

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

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор



И.В. Макурин

20\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Системы управления электроприводами»  
основной профессиональной образовательной программы  
подготовки бакалавров по направлению  
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,  
профиль «Электроснабжение, электрооборудование и электрохозяйство  
предприятий, организаций, учреждений»

Форма обучения Очная  
Технология обучения Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 20\_\_

Автор рабочей программы  
проф, докт. техн. наук, проф.

 В.А. Соловьев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

 И.А. Романовская  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой ЭПАПУ

 В.А. Соловьев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Декан электротехнического фа-  
культета

 А.С. Гудим  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Начальник учебно-методического  
управления

 Е.Е. Поздеева  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Системы управления электроприводами» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 03.09.2015 № 955, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<i>Системы управления электроприводами</i>							
Цель дисциплины	Изучение методов и принципов исследования сложных систем управления техническими объектами							
Задачи дисциплины	Формирование навыков владения в области автоматизированных систем управления электроприводами, анализ, синтез и проектирование систем автоматизированного электропривода.							
Основные разделы дисциплины	Общие сведения о СУЭП Разомкнутые СУЭП Замкнутые СУЭП постоянного тока Замкнутые СУЭП на базе асинхронного двигателя СУЭП специального назначения							
Общая трудоемкость дисциплины	6 з.е. / 216 академических часа							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
7 семестр	34	34	34	КП	78	36	216	
ИТОГО:		34	34	34	КП	78	36	216

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Системы управления электроприводами» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)

дисциплина			
ПК-7 Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	31(ПК-7-4) Правила выполнения графических и текстовых разделов проекта по разработке системы управления электроприводом технологического процесса	У1(ПК-7-4) Применять программные средства, используемые для выполнения графических и текстовых разделов проекта по разработке системы управления электроприводом технологического процесса	Н1(ПК-7-4) Оформление графических и текстовых разделов проекта по разработке системы управления электроприводом технологического процесса
	32(ПК-7-4) Методики выполнения расчётов проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса	У2(ПК-7-4) Выполнять расчёты проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса	Н2(ПК-7-4) Выполнение технического задания проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса

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

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

Дисциплина является обязательной дисциплиной входит, в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции ПК-1 и ПК-6, в процессе изучения дисциплин:

Этап 1: ПК-1-1 «Теория автоматического управления»

Этап 3: ПК-6-3 «Электрический привод»

Знания, умения и навыки, сформированные дисциплиной «Системы управления электроприводами» будут использованы при изучении дисциплин «Электропривод общего назначения», «Проектирование электротехнических систем» является основной для успешного выполнения выпускной квалификационной работы.

Входной контроль при изучении дисциплины не проводится.

**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 6 зачетных единицы, 216 академических часа.

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
	Очная форма обучения
В 7 семестре	
Общая трудоемкость дисциплины	216
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	102
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	34
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	68
<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	78
Промежуточный контроль обучающихся	36
<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>

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

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				компетенции	ЗУН
1	2	4	3	5	6
<b>Раздел 1 Общие сведения о СУЭП</b>					
<b>Тема 1.1</b> Назначение и	Лекция	2	традици-	ПК-7-4	31(ПК-7-4)

1	2	4	3	5	6
функции СУЭП. Классификация и способы описания СУЭП. Принципы построения СУЭП			онная		
<b>Тема 1.2</b> Общие сведения об электроприводах с управлением по жесткой программе. Релейно- контакторные СУЭП.	Лекция	4	интерактивная лекция	ПК-7-4	31(ПК-7-4)
Релейно-контакторные СУЭП: функции релейно-контакторных систем управления; принципы построения СУЭП на релейно-контактной аппаратуре; сравнительная оценка принципов.	СРС	4	изучение теоретических разделов дисциплины –	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Синтез релейно-контакторных схем управления двигателем постоянного тока	Лабораторное занятие	4	Работа на стенде	ПК-7-4	У1(ПК-7-4)
<b>Тема 1.3</b> Дискретно-логические СУЭП: математическое описание; методы синтеза СУЭП; построение дискретно-логических СУЭП на основе цифровых узлов.	Лекция	2	традиционная	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Анализ заданий на КП и подбор технической литературы по тематике КП	СРС	6	Подбор материалов для выполнения КП	ПК-7-4	У2(ПК-7-4)
Синтез релейно-контакторной схемы управления Электроприводов по заданной тахограмме	Практическое занятие	4	Диалоговое общение	ПК-7-4	У1(ПК-7-4)

1	2	4	3	5	6
<b>Тема 1.4.</b> Защиты электроприводов: аварийные режимы, причины возникновения, последствия; виды защит электроприводов;	Лекция	2	традиционная	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Исследование релейно-контакторной защиты электроприводов	Лабораторное занятие	4	Работа на стенде	ПК-7-4	У1(ПК-7-4)
<b>Текущий контроль по разделу 1</b>		опрос	-	-	-
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Лекции	10	-	-	-
	Лабораторные работы	8	-	-	-
	Практические занятия	4	-	-	-
	СРС	10	-	-	-
<b>Раздел 2 Разомкнутые СУЭП</b>					
<b>Тема 2.1</b> Регулирование скорости электропривода постоянного тока: регулирование по возмущению и по отклонению при помощи управляемых преобразователей постоянного тока;	Лекция	2	традиционная	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Методики расчета разомкнутых систем управления электроприводами постоянного тока	Практическое занятие	4	Диалоговое общение	ПК-7-4	31(ПК-7-4)
Составление, сборка и наладка схемы автоматического управления асинхронным электроприводом на бесконтактных элементах	Лабораторное занятие	6	Работа на стенде	ПК-7-4	Н1(ПК-7-4)
Анализ и расчет силовой части СУЭП	СРС -	6	выполнение курсового проекта	ПК-7-4	Н2(ПК-7-4)
<b>Текущий контроль по разделу 2</b>		опрос	-	-	-
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Лекции	2	-	-	-
	Лабораторные работы	6	-	-	-

1	2	4	3	5	6
	Практические занятия	4	-	-	-
	СРС	6	-	-	-
<b>Раздел 3 Замкнутые СУЭП постоянного тока</b>					
<b>Тема 3.1</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	Лекция	6	интерактивная лекция	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Анализ и синтез СУЭП с