

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет энергетики и управления  
Гудим А.С.  
« 30 » 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы управления электроприводами»

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электропривод и автоматика
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7, 8	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой (2), Курсовой проект	Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

Разработчик рабочей программы:

Профессор, Профессор, Доктор технических наук

 Соловьев В.А

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

 Черный С.П.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Системы управления электроприводами» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Электропривод и автоматика» по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 40.180 «СПЕЦИАЛИСТ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА».

Обобщенная трудовая функция: А Оформление технической документации на различных стадиях разработки проекта системы электропривода.

НЗ-2 Правила составления технического задания на разработку проекта системы электропривода.

Профессиональный стандарт 40.180 «СПЕЦИАЛИСТ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА».

Обобщенная трудовая функция: В Разработка отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода.

НЗ-1 Требования законодательства Российской Федерации и нормативных правовых актов, нормативных технических и нормативных методических документов к устройству системы электропривода, НУ-4 Применять систему автоматизированного проектирования для разработки графических частей отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода.

Задачи дисциплины	- Формирование навыков владения в области автоматизированных систем управления электроприводами, анализ, синтез и проектирование систем автоматизированного электропривода.
Основные разделы / темы дисциплины	- Общие сведения о СУЭП - Разомкнутые СУЭП - Замкнутые СУЭП постоянного тока - Замкнутые СУЭП на базе асинхронного двигателя - Замкнутые СУЭП на базе синхронного двигателя - СУЭП специального назначения

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Системы управления электроприводами» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-2 Способен к разра-	ПК-2.1 Знает правила состав-	Знать методики выполнения

<p>ботке комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода</p>	<p>ления и выполнения технического задания на разработку проекта системы электропривода  ПК-2.2 Умеет осуществлять сбор, обработку и анализ справочной и реферативной информации об оборудовании для написания документов, проведения расчетов, выполнения текстовых и графических разделов проекта системы электропривода  ПК-2.3 Владеет навыками оформления разделов комплектов конструкторских документов эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода</p>	<p>расчетов проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса  Уметь выполнять расчеты проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса  Владеть навыками выполнения технического задания проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса</p>
--	--	---

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы управления электроприводами» изучается на 4 курсе, 7, 8 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Микропроцессорные устройства систем управления», «Б1.В.ДВ.01.01 Электрический привод», «Б1.В.ДВ.01.02 Основы теории электропривода».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Системы управления электроприводами», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Проектирование элементов автоматизированных систем», «Производственная практика (технологическая практика)», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Системы управления электроприводами» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения лекций, практических занятий и курсового проекта.

Дисциплина «Системы управления электроприводами» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 з.е., 324 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	324
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	22
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	10 2
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	12 2
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	294
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой (2), Курсовой проект	8

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
7 семестр				
<b>Общие сведения о СУЭП.</b> Назначение и функции СУЭП. Клас-	2			12

<p>сификация и способы описания СУЭП. Принципы построения СУЭП. Общие сведения об электроприводах с управлением по жесткой программе. Релейно- контакторные СУЭП. Дискретно-логические СУЭП: математическое описание; методы синтеза СУЭП; построение дискретно-логических СУЭП на основе цифровых узлов. Защиты электроприводов: аварийные режимы, причины возникновения, последствия; виды защит электроприводов</p>				
<p>Синтез релейно-контакторных схем управления двигателем постоянного тока. Исследование релейно-контакторной защиты электроприводов.</p>			2	10
<p>Релейно-контакторные СУЭП: функции релейно-контакторных систем управления; принципы построения СУЭП на релейно-контактной аппаратуре; сравнительная оценка принципов. Проектирование релейно-контакторной схемы управления.</p>				10
<p><b>Разомкнутые СУЭП.</b> Регулирование скорости электропривода постоянного тока: регулирование по возмущению и по отклонению при помощи управляемых преобразователей постоянного тока; Техническая реализация регуляторов; области применения и рекомендации по выбору структуры СУЭП для регулирования нескольких координат.</p>	2			12
<p>Составление, сборка и наладка схемы автоматического управления асинхронным электроприводом на бесконтактных элементах</p>				8
<p>Методики расчета разомкнутых систем управления электроприводами постоянного тока. Принципиальные электрические, функциональные и структурные схемы СУЭП; математические модели СУЭП, линеаризация и упрощение моделей. Принципы построения СУЭП</p>				22

