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 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: daba56d7b892efca3bf5c04ed0251c98b19b099c
Владелец: Директор ИИТиАС Зимин Алексей Валерьевич
Действителен: с 15 января 2025 г. по 10 апреля 2026 г.
Дата и время: 25-06-2025 12:28:53 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.<br>– 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.<br>– 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.<br>– 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.<br>– 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.<br>– 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.<br>– уметь: проводить исследование СУЭП. |
| | | ПК-3.3 Использует основные приемы обработки и представления полученных данных | – знать: вид переходных процессов СУЭП.<br>– 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.<br>– 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.<br>– 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;<br>Раздел 3;<br>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;<br>2. Оформление отчета о практической работе;<br>3. Подготовка к практическому занятию;<br>4. Прохождение тестирования. | 60 | |
| Раздел 2. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Прохождение тестирования. | 36 | |
| Раздел 3. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Оформление отчета о практической работе;<br>3. Подготовка к практическому занятию;<br>4. Прохождение тестирования. | 61 | |
| Раздел 4. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Прохождение тестирования. | 36 | |
| *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;<br>ПК-2;<br>ПК-3;<br>ПК-4 | 1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе;<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Отчет о практической работе; |

| | | |
|---|---|---|
| | | 4. Оценивание этапов выполнения курсовой работы;<br>5. Тестовые задания |
| Раздел 2. | ПК-1;<br>ПК-2;<br>ПК-3;<br>ПК-4 | 1. Оценивание этапов выполнения курсовой работы;<br>2. Тестовые задания |
| Раздел 3. | ПК-1;<br>ПК-2;<br>ПК-3;<br>ПК-4 | 1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе;<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Отчет о практической работе;<br>4. Оценивание этапов выполнения курсовой работы;<br>5. Тестовые задания |
| Раздел 4. | ПК-1;<br>ПК-2;<br>ПК-3;<br>ПК-4 | 1. Оценивание этапов выполнения курсовой работы;<br>2. Тестовые задания |
| Курсовая работа. | ПК-1;<br>ПК-2;<br>ПК-3;<br>ПК-4 | 1. Вопросы к защите курсовой работы |
| Экзамен. | ПК-1;<br>ПК-2;<br>ПК-3;<br>ПК-4 | 1. Вопросы к экзамену;<br>2. Задачи к экзамену |

## 11 Входной контроль

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

### 11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут.

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

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

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

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

Формы проведения текущего контроля – вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 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 отчетности |
|---|---|---|
| Расчет силовой части СУЭП | 30 | Раздел пояснительной записки |
| Расчет структурной схемы и синтез регуляторов | 60 | Раздел пояснительной записки |
| Моделирование и определение показателей качества СУЭП | 100 | Готовая пояснительная записка |

Критерии оценки курсовой работы

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

| | |
|---|---|
| Задание не выполнено, цель работы не достигнута. | неудовлетворительно |

### 12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

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

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

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

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

### 12.2.3 Рекомендации по оцениванию 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».

### 12.2.5 Рекомендации по оцениванию ответов на вопросы в процессе собеседования при защите отчета о практической работе

Подготовку к защите отчета о практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы. Вопросы для подготовки к защите отчета о практической работе представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

**Критерии оценки устных ответов на вопросы при защите отчета о практической работе:**

– 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, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся).

Критерии оценки устных ответов обучающихся на вопросы при защите отчета о практической работе

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Излагает материал последовательно и правильно; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания. | 2,5 |
| Обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные. | 1,25 |
| Рационально использует время, отведенное на ответ; устный ответ не затянут во времени. | 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 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, |

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

**Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.**

## 14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

**а) литература:**

1 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: 27.03.2025);

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: 27.03.2025);

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: 27.03.2025);

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: 27.03.2025);

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: 27.03.2025);

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: 27.03.2025).

**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):

доцент Модзелевский Дмитрий Евгеньевич (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 «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1 Какой элемент отсутствует в системе, в которой реализован разомкнутый принцип управления?

а) Обратная связь

б) Задающее устройство;

в) Объект управления;

г) Регулятор.

2 Каково основное назначение системы электропривода?

а) Электромеханическое преобразование энергии,

б) Механоэлектрическое преобразование энергии;

в) Электрическое преобразование энергии;

г) Механическое преобразование энергии.

3 Какие обратные связи используются для реализации управления по отклонению?

а) Жесткие отрицательные;

б) Жесткие положительные;

в) Гибкие отрицательные;

г) Гибкие положительные.

4 Как называется функция элемента СУЭП, заключающаяся в электрическом рассоединении силовых цепей и цепей управления?

а) Гальваническая развязка;

б) Нормализация;

в) Электрическая развязка;

г) Фильтрация.

5 Как на функциональных схемах СУЭП обозначается датчик скорости?

а) BR;

б) BQ;

в) BS;

г) ВР.

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?

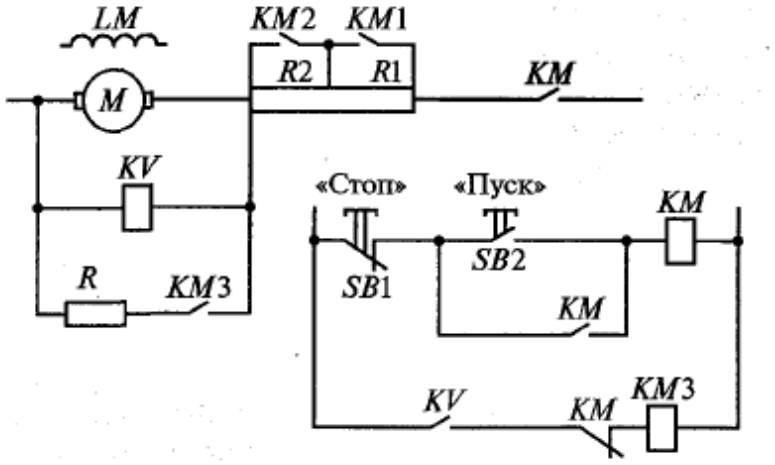
а) Продолжительность работы на всех ступенях задается заранее;

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?

