32**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Расчет релейно-контакторной системы управления электроприводом.	4	
Раздел 2.	Расчёт показателей качества системы управления электроприводом	8	
Раздел 3.	Расчет системы управления электроприводом постоянного тока	10	
Раздел 4.	Расчет системы управления электроприводом переменного тока	10	
Итого:		**32**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

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

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	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. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию;	8	

	4. Прохождение тестирования.		
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	8	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	9	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	10	
Контроль	*Подготовка к зачёту*	9	
Итого:		**44**	**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. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической работе; 3. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической работе; 3. Тестовые задания
Раздел 3.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической работе; 3. Тестовые задания
Раздел 4.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической

		работе; 3. Тестовые задания
Зачет с оценкой.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Зачет с оценкой 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 – 20 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.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

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.

12.1 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 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. Подготовку к практическим работам обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы.

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.

12.3 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.

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: зачет с оценкой.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: зачет с оценкой на основе результатов текущего контроля.

13.2 Оценивание обучающегося на зачёте (зачёт с оценкой)

Зачет проводится по результатам текущего контроля.

Таблица – Шкала оценивания обучающегося по дисциплине «Микропроцессорные системы управления электроприводов» по результатам текущего контроля

Оценка экзамена	Требования к знаниям
«отлично»	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагал ответы на устные вопросы при опросах, подтвердил освоение программного материала выполнением тестовых заданий на среднюю оценку выше четырех с половиной баллов, выполнил все задания и посещал более 60% аудиторных занятий
«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагал ответы на устные вопросы при опросах, подтвердил освоение программного материала выполнением тестовых заданий на среднюю оценку выше трех баллов, выполнил более 80% заданий и посещал более 30% аудиторных занятий
«удовлетво-рительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагал ответы на устные вопросы при опросах, подтвердил освоение программного материала выполнением тестовых заданий на среднюю оценку три и выше баллов
«неудовлет-ворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он допускал неточности при изложении ответов на устные вопросы при опросах, подтвердил освоение программного материала

Оценка экзамена	Требования к знаниям
	выполнением тестовых заданий на среднюю оценку ниже трех баллов. 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) 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

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?

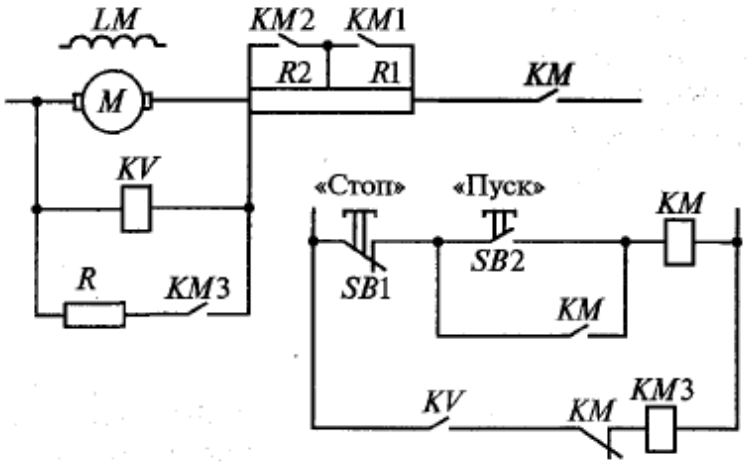
а) Продолжительность работы на всех ступенях задается заранее;

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.

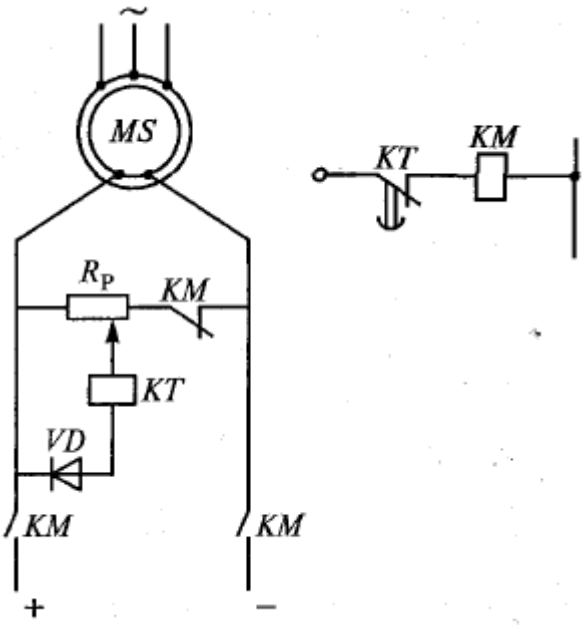
8 Какой режим работы двигателя постоянного тока реализует приведенная схема?