<p><b>Замкнутые СУЭП постоянного тока.</b> Системы с суммирующим усилителем: реализация процесса суммирования нескольких входных сигналов; типовые обратные связи по скорости, ЭДС, току, напряжению, особенности их реализации; форсировки и отсечки; статические и динамические характеристики СУЭП, основные аспекты проектирования таких СУЭП*</p> <p>Системы подчиненного регулирования координат: настройка внутреннего контура, оптимизация динамики, требования к желаемой ЛАХ; стандартные настройки регуляторов на технический и симметричный оптимум; настройка внешнего контура; динамические характеристики</p>	2*			18
<p>Исследование характеристик одноконтурной системы стабилизации скорости с последовательной коррекцией. Исследование непрерывной системы стабилизации скорости с суммирующим усилителем. Исследование системы тиристорный выпрямитель-двигатель. Экспериментальное определение параметров объектов управления в системе электропривода подчиненного регулирования.</p>			4	18
<p>Анализ и синтез СУЭП с суммирующим усилителем. Моделирование систем управления электроприводами с суммирующим усилителем.</p>				18
<b>ИТОГО по дисциплине (7семестр)</b>	6		6	128
<b>8 семестр</b>				
<p><b>Замкнутые СУЭП на базе асинхронного двигателя.</b> Особенности асинхронных электроприводов: особенности асинхронного двигателя как объекта управления; классификация способов регулирования координат асинхронного электродвигателя; допущения, принимаемые при построении СУЭП на базе асин-</p>	2			18

<p>хронного двигателя.          Регулирование координат изменением напряжения: управление асинхронными двигателями регулированием напряжения статора; управление асинхронными двигателями регулированием напряжения ротора.          Скалярное частотное управление: разомкнутые системы управления, законы частотного регулирования; замкнутые системы управления с обратными связями по скорости, по току, по скольжению; оптимальные системы частотного управления.          Частотно-токовое управление: особенности систем частотно токового управления, основные способы коррекции; способы реализации источника тока; типовые структуры систем частотно-токового управления</p>				
<p>Изучение лабораторного стенда «ЭП-НК»          Изучение элементов систем управления электропривода.          Изучение влияния типа обратной связи на статические и динамические характеристики замкнутой системы.          Исследование системы подчиненного регулирования с внешним контуром регулирования скорости</p>			4	6
<p>Расчет СУЭП постоянного тока замкнутого типа.          Расчет СУЭП постоянного тока замкнутого типа с суммирующим усилителем.          Расчет и проектирование СУЭП постоянного тока с подчиненным регулированием координат*          Расчет СУЭП замкнутого типа по системе ТРН-АД</p>				16
<p>Анализ заданий на КП и подбор технической литературы по тематике КП.          Анализ и расчет силовой части СУЭП.          Структуры СУЭП асинхронным двигателем при управлении изменением напряжения.          Расчет и построение статических характеристик силовой части электропривода и всей системы в целом.</p>				20



Составление структурной схемы электропривода. Расчет динамических режимов электропривода.				
<b>Замкнутые СУЭП на базе синхронного двигателя.</b> Синхронные электроприводы: регулирование возбуждения; частотно-токовое регулирование момента синхронного электродвигателя; управление синхронным электроприводом с регулированием продольной и поперечной составляющих тока статора. Электроприводы на базе вентильного двигателя: особенности конструкции вентильных двигателей; структура системы управления и настройки регуляторов для электроприводов на базе вентильных двигателей.	2			16
Исследование системы подчиненного регулирования с внешним контуром регулирования напряжения. Исследование замкнутой системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель				10
Расчет и выбор параметров преобразователя частоты для системы частотного регулирования		2*		6
Синтез регуляторов и расчет их параметров. Моделирование переходных процессов электропривода в линейной системе управления.				20
<b>СУЭП специального назначения.</b> Управление положением и следящие электроприводы: задачи позиционирования и слежения, требования к электроприводам; типовые узлы систем управления позиционным электроприводом постоянного и переменного тока; структурные схемы и основные элементы следящего электропривода; статические и динамические характеристики; способы повышения точности. Программное управление: классификация систем программного управления; общая структура систем числово-				10

го программного управления; особенности сопряжения устройств числового программного управления с электроприводом; алгоритмы работы электроприводов с числовым программным управлением				
Моделирование частотно регулируемых электроприводов				10
Расчет фильтров преобразователей частоты с автономными инверторами				6
Моделирование переходных процессов электропривода с учетом ограничений. Разработка принципиальной схемы управления системой электропривода и ее описание.				28
<b>ИТОГО по дисциплине 8 (семестр)</b>	4	2	4	166
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	10	2	10	294

\* реализуется в форме практической подготовки

## 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	96
Подготовка к занятиям семинарского типа	28
Подготовка и оформление курсового проекта	110
Подготовка и оформление расчетно-графической работы	60
	<b>294</b>

## 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов: Учебник для вузов / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – Москва : Академия.- 2008. – 301 с.
2. Зимин, Е.Н. Автоматическое управление электроприводами: Учебное пособие для вузов по спец. "Электропривод и автоматизация промышленных установок"/ Е.Н. Зимин, В.И. Яковлев. – Москва : Высшая школа. – 1979. - 318с.
3. Панкратов, В.В. Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока: учебное пособие / В.В. Панкратов. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 200 с. // IPRbooks : электронно-библиотечная система. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/45357.html> (дата обращения 25.05.2021). – Режим доступа по подписке.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами. 3-е изд., перераб. и доп. Под ред. В.И.Круповича. - М.: Энергоиздат, 1982. - 416с.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. В.А.Елисеева, А.В.Шинянского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 616с.