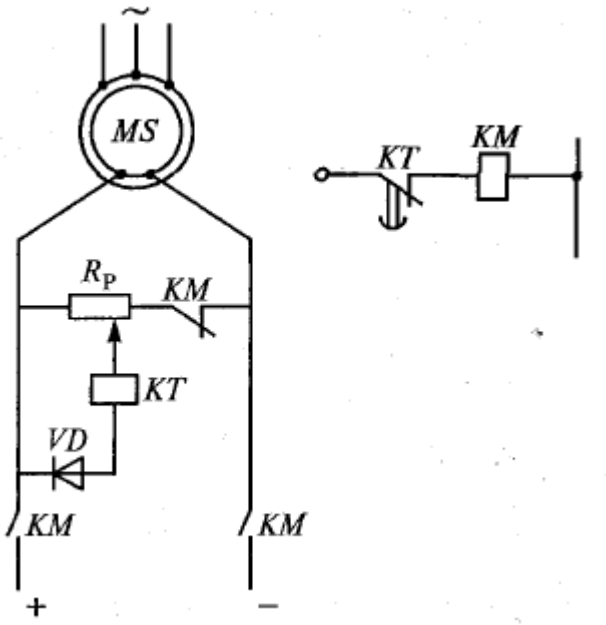
а) При скорости ИХХ напряжение на реле должно быть равно 0;

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?



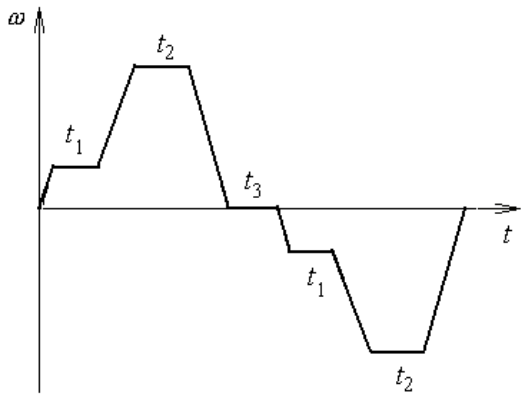

а) Скорости;
б) Тока статора;
в) Тока возбуждения;
г) Времени.

## 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.

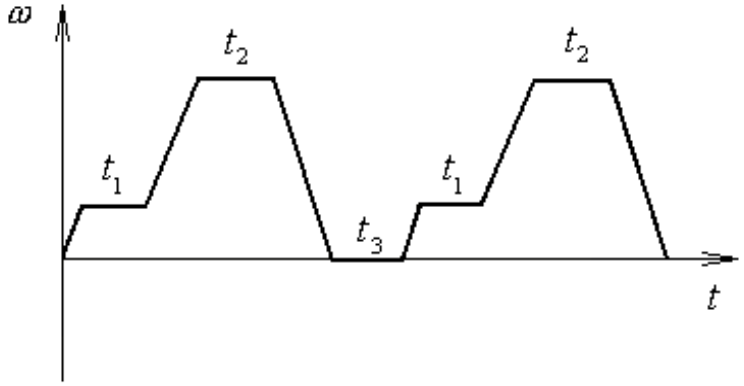
1 Составить релейно-контакторную схему управления электроприводом, работающим в повторно-кратковременном режиме и реализующим следующую тахограмму:




Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции скорости, торможение

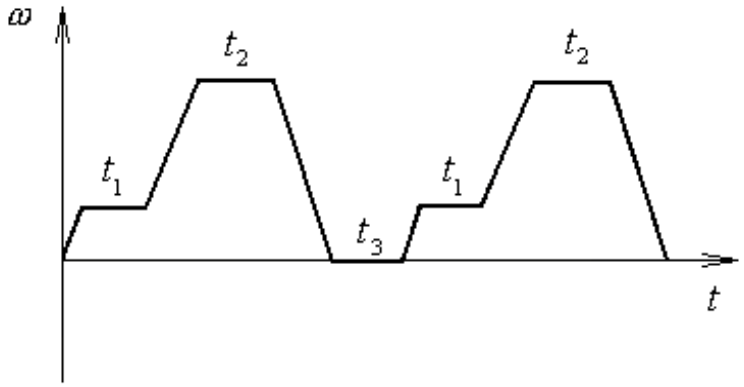
динамическое в функции скорости, реверс по обмотке возбуждения. Управление от кнопочного поста.

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



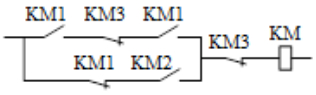

Двигатель асинхронный с фазным ротором, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции скорости, торможение противовключением в функции времени. Управление от кнопочного поста.

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

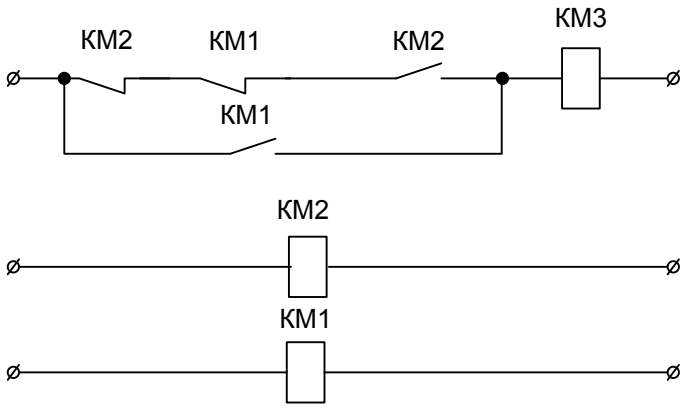



Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, число ступеней пуска *m*=3, пуск в функции времени, торможение противовключением в функции скорости. Управление от кнопочного поста.