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;

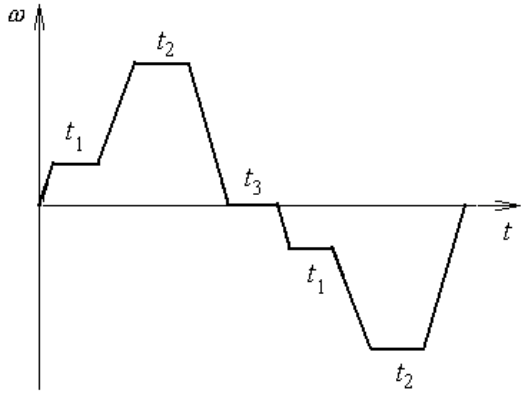
г) Времени.

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.

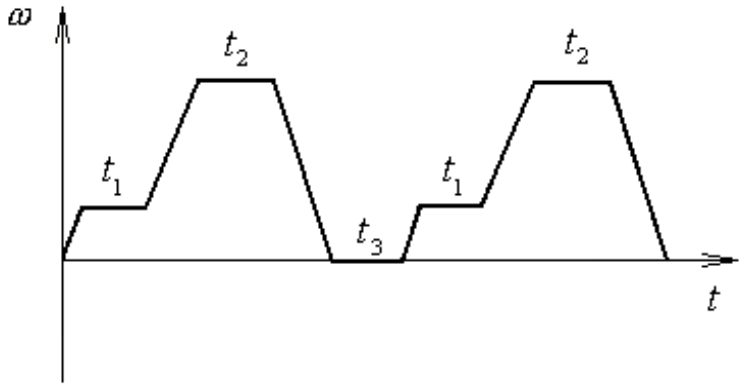
Примерные задания к практическим занятиям приведены ниже.

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



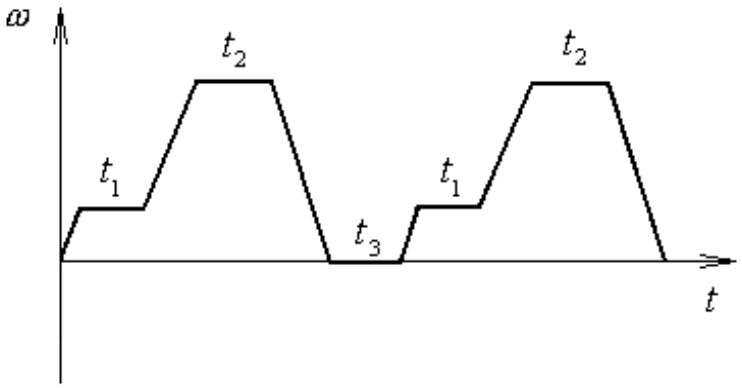
Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции скорости, торможение динамическое в функции скорости, реверс по обмотке возбуждения. Управление от кнопочного поста.

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



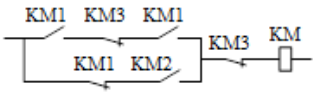
Двигатель асинхронный с фазным ротором, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции скорости, торможение противовключением в функции времени. Управление от кнопочного поста.