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины (при наличии)**

1. Соловьев, В.А. Системы управления электроприводами . Лабораторный практикум. / В.А. Соловьев, Е.Н. Землянская. - Комсомольск-наАмуре: КнАГТУ, 2015. - 93с.

### **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

- 1) ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система : сайт. – URL: <http://www.znanium.com> (дата обращения: 25.05.2021).
- 2) IPRbooks : электронно-библиотечная система: сайт. - URL: <http://www.iprbookshop.ru> (дата обращения: 25.05.2021)
- 3) consultant.ru: информационно-справочная система «Консультант плюс» : сайт. – Москва, 2021 – . – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.05.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1)Школа для электрика / <http://electricalschool.info/elprivod/>.
- 2) Частотно-регулируемый асинхронный электропривод - курс лекций / Г.Б. Онищенко // [electrolibrary.info](http://electrolibrary.info) : электронная электротехническая библиотека. – Раздел сайта «Видеокурсы». – URL: <http://www.electrolibrary.info/58-chastotno-reguliruemu-y-asinhronnyy-elektroprivod-kurs-lekciy.html> (дата обращения: 27.04.2021).

### **8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
Программа структурного моделирования (PSM) разработанная на кафедре ЭПАПУ КНАГТУ	Распоряжение о вводе в учебный процесс ПО от 23.12.2015, акт внедрения результатов научных исследований

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

#### **Методические указания при работе над конспектом лекции**

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций и т.д.

#### **Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям**

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале и т.д.

#### **Методические указания по выполнению курсового проекта**

Теоретическая часть курсового проекта выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме курсового проекта рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д.

#### **Методические указания по выполнению расчетно-графической работы**

Теоретическая часть расчетно-графической работы выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме расчетно-графической работы рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д.

## 10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

### 10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
107/3	Лаборатория систем управления электроприводами	Лабораторные стенды

### 10.2 Технические и электронные средства обучения

#### Лекционные занятия.

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

#### Практические занятия.

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

#### Лабораторные занятия.

Для лабораторных занятий используется аудитория № 107/3, оснащенная оборудованием, указанным в табл. 6.

#### Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 211 корпус № 3).

## 11 Иные сведения

### Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в раз-

личных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

### «Системы управления электроприводами»

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электропривод и автоматика
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7, 8	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой (2), Курсовой проект	Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-2 Способен к разработке комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода	<p>ПК-2.1 Знает правила составления и выполнения технического задания на разработку проекта системы электропривода</p> <p>ПК-2.2 Умеет осуществлять сбор, обработку и анализ справочной и реферативной информации об оборудовании для написания документов, проведения расчетов, выполнения текстовых и графических разделов проекта системы электропривода</p> <p>ПК-2.3 Владеет навыками оформления разделов комплектов конструкторских документов эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода</p>	<p>Знать методики выполнения расчётов проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса</p> <p>Уметь выполнять расчёты проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса</p> <p>Владеть навыками выполнения технического задания проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
7 семестр			
Разделы 1,3	ПК-2.1, ПК-2.2	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 1,3	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 1,3	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	РГР	Полнота и правильность выполнения задания
8 семестр			
Разделы 4,6	ПК-2.1, ПК-2.2	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 4,6	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Курсовой проект	Полнота и правильность выполнения задания

Разделы 4,6	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания
-------------	------------------------	----------------------	---

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>7 семестр</b>			
<b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
Тест	в течение семестра	9 баллов	9 баллов – 81-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 6 баллов – 61-80 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний; 3 балла – 41-60 % правильных ответов – средний уровень знаний; 0 баллов – 0-40 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний
Лабораторная работа 1	в течение семестра	3 балла	3 балла – студент показал отличные знания, умения и навыки при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент показал хорошие знания, умения и навыки при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 1 балл – студент показал удовлетворительное владение знаниями, умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения знаниями, умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
Лабораторная работа 2	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 3	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 4	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 5	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 6	в течение семестра	3 балла	
Выполнение РГР	в течение семестра	3 балла	
<b>ИТОГО: (6 семестр)</b>		30 баллов	