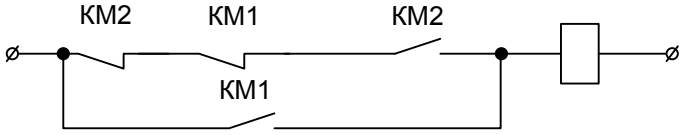
4 Составьте логические выражения и таблицы истинности для приведенной РКС. Составьте эквивалентные ей схему на элементах ИЛИ-НЕ.



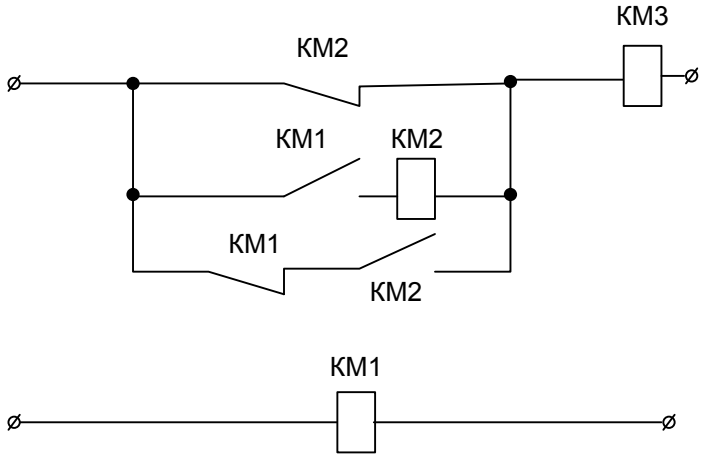
5 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему. Составить таблицу истинности. Составить эквивалентную схему на элементах ИЛИ-НЕ



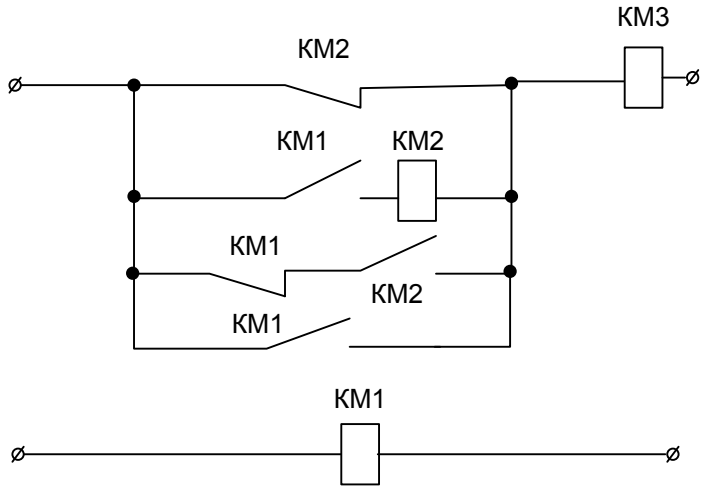

6 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему. Составить таблицу истинности. Составить эквивалентную схему на элементах И-НЕ.



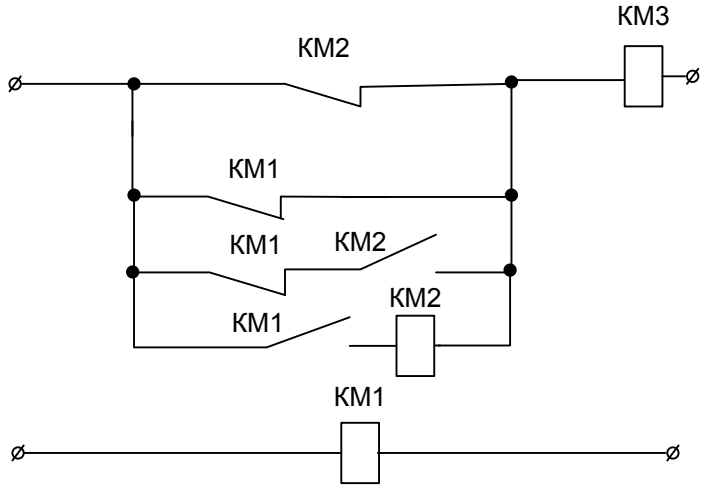

7 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.



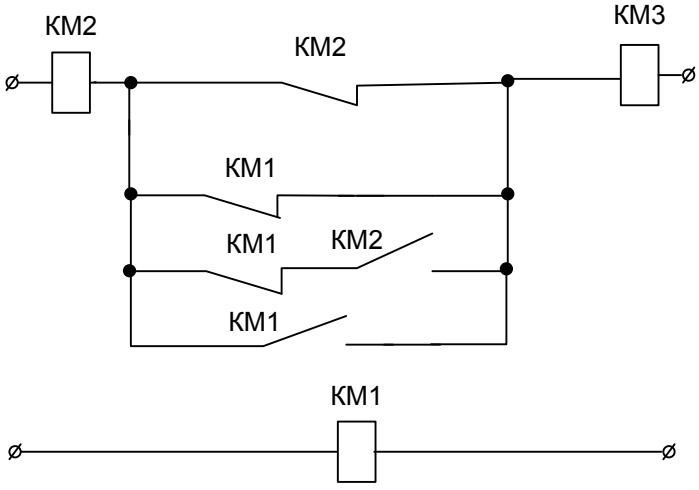

8 Сопоставить релейной схеме, приведенной на рисунке, логическое выражение и логическую схему.