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

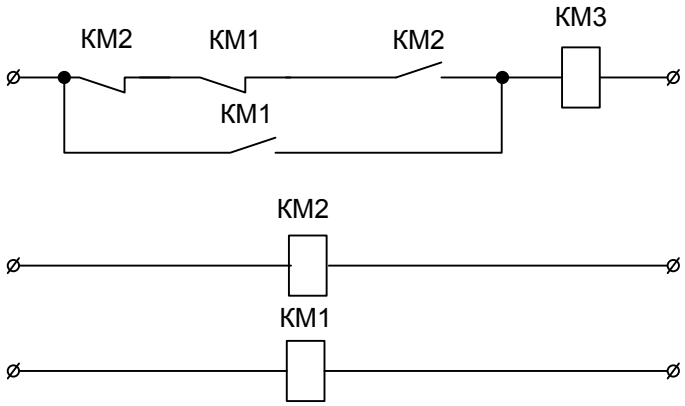


Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции времени, торможение противовключением в функции скорости. Управление от кнопочного поста.

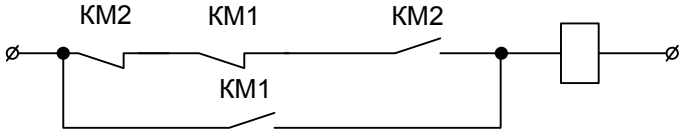
4 Составьте логические выражения и таблицы истинности для приведенной РКС. Составьте эквивалентные ей схему на элементах ИЛИ-НЕ.



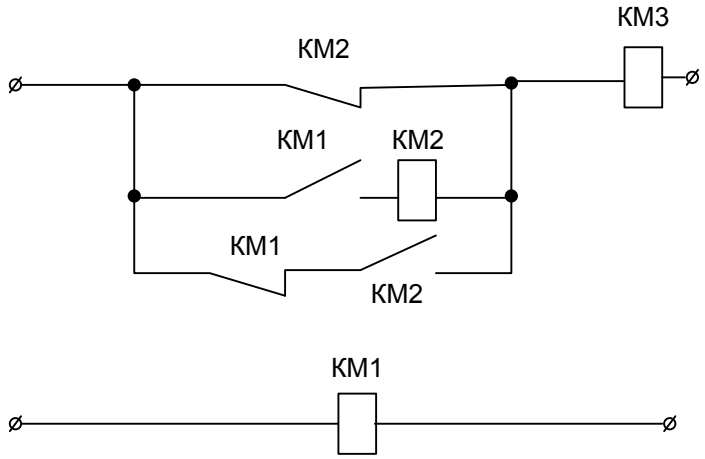
5 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему. Составить таблицу истинности. Составить эквивалентную схему на элементах ИЛИ-НЕ



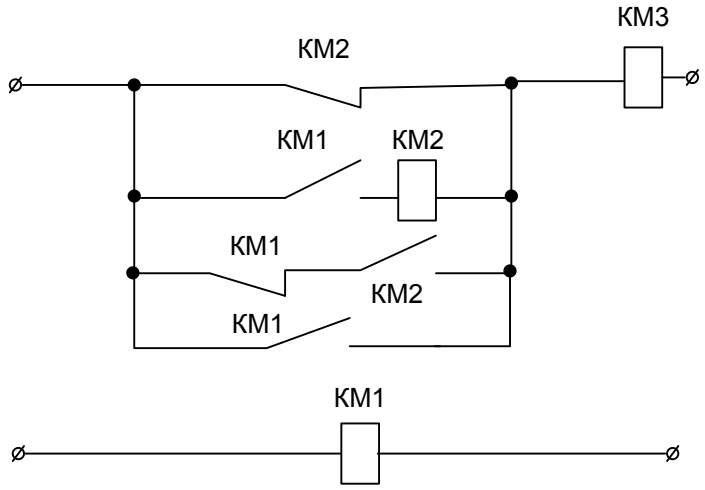
6 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему. Составить таблицу истинности. Составить эквивалентную схему на элементах И-НЕ.