8 семестр Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»			
Лабораторная работа 1	в течение семестра	3 балла	3 балла – студент показал отличные знания, умения и навыки при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент показал хорошие знания, умения и навыки при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 1 балл – студент показал удовлетворительное владение знаниями, умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения знаниями, умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
Лабораторная работа 2	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 3	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 4	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 5	в течение семестра	3 балла	
Лабораторная работа 6	в течение семестра	3 балла	
Практическое задание 1	в течение семестра	3 балла	
Практическое задание 2	в течение семестра	3 балла	
Практическое задание 3	в течение семестра	3 балла	
Практическое задание 4	в течение семестра	3 балла	
Практическое задание 5	в течение семестра	3 балла	
Практическое задание 6	в течение семестра	3 балла	
<b>ИТОГО: (7 семестр)</b>		36 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>			

8 семестр  
**Промежуточная аттестация в форме «КП»**

По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания

- оценка «отлично» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научно-творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

**ТЕСТ**

1. В замкнутой системе с суммирующим усилителем и отрицательной обратной связью по скорости, работавшей в установившемся режиме со скоростью равной  $\omega = 52\text{c}^{-1}$ , произошел обрыв обратной связи. Что произойдет со скоростью вращения двигателя?

Номинальные данные двигателя:  $P_n = 2,5\text{ кВт}$ ,  $U_n = 220\text{ В}$ ,  $I_n = 14,1\text{ А}$   $R_{\text{яв}} = 1,37\text{ Ом}$ ,  $\omega_n = 104\text{ c}^{-1}$ ,  $J = 0,07\text{ кгм}^2$ ; преобразователя –  $K_n = 22$ ,  $T_n = 0,003\text{ с}$ , суммирующего усилителя –  $K_{\Sigma} = 10$ .

Ответы :

1. Останется без изменения.

2. Достигнет предельного значения, определяемого ограничением выходной эдс преобразователя.

3. Достигнет номинального значения.

4. Уменьшится до нулевого значения

2. В двухконтурной системе подчиненного регулирования с П-регулятором скорости и ПИ-регулятором тока статическая просадка скорости при изменении момента нагрузки от 0 до  $0,5 M_n$  составит:

1.  $\Delta\omega = 0\text{ c}^{-1}$

2.  $2,32\text{ c}^{-1}$

3.  $\Delta\omega = 104 \text{ c}^{-1}$

4.  $4.64 \text{ c}^{-1}$

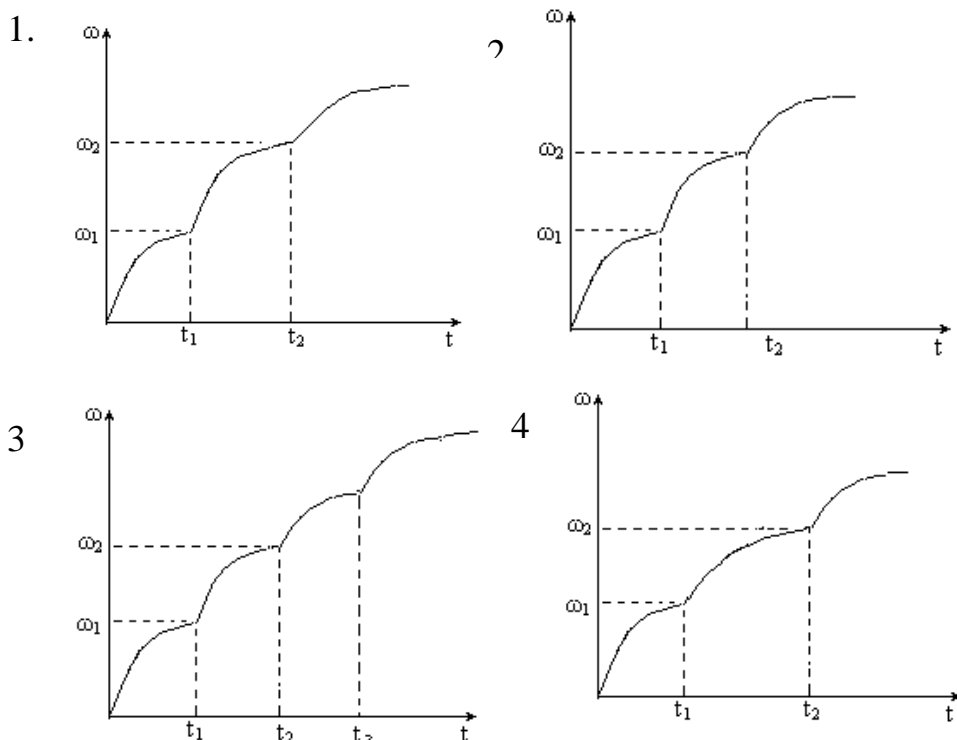
При определении просадки скорости считать номинальные данные двигателя:  $P_n = 2,5 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 14,1 \text{ А}$   $R_{ян} = 1,37 \text{ Ом}$ ,  $\omega_n = 104 \text{ c}^{-1}$ ,  $J = 0,07 \text{ кгм}^2$ ; преобразователя –  $K_n = 22$ ,  $T_n = 0,003 \text{ с}$ , постоянная якорной цепи  $T_{яц} = 0.024 \text{ с}$ ,  $R_{яц} = 1,7 \text{ Ом}$ ,  $T_\mu = 0,003$ .