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




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



**3 Оценка выполнения этапов курсовой работы**

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

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

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

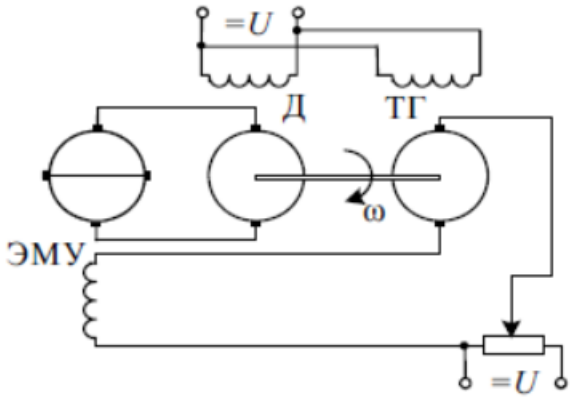
## Раздел 2. Показатели качества СУЭП.

**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 «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. 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.

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

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

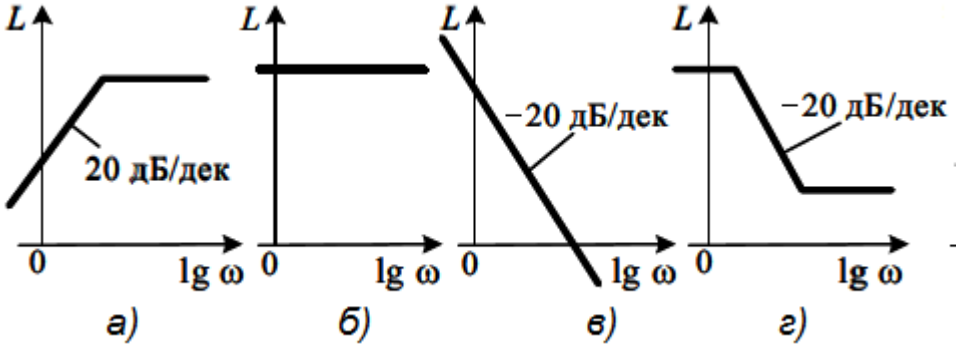
а) $\varphi(\omega) = arctg[\arg(W(p))]|_{p\to j\omega}$;

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

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

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

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




5. Как определяется ФЧХ апериодического звена?

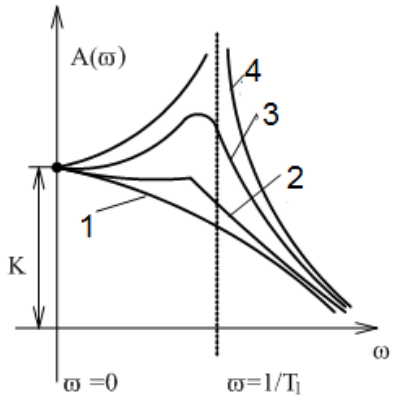
а) $\varphi(\omega) = \dfrac{K}{\sqrt{T^2\cdot\omega^2+1}}$;

б) $\varphi(\omega) = -arctgT\omega$;

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

г) $\varphi(\omega) = arctgT\omega$.

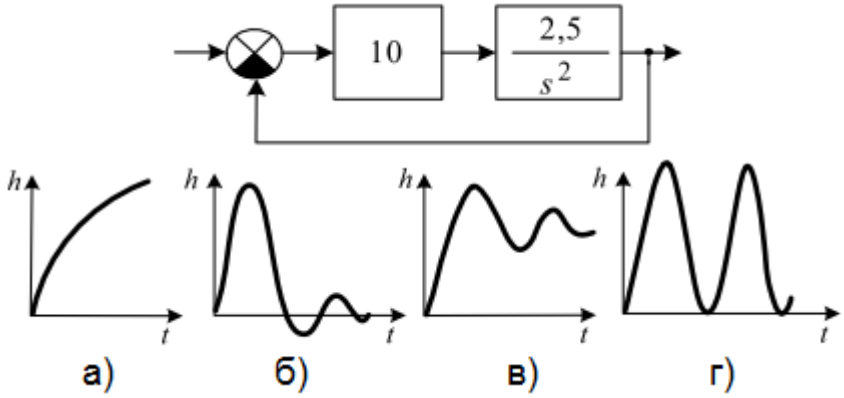
6. Какая из ЛАХ колебательного звена соответствует нулевому коэффициенту демпфирования?




а) 1;
б) 2;
в) 3;
г) 4.

7. Как влияет на статизм замыкание САУ?
а) Увеличивает;
б) Уменьшает;
в) До определенного предела уменьшает, затем резко увеличивает;
г) Не влияет.

8. Определите качественно вид переходной функции для приведенной САУ.




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

10. По какому выражению определяется статизм системы (x – входная координата системы, y – выходная, f – внешнее воздействие)?

а) $\delta_{ст} = \frac{\Delta x}{\Delta f}$;

б) $\delta_{ст} = \frac{\Delta y}{\Delta f}$;

в) $\delta_{ст} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$;

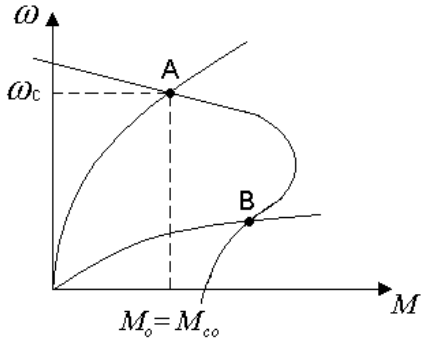
г) $\delta_{ст} = \frac{\Delta x}{\Delta y}$.