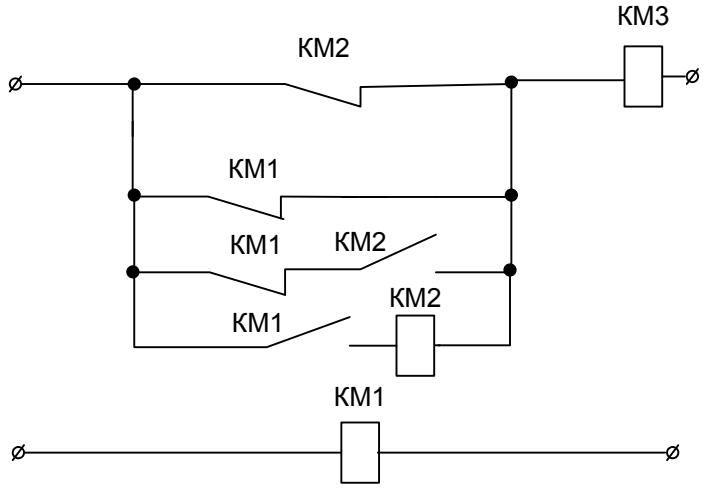
7 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.



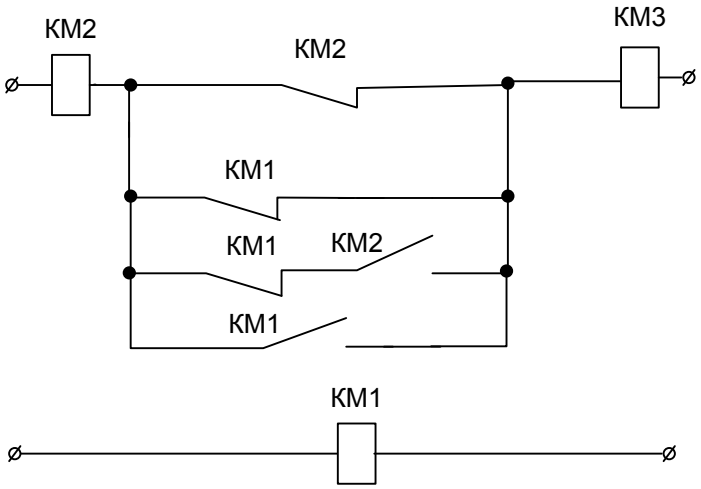
8 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.



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 $\omega_{ср}$

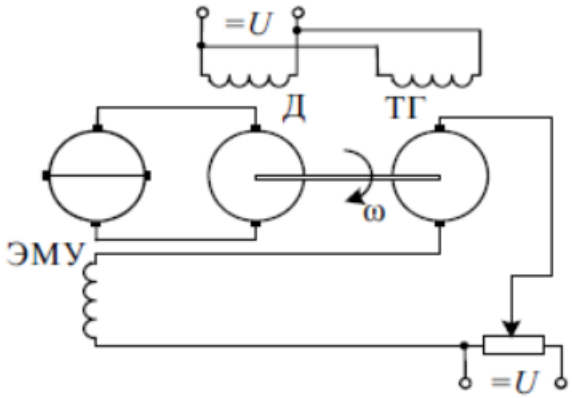
В. Перерегулирование $\sigma\%$

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?

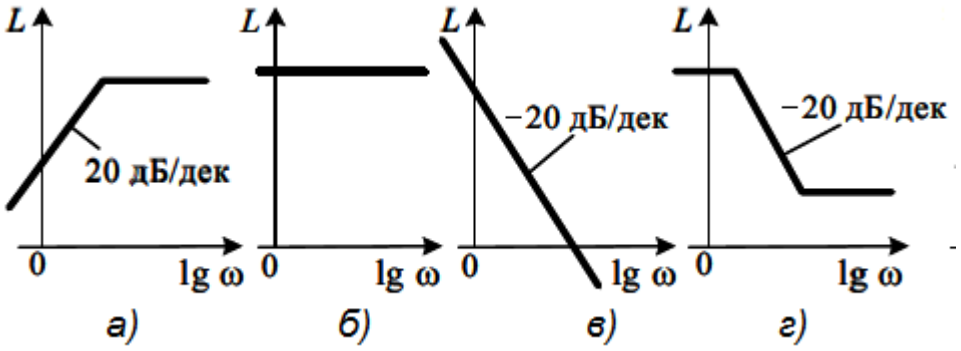
а) $\varphi(\omega) = arctg[\arg(W(p))]|_{p\to j\omega}$;

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?