3. В двухкратноинтегрирующей системе стабилизации скорости с подчиненным контуром тока, время восстановления скорости и величина динамической просадки скорости при скачкообразном изменении нагрузки от нуля до номинальной составят:

1.  $\Delta\omega_{дин} = 9,3 \text{ c}^{-1}$ ,  $t_{восст} = 0,096 \text{ с}$ .      2.  $\Delta\omega_{дин} = 6,3 \text{ c}^{-1}$ ,  $t_{восст} = 0,06 \text{ с}$ .  
3. Динамическая просадка скорости      4.  $\Delta\omega_{дин} = 10,4 \text{ c}^{-1}$ ,  $t_{восст} = 0,03 \text{ с}$  не имеет места

При определении просадки скорости считать номинальные данные двигателя:  $P_n = 2,5 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 14,1 \text{ А}$   $R_{ян} = 1,37 \text{ Ом}$ ,  $\omega_n = 104 \text{ c}^{-1}$ ,  $J = 0,07 \text{ кгм}^2$ ; преобразователя –  $K_n = 22$ ,  $T_n = 0,003 \text{ с}$ , постоянная якорной цепи  $T_{яц} = 0.024 \text{ с}$ ,  $R_{яц} = 1,7 \text{ Ом}$ ,  $T_\mu = 0,003$ .

4. Какой из ниже приведенных графиков  $\omega = f(t)$  соответствует разгону двигателя в две ступени в функции скорости и почему?



5. При включении на входе двухконтурной системы подчиненного регулирования задатчика интенсивности с темпом изменения выходного сигнала  $\frac{dU_{zu}}{dt} = \frac{d\omega}{dt} = A$  в системе будет наблюдаться:

1. ограничение предельного темпа изменения скорости на уровне  $A$ , снижение величины перерегулирования скорости, при зависимости электромагнитного момента двигателя от момента инерции и момента нагрузки.

2. темп разгона двигателя будет определяться динамическими характеристиками системы, перерегулирование скорости будет определяться настройкой регуляторов системы.

3. ограничение максимального значения тока якоря и как следствие темпа изменения скорости, а также независимости электромагнитного момента двигателя от момента инерции и момента нагрузки.

4. динамические характеристики системы не будут зависеть от параметров задатчика интенсивности.

## Лабораторные работы

### *1. Синтез релейно-контакторных схем управления двигателем постоянного тока*

1. 1. Что такое управление пуском и торможением двигателя постоянного тока независимого возбуждения в функции времени и в чем основные достоинства и недостатки этого способа управления?
2. 2. Что такое управление пуском и торможением в функции скорости и в чем основные достоинства и недостатки этого способа управления?
3. 3. Что такое управление пуском и торможением двигателя постоянного тока независимого возбуждения в функции тока и в чем достоинства и недостатки этого способа управления?
4. 4. Как рассчитать пусковые и тормозные сопротивления?
5. 5. Как рассчитать уставки реле времени при пуске и торможении в функции времени?
6. 6. Как рассчитать уставки реле времени при пуске и торможении в функции скорости?
7. 7. Как рассчитать уставки реле тока при пуске и торможении в функции тока?

### *2. Исследование релейно-контакторной защиты электроприводов*

1. Как реализуется автоматическое управление в функции времени пуском двигателя постоянного тока в схеме исследуемого электропривода?
2. Как реализуется автоматическое управление динамическим торможением двигателя в схеме исследуемого электропривода?
3. Как рассчитываются уставки электрических аппаратов, управляющих автоматическим пуском и торможением в схеме исследуемого электропривода?
4. Как рассчитываются значения пусковых и тормозных сопротивлений в схеме исследуемого электропривода?
5. Какие защиты предусмотрены в схеме исследуемого электропривода и как рассчитываются их уставки?
6. В чем достоинства и недостатки автоматического управления пуском в функции времени?
7. В чем достоинства и недостатки автоматического управления торможением двигателя в функции скорости?