## 2 Задачи

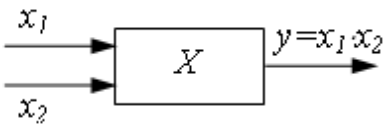
1 Определить дифференциальное уравнение двигателя постоянного тока с независимым возбуждением при управлении изменением напряжения на якоре. Принять: $\Phi = \Phi_n$, $M_c = const$, $J = const$.

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:

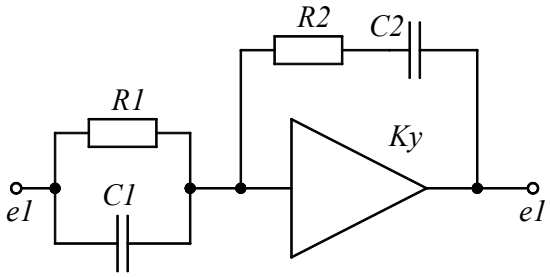
$M_c = M_o + (M_{сн} - M_o)\left(\frac{\omega}{\omega_н}\right)^2$. Механические характеристики двигателя и нагрузки приведены на рисунке.



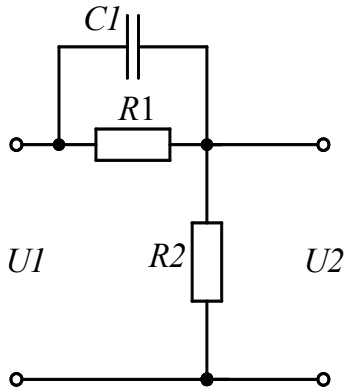

3 Линеаризовать уравнение статической характеристики множительного устройства $y = x_1 x_2$, представленного на рисунке, относительно точки установившегося режима $y_0 = x_{01} x_{02}$.



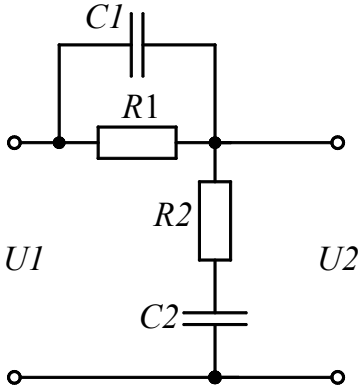

4 Найти дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства на базе операционного усилителя, представленного на рисунке.



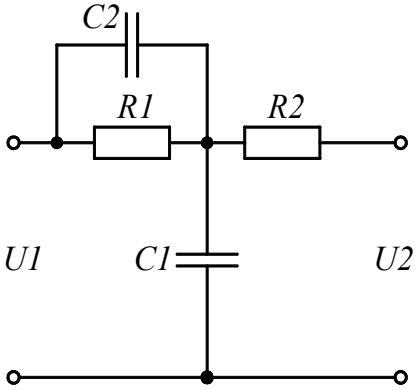

5 Получить дифференциальное уравнение и передаточную функцию устройства, представленного на рисунке.




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 $y = \sqrt{1 - x^3}$.

### 3 Оценка выполнения этапов курсовой работы

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

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

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

## Раздел 3. 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 «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

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

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

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

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

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

2. 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.

3. По какой причине нежелательно последовательное включение двух или более регуляторов с зоной ограничения?

а) Возникновение низкочастотных высокоамплитудных колебаний;

б) Накопление ошибки интегрирования;

в) Затягивание переходного процесса;

г) Чрезмерное форсирование переходного процесса.

4. Какой регулятор скорости используется, если требуется поддержание постоянной скорости с высокой точностью?

а) П;

б) ПИ;

в) ПД;

г) ПИД.

5. Чего позволяется добиться П-составляющая в ПИ-регуляторе тока якоря?

а) Увеличение быстродействия контура тока и устранение выбросов тока при ударном приложении нагрузки;

б) Формирование вертикального участка статической характеристики при работе на упор;

в) Снижение статической и динамической просадки скорости;

г) Устранение низкочастотных колебаний электромагнитного момента.

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

а) Тм>Тя;

б) Тм>2Тя;

в) Тм>4Тя;

г) Тм>8Тя.

7. По какой причине не применяется регулирование скорости вращения двигателя постоянного тока выше основной увеличением напряжения на якоре?

а) Увеличение потерь в обмотке якоря;

б) Перегрев стали машины;

в) Снижение развиваемого двигателем момента;

г) Ухудшение условий коммутации.

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

а) 4,3%;

б) 47%;

в) 5%;

г) 25%.

9. По какой причине стандартный ПИ-регулятор тока якоря не обеспечивает астатизма в контуре?

а) Действие противо-ЭДС двигателя;

б) Размагничивающее влияние интегральной составляющей тока;

в) Наличие вихревых токов;

г) Явления гистерезиса в якорной цепи.