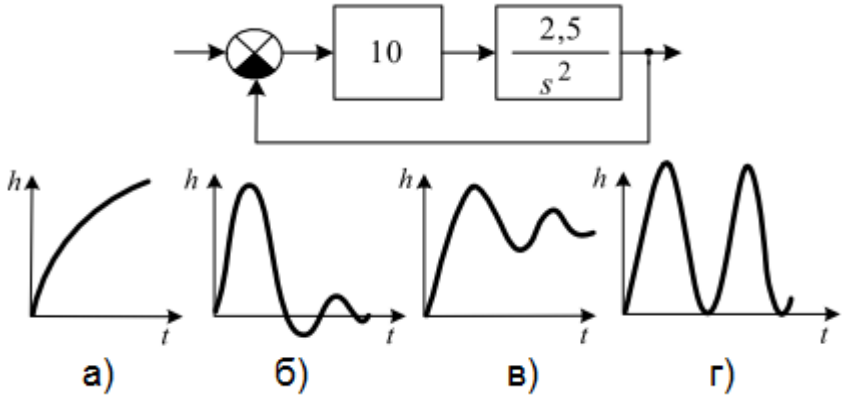
а) $\varphi(\omega) = \frac{K}{\sqrt{T^2 \cdot \omega^2 + 1}}$;

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

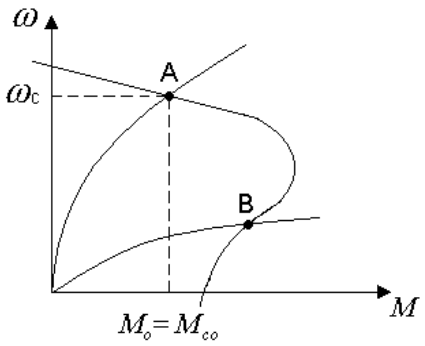
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примерные задания к практическим занятиям приведены ниже.

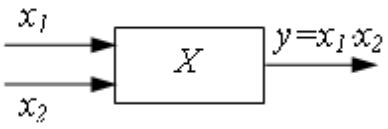
1 Определить дифференциальное уравнение двигателя постоянного тока с независимым возбуждением при управлении изменением напряжения на якоре. Принять: $\Phi = \Phi_n$, $M_c = const$, $J = const$.

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:

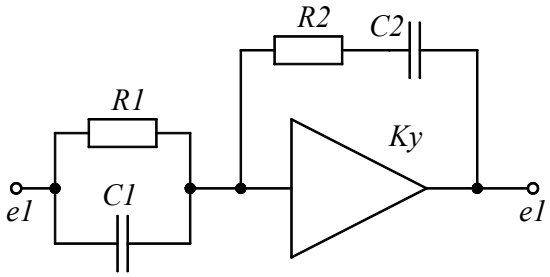
$M_c = M_o + (M_{cн} - M_o)\left(\frac{\omega}{\omega_н}\right)^2$. Механические характеристики двигателя и нагрузки приведены на рисунке.



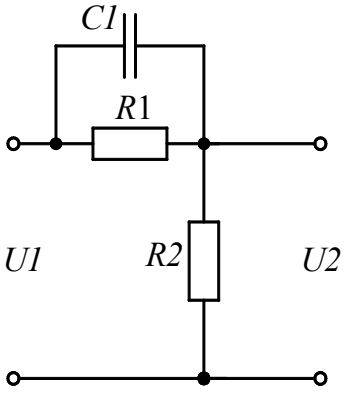
3 Линеаризовать уравнение статической характеристики множительного устройства $y = x_1 x_2$, представленного на рисунке, относительно точки установившегося режима $y_0 = x_{01} x_{02}$.