### *3. Составление, сборка и наладка схемы автоматического управления асинхронным электроприводом на бесконтактных элементах*

1. Поясните работу бесконтактного узла "память"?
2. Каким образом осуществляется выдержка времени в элемент задержки?
3. Запишите таблицу истинности для элементов 4 И-НЕ, 3 ИЛИ-НЕ.
4. Какую функцию выполняют усилители в бесконтактных схемах управления, например И404?
5. В чем заключается достоинства и недостатки бесконтактных датчиков положения?
6. Каким параметром характеризуется нагрузочная способность бесконтактного логического элемента?

### *4. Изучение элементов систем управления электропривода*

1. Для чего служит задатчик интенсивности?
2. Чем реализуется темп нарастания напряжения задатчика интенсивности?
3. Как ограничивается уровень выходного напряжения задатчика интенсивности?
4. Что такое регулятор и какие функции он выполняет в замкнутой системе регулирования?
5. Какие существуют схемы ограничения выходного сигнала операционного усилителя? Каковы их принципы действия?
6. Как расчетным путем определить передаточную функцию регулятора?

7. Как экспериментально определить параметры П-, ПИ-, И- регуляторов?
8. Почему в разомкнутых контурах регулирования не допускается работа аналогового регулятора в интегрирующем режиме?

5. *Исследование системы подчиненного регулирования с внешним контуром скорости*

1. С какой целью и на каких этапах исключаются конденсаторы в регуляторах РС и РТ?
2. С какой целью и на каких этапах настройки системы электропривода в цепь якоря ДПТ вводится добавочный резистор модуля добавочных сопротивлений №2?
3. При каких настройках отключается возбуждение ДПТ?
4. Как определить знак обратной связи по току в контуре тока?
5. Как определить знак обратной связи по скорости в контуре регулирования скорости?
6. Как экспериментально на стенде выставить и проверить величину коэффициента усиления П-канала регулятора?
7. С какой целью статическая характеристика регулятора скорости выполнена с насыщением?
8. Какие показатели процессов нужно обеспечить при настройке регулятора тока?
9. Какие показатели процессов нужно обеспечить при настройке регулятора скорости?
10. С помощью каких узлов формируется прямоугольная токовая диаграмма при разгоне лабораторного электропривода?
11. Как выставить требуемую величину тока упора ДПТ?

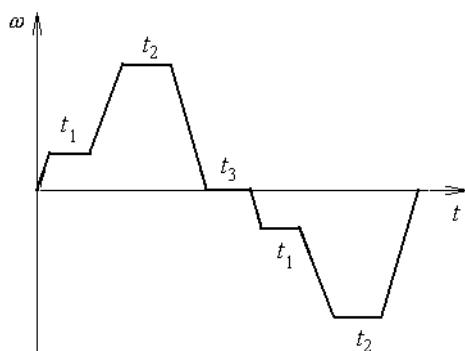
6. *Исследование замкнутой системы «преобразователь частоты-асинхронный двигатель»*

1. Объясните принцип работы импульсного датчика частоты вращения. Как осуществляется определение направления вращения двигателя?
2. Что такое система подчиненного регулирования?
3. Почему на практике обычно не используют ПИД-регулятор скорости?
4. Какие показатели переходного процесса необходимо обеспечить при настройке контура скорости?

### Практические задания

*Практическое занятие 1. Решение задач по расчеты разомкнутых СУЭП.*

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



Двигатель переменного тока, число ступеней пуска  $m=3$ , пуск в функции скорости, торможение противовключением в функции времени.

Управление от кнопочного поста.

*Практическое занятие 2. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП с суммирующим усилителем.*

Для замкнутой системы стабилизации скорости с отрицательной обратной связью по скорости и задержанной по току определить напряжение сравнения в цепи обратной связи по току и значение коэффициента передачи этой обратной связи для нижеприведенных параметров системы:

Двигатель П143-4К;  $P_n=200$  кВт;  $n_n=400$  об/мин;  $\eta_n=91,6\%$ ;  $U_n=440$  В;  $I_{ян}=497$  А. Коэффициенты передачи: суммирующего усилителя  $K_a=10$ ;



преобразователя  $K_{II}=46$ ; датчика скорости  $K_C=0,24$  Вс; напряжение задания  $U_3=8$  В. ток стопорения  $I_{ст}=994$  А;  $I_{омс}=800$  А.