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

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

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

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

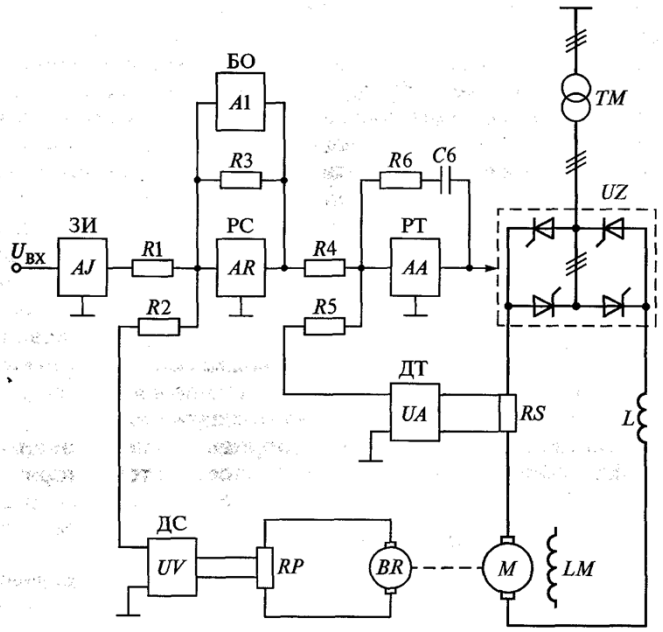
г) $K_{РС} = \frac{K_{ДТ}}{2K_{ДС}K_{ПУ}K_{М}T_{П}}$, $T_{РС} = 4T_{ТП}$.

## 2 Выполнение практических работ

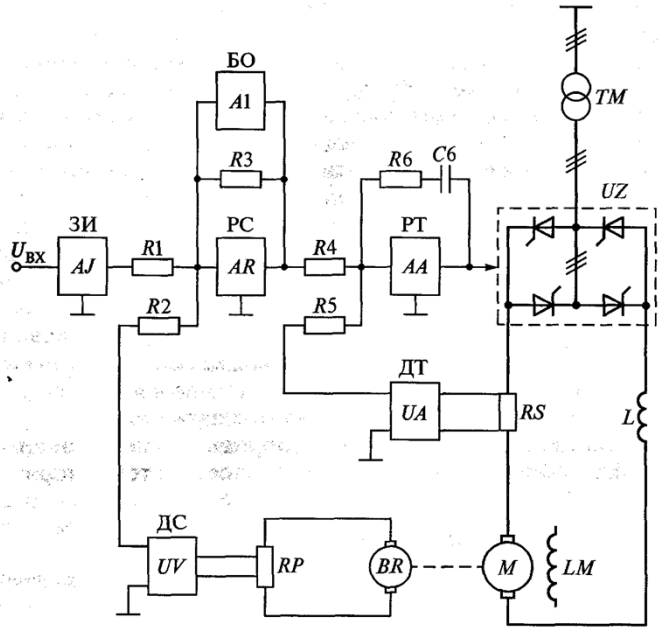
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

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 $\omega$. Параметры звеньев схемы: $K_{ПУ} = 232.838$, $K_{Д} = 0.57$, $K_{ДС} = 0.0532$, $K_{ДТ} = 0.12$; $W_{ТП} = \dfrac{22}{0.01p+1}$, $W_{Я} = \dfrac{1.4286}{0.032p+1}$, $W_{М} = \dfrac{8.867}{p}$.

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:

$K_{ПУ} = 220.48$, $K_{Д} = 0.54$, $K_{ДС} = 0.0672$, $K_{ДТ} = 0.08$; $W_{ТП} = \frac{23}{0.01p+1}$,

$W_{Я} = \frac{1.34}{0.051p+1}$, $W_{М} = \frac{7.22}{p}$.

**3 Оценка выполнения этапов курсовой работы**

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

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

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

## Раздел 4. 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 «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Как записывается уравнение электромеханической характеристики асинхронного двигателя?

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

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

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

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

2. Как записывается уравнение формирования момента асинхронного двигателя?

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

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

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

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

3. Какие векторы формируют треугольник моментов асинхронного двигателя?

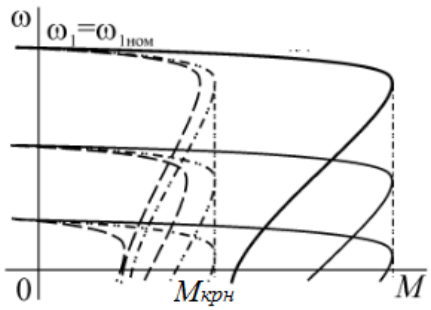
а) $\vec{\Psi}_1, \vec{\Psi}_2$,

б) $\vec{I}_1, \vec{I}_2$,

в) $\vec{U}_1, \vec{U}_2$,

г) $\vec{E}_1, \vec{E}_2$.

4. Какому типу управления соответствуют механические характеристики, показанные на рисунке сплошными линиями?



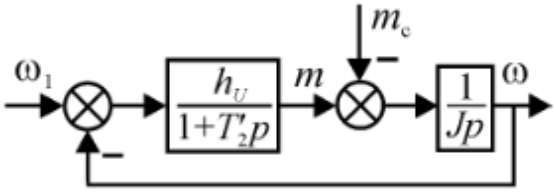

а) Скалярное с IR-компенсацией;

б) Скалярное с IZ-компенсацией;

в) Трансвекторное;

г) Прямое управление моментом.

5. Чему соответствует показанная на рисунке структурная схема?




а) Рабочему участку механической характеристики АД;
б) Неустойчивому участку механической характеристики АД;
в) Режиму холостого хода АД;
г) Режиму короткого замыкания АД.

6. Как записывается закон Костенко?

а) $\frac{U_1}{f_1} = const$,

б) $U_1 f_1 = const$,

в) $\frac{U_2}{f_2} = const$,

г) $U_2 f_2 = const$.

7. Для чего применяется IR-компенсация при скалярном управлении АД?

а) Сохранение жесткости рабочего участка механической характеристики не ниже естественной;
б) Увеличение жесткости рабочего участка механической характеристики;
в) Уменьшение жесткости рабочего участка механической характеристики;
г) Получение абсолютно жесткой механической характеристики.

8. Как записывается уравнение формирования момента при трансвекторном управлении?