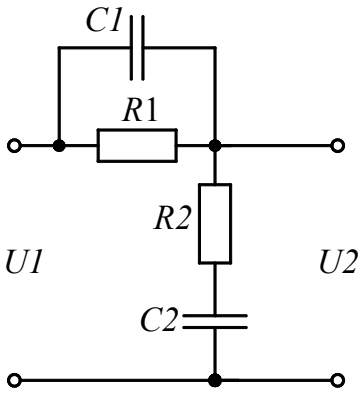
4 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства на базе операционного усилителя, представленного на рисунке.



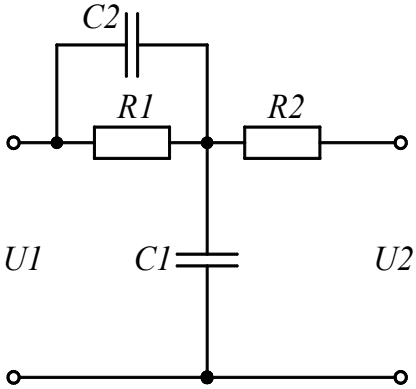
5 Получить дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке.



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

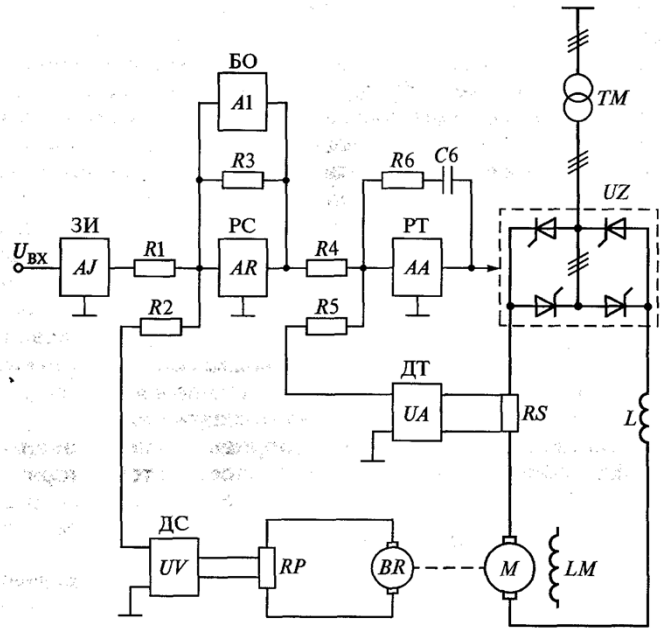
г) $K_{РС} = \dfrac{K_{ДТ}}{2K_{ДС}K_{ПУ}K_{М}T_{П}}$, $T_{РС} = 4T_{ТП}$.

2 Выполнение практических работ

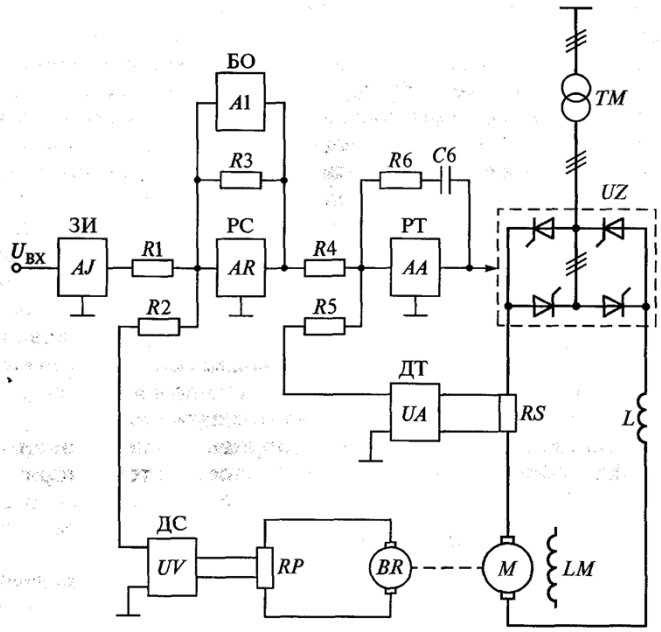
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

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 4AP200L4Y3 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 Вопросы к зачёту с оценкой для промежуточной аттестации

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