*Практическое занятие 3. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП с подчиненным регулированием*

Для двух контурной системы подчиненного регулирования, реализованной на базе АВК определить параметры регуляторов тока и скорости из условия, что система должна работать в режиме стабилизации скорости с нулевой статической ошибкой. Данные для расчета: Двигатель 4АНК со следующими параметрами:  $P_H=200$  кВт,  $\omega_H=101,5$  1/с,  $I_2=411$  А,  $E_{2H}=304$  В,  $\omega_0=104,7$  1/с,  $R_1=0,025$  Ом,  $X_1=0,13$  Ом,  $R_2=0,27$  Ом,  $X_2=0,16$  Ом,  $J=7,8$  кгм<sup>2</sup>. Параметры инвертора:  $U_{дн}=460$  В,  $I_{дн}=800$  А,  $X_{тр}=0,016$  Ом.  $R_{тр}=0,06$  Ом. Параметры сглаживающего дросселя:  $L_{др}=2,3 \cdot 10^{-3}$  Гн,  $R_{др}=4,7 \cdot 10^{-3}$  Ом.

*Практическое занятие 4. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП с асинхронными двигателями*

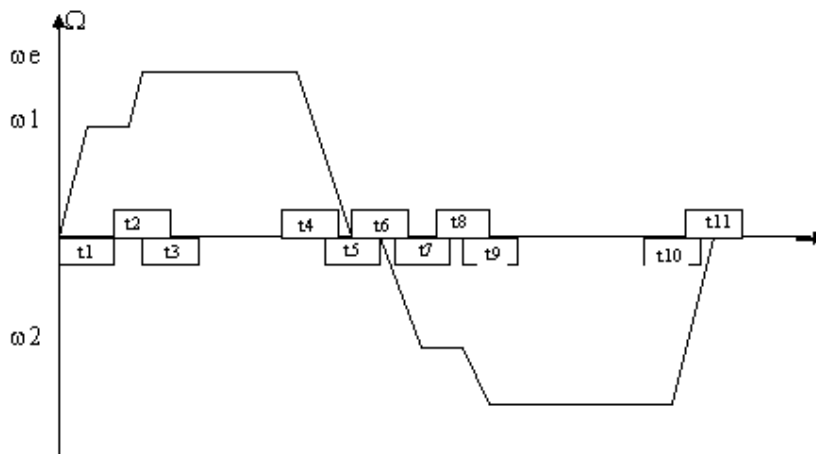
Для замкнутой системы стабилизации скорости с отрицательной обратной связью по скорости, построенной на базе ТРН –АД определить требуемый коэффициент суммирующего усилителя, который обеспечивал бы статизм замкнутой системы на уровне  $\delta=0,03$  при заданном диапазоне регулирования скорости в системе  $D=10$ .

Данные двигателя :  $P_{2H}=90$  кВт;  $U_{1H}=380$  В;  $\cos\varphi_H=0,9$ ;  $I_{1H}=162,9$  А;  $\Omega_0=157$  1/с;  $M_H=581,8$  Н м;  $M_K=1338$  Н м;  $S_H=0,013$ ;  $S_K=0,095$ ;  $J=1,2$  кг м<sup>2</sup>;  $x_\mu=6,75$  Ом;  $x_1=0,125$  Ом;  $R_1=0,032$  Ом;  $x_2'=0,16$  Ом;  $R_2'=0,019$  Ом;  $x_K=0,2$  Ом;

### Расчетно-графическая работа

Каждому студенту необходимо выполнить синтез релейно-контакторной схемы управления двигателем.

Для приведенной на рисунке тахограммы составить схему управления, рассчитать и выбрать все элементы схемы. Необходимые для расчета данные приведены в таблице 8.



0 – t.1 – разгон привода на первых двух ступенях пускового реостата;

t.1 – t.2 – работа привода в установившемся режиме с скоростью  $\omega_1$ , определяемой второй ступенью пускового реостата;

t.2 – t.3 – разгон привода на третьей ступени пускового реостата и на естественной характеристике;

t.3 – t.4 – работа привода в установившемся режиме на естественной характеристике;

- t.4 – t.5 – торможение привода;
- t.5 – t.6 – пауза (останов) привода;
- t.6 – t.7 - разгон привода на первых двух ступенях пускового реостата в противоположную сторону;
- t.7 – t.8 - работа привода в установившемся режиме с скоростью  $\omega_2$ , определяемой второй ступенью пускового реостата;
- t.8 – t.9 - разгон привода на третьей ступени пускового реостата и на естественной характеристике в направлении назад;
- t.9 – t.10 - работа привода в установившемся режиме на естественной характеристике в направлении назад;
- t.10 – t.11 - торможение привода.

При разработке схемы управления предусмотреть следующие виды защит:

- защиту от токов короткого замыкания силовой цепи и цепи управления;
- тепловую защиту;
- защиту от обрыва поля или фазы.

Рассчитать уставки срабатывания защит и выбрать защитную аппаратуру.