а) $M = \frac{3 z_П L_\mu}{2 L_2} \Psi_{2d} I_{1q}$,

б) $M = \frac{3 z_П L_\mu}{2 L_2} \Psi_{2q} I_{1d}$,

в) $M = \frac{3 z_П L_\mu}{2 L_2} \Psi_{1d} I_{2q}$,

г) $M = \frac{3 z_П L_\mu}{2 L_2} \Psi_{1q} I_{2d}$.

9. Как определяется угол нагрузки синхронного двигателя?

а) Угол между векторами потокосцепления ротора и полного потокосцепления машины;

б) Угол между векторами потокосцепления ротора и потокосцепления статора;

в) Угол между векторами тока ротора и полного потокосцепления машины;

г) Угол между векторами тока ротора и потокосцепления статора.

10. Как записывается уравнение формирования момента при регулировании продольной и поперечной составляющих тока статора синхронного двигателя?

а) $M = 0{,}5L_{\mu}\left(\psi_d i_q - \psi_q i_d\right)$,

б) $M = 0{,}5L_{\mu}\left(\psi_d i_q + \psi_q i_d\right)$,

в) $M = -0{,}5L_{\mu}\left(\psi_d i_q - \psi_q i_d\right)$,

г) $M = -0{,}5L_{\mu}\left(\psi_d i_q + \psi_q i_d\right)$.

**2 Задачи**

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*, *2р=6*, *sн=1,5%*, *R2=0,42 Ом*, $\lambda$*=2,8*, рассчитать пусковые сопротивления для четырехступенчатой роторной станции.

3 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=300 кВт*, *2р=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 $U_c$=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 «Moodle».

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

## 4 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1 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 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

1 Определить значения скорости холостого хода и напряжения на статоре АД при частоте 25 Гц и законе управления $U_1/f^2$=const, если двигатель имеет следующие параметры: Рном=1,4 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$= 870 об/мин; λ=2,8. Построить механические характеристики при разных частотах.

2 Определить значения скорости холостого хода и напряжения на статоре АД при частоте 25 Гц и законе управления $U_1/f$=const, если двигатель имеет следующие параметры: $P_{ном}$=1,4 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$=1440 об/мин; λ=2,5. Построить механические характеристики при разных частотах.

3 Определить значения скорости холостого хода и напряжения на статоре АД при частоте 25 Гц и законе управления $U^2_1/f$=const, если двигатель имеет следующие параметры: Рном=1,4 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$= 870 об/мин; λ=2,8. Построить механические характеристики при разных частотах.

4 АД типа МТКН-211-6 имеет следующие данные: $P_{ном}$=8,2 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$=875 об/мин; $f_1$=50 Гц; $I_{1ном}$=115 А; $R_c$=0,835 Ом; $x_1$=0,88 Ом; 2R=1,4 Ом; 2x=0,88; λ =2,5, $\eta_н$=0,715. cos$\varphi_{ном}$=0,75. Построить его механические и электромеханические характеристики в двигательном режиме и в режиме торможения противовключением с дополнительным сопротивлением $2R_2$.

5 Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения построить естественную скоростную характеристику и выбрать пусковой реостат (для пуска двигателя в 3 ступени). Паспортные данные двигателя: $P_н$=11 кВт, $U_н$=220 В, $I_н$=62 А, $n_н$=1000 об/мин. Считать, что ток якоря равен току двигателя (пренебречь током возбуждения).

6 Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения со следующими параметрами: Rя=0,08 Ом; Кд=0,31 (рад/с)/В; $\omega_{ном}$=65 рад/с; Iян=170 А; Рн=33 кВт; Uян=220 В получить уравнение и построить естественные электромеханическую и электромеханическую характеристики. Определить просадку скорости при номинальном моменте и номинальном напряжении на двигателе, рассчитать диапазон регулирования скорости и статическую ошибку при номинальной нагрузке при снижении напряжения до 0,3 номинального.

7 Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения типа ДП-42 со следующими параметрами: Rя=0,12 Ом; kФ=3,23 В*с; $n_{ном}$=650 об/мин; Iян=91,6 А; Рн=33 кВт; Uян=220 В получить уравнение и построить естественные электромеханическую и электромеханическую

характеристики. Определить просадку скорости при номинальном моменте и номинальном напряжении на двигателе, рассчитать диапазон регулирования скорости и статическую ошибку при номинальной нагрузке при снижении напряжения до 0,2 номинального.

8 Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения со следующими параметрами: Rя=1,5 Ом; Кд=0,66 (рад/с)/В; $\omega_{ном}$=130 рад/с; Iян=14,5 А; Рн=2,5 кВт; Uян=110 В получить уравнение и построить естественные электромеханическую и электромеханическую характеристики. Определить просадку скорости при номинальном моменте и номинальном напряжении на двигателе, рассчитать диапазон регулирования скорости и статическую ошибку при ослаблении поля до 0,8 номинального значения.

9 Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения со следующими параметрами: Rя=0,9 Ом; kФ=1,82 В*с; $n_{ном}$=1050 об/мин; Iян=25 А; Рн=4,5 кВт; Uян=220 В получить уравнение и построить естественные электромеханическую и электромеханическую характеристики. Определить просадку скорости при номинальном моменте и номинальном напряжении на двигателе, рассчитать диапазон регулирования скорости и статическую ошибку при включении в цепь якоря добавочного сопротивления величиной 0,45 Ом.

10 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: $K_{ПУ} = 220.48$, $K_{Д} = 0.54$, $K_{ДС} = 0.0672$, $K_{ДТ} = 0.08$; $W_{ТП} = \frac{23}{0.01p+1}$, $W_{Я} = \frac{1.34}{0.051p+1}$, $W_{М} = \frac{7.22}{p}$.

11 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: $K_{ПУ} = 232.838$, $K_{Д} = 0.57$, $K_{ДС} = 0.0532$, $K_{ДТ} = 0.12$; $W_{ТП} = \frac{22}{0.01p+1}$, $W_{Я} = \frac{1.4286}{0.032p+1}$, $W_{М} = \frac{8.867}{p}$.

12 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: $K_{ПУ}=150$, $K_{Д}=1.43$, $K_{ДС}=0.0633$, $K_{ДТ}=0.0125$; $W_{ТП}=\frac{60}{0.01p+1}$, $W_{Я}=\frac{0.343}{0.09p+1}$, $W_{М}=\frac{10.7}{p}$.

13 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: Тя=0,038 с; Тм=0,145 с; Rя=0,08 Ом; Кд=0,31 (рад/с)/В; Кдс=0,978 В/(рад/с); $\omega_{ном}$=65 рад/с; Iян=170 А; Рн=33 кВт; kдт=0,02 В/А; Uян=220 В; Ттп=0,01 с; Uу=10 В.

13 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: Тя=0,04 с; Тм=0,17 с; Rя=0,21 Ом; Кд=0,35 (рад/с)/В; Кдс=0,0866 В/(рад/с); $\omega_{ном}$=71 рад/с; Iян=85 А; Рн=16 кВт; kдт=0,04 В/А; Uян=230 В; Ттп=0,001 с; Uу=5 В.

14 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: Тя=0,03 с; Тм=0,13 с; Rя=6,4 Ом; Кд=1,05 (рад/с)/В; Кдс=0,0289 В/(рад/с); $\omega_{ном}$=210 рад/с; Iян=4,7 А; Рн=0,75 кВт; kдт=0,8 В/А; Uян=220 В; Ттп=0,01 с; Uу=2,5 В.

15 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=15 кВт*, *2р=8*, *sн=5%*, *R2=0,37 Ом*, *λ=3*, рассчитать пусковые сопротивления для трехступенчатой роторной станции.

16 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=10 кВт*, *2р=4*, *sн=5%*, *R2=0,115 Ом*, *U1ф=220 В*, работающего с моментом нагрузки на валу М=0,75Мн, рассчитать сопротивление в обмотке ротора, при котором при указанной нагрузке скорость составит 0,5 номинальной.

17 Асинхронный двигатель типа 4АН200М4 с параметрами *Рн=45 кВт*, $n_н$*=1475 об/мин*, $\eta_н$*=91%*, $cos\varphi_н$*=0,89*, $\lambda_i$*=6,* $\lambda_п$*=1,3,* $\lambda$*=2,5,* 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».

18 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=3 кВт*, *zп=3*, *sн=10,5%*, *R2=3,37 Ом*, *λ=2,2*, рассчитать пусковые сопротивления для четырехступенчатой роторной станции.

19 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=30 кВт*, *2р=6*, *sн=2,3%*, *R2=0,0,07 Ом*, *U1ф=220 В*,

работающего с моментом нагрузки на валу М=0,8Мн, рассчитать сопротивление в обмотке ротора, при котором при указанной нагрузке скорость составит 0,3 номинальной.

20 Асинхронный двигатель с параметрами *Рн=8,2 кВт*, $n_н$*=875 об/мин*, $\eta_н$*=71,5%*, $cos\varphi_н$*=0,75*, $\lambda_i$*=5,8,* $\lambda_п$*=1,4,* $\lambda$*=2,5,* включен в сеть с $U_ф$*=220 В*. Обмотки статора соединены «звездой». Определить, как изменятся пусковые токи, пусковой момент и перегрузочная способность двигателя при переключении обмоток на схему «треугольник».

21 Определить значения скорости холостого хода и напряжения на статоре АД при частоте 20 Гц и законе управления $U_1/f^2$=const, если двигатель имеет следующие параметры: Рном=1,4 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$= 870 об/мин; λ=2,8. Построить механические характеристики при частотах напряжения на статоре 50 Гц и 20 Гц.

22 Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=30 кВт*, *2р=6*, *sн=2,3%*, *R2=0,0,07 Ом*, *U1ф=220 В*, *λ=2,7*, рассчитать пусковые сопротивления для двухступенчатой роторной станции.

23 Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения со следующими параметрами: Тя=0,038 с; Тм=0,145 с; Rя=0,08 Ом; Кд=0,31 (рад/с)/В; $\omega_{ном}$=65 рад/с; Iян=170 А; Рн=33 кВт; Uян=220 В определить номинальную ЭДС якоря и построить зависимость ЭДС от тока нагрузки при его изменении от Iян до 0,1Iян для номинального значения потока возбуждения и для ослабленного на 12% потока.

24 Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения со следующими параметрами: Тя=0,04 с; Тм=0,17 с; Rя=0,21 Ом; Кд=0,35 (рад/с)/В; $\omega_{ном}$=71 рад/с; Iян=85 А; Рн=16 кВт; Uян=230 В определить номинальную ЭДС якоря, ЭДС якоря при сниженном до 0,8Uян напряжении на якоре и при ослабленном на 8% поток возбуждения. Получить передаточную функцию гибкой обратной связи по напряжению в датчике ЭДС.

25 Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения со следующими параметрами: Rя=0,35 Ом; Lя=23 мГн; nн=620 об/мин; kФ=3,22 В*с; Uян=220 В; Iян=31 А; J=4,9 кг*м$^2$ определить электромагнитную и электромеханическую постоянные времени, передаточную функцию гибкой ОС по напряжению в датчике ЭДС. Определить, можно ли пренебречь внутренней ОС по ЭДС машины при расчете СУЭП на ее основе.

## 6 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 «Moodle».

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

## 7 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).