При расчете пусковой диаграммы считать момент нагрузки на валу двигателя равным  $0.8 M_{ном}$ .

Таблица 8

<i>Тип двигателя</i>	Мощность (кВт)	Управление пуском в функции:	Вид торможения	Управление торможением в функции:
4АНК180S4У3	22	времени	динамическое	времени
4АНК200M4У3	37	скорости	противовкл.	времени
4АНК250SB4У3	90	времени	динамическое	скорости
4АНК280S4У3	132	скорости	противовкл.	скорости
4АНК355S4У3	315	времени	противовкл.	времени
4АНК250SB6У3	55	скорости	динамическое	скорости
4АНК355S6У3	200	времени	противовкл.	скорости
4АНК255M8У3	30	скорости	динамическое	времени
4АНК280S8У3	75	времени	комбинированное	времени
4АНК355S8У3	160	скорости	комбинированное	времени

### Задания курсового проекта

реализуется в форме практической подготовки

Для заданных функциональных схем систем электропривода необходимо выполнить:

1) Подробно проанализировать техническое задание и выяснить исходные данные для выбора системы автоматического регулирования (САУ): режим работы привода, способ управления силовым источником питания привода, диапазон регулирования, требования к точности в установившемся и переходном режимах, характерные возмущения, цель управления (стабилизация какого-либо параметра - скорости, тока, момента, слежение по углу, скорости, току, программное регулирование и т.д.).

2) Для заданного двигателя произвести выбор силового преобразователя с учетом способа управления им. Выбрать также все элементы главной цепи (дроссели, сопротивления и другие).

3) Выбрать коэффициент усиления системы по требуемой точности и выяснять возможность реализации его в данной системе электропривода.

4) Выбрать необходимые датчики (скорости, тока, напряжения и другие) с учетом точности, нагрузки и их конструктивных особенностей.

5) Выбрать устройства управления (усилители, устройства задания, потенциальные

развязки, регуляторы и другие.), обращая внимание на согласование устройств между собой по току и по напряжению.

6) Выбрать устройства защиты, сигнализации и коммутации (автоматические выключатели, реле, контакторы, датчики защит и другие устройства).

7) Подготовить данные для динамического и статического расчета системы: определить коэффициенты усиления и постоянные времени звеньев системы, возможность их линеаризации или необходимость учета нелинейностей. Определить передаточные функции звеньев и составить структурную схему системы электропривода.

8) Произвести статический расчет системы (если он необходим) и построить статические характеристики во всем диапазоне изменения параметров задания и нагрузки.

9) Проверить систему на устойчивость, выявить области и запас устойчивости.

10) При неустойчивой системе или при неудовлетворительном запасе устойчивости системы произвести ее коррекцию. Для этого следует задаться желаемой логарифмической характеристикой и найти корректирующее звено последовательной или параллельной коррекции, выбрать элементы стабилизации, уточнить обратные связи в системе.

11) Проверить качество системы, для чего построить переходный процесс по управлению и по возмущению аналитическим, численным или графическим методом. Если качество не удовлетворяет требованиям, то либо вторично корректировать систему, либо, если это возможно, пересмотреть требования.

12) Составить принципиальную схему разработанного электропривода.

В курсовом проекте расчет переходных процессов в системе и проверку качества системы целесообразно проводить с использованием средств цифровой вычислительной техники. Для расчета на ЭВМ переходных процессов рекомендуется использовать программы PSM, использующие в качестве исходных данных для расчета структурную схему системы, записанную в передаточных функциях.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

В задании на курсовой проект приводится функциональная схема системы и следующие основные исходные данные:

- 1) напряжение питающей сети;
- 2) тип, мощность и скорость вращения электродвигателя;
- 3) диапазон регулирования скорости;
- 4) момент инерция механизма, приведенный к валу двигателя;
- 5) точность стабилизации или слежения;
- 6) допустимое перегревание и максимальное время переходного процесса.

Остальные исходные данные должны выбираться самостоятельно на основании изучения систем электропривода. В числе некоторых таких дополнительных исходных данных могут быть:

1) технические данные электродвигателя (номинальный ток, напряжение, момент инерции якоря, индуктивность обмоток и другие данные), которые выбираются из справочной литературы и каталогов, данные некоторых двигателей приведены в разделе 19 данных методических указаний;

2) величина допустимых перегрузок и необходимость токоограничения;

3) способ управления преобразователем.

Принятые дополнительные данные и допущения кратко излагаются в расчетно-пояснительной записке после записи задания на курсовое проектирование.

**Лист регистрации изменений к РПД**

№ п/п	Основание внесения изменения	Количество страниц изменения	Подпись разработчика РПД
1			
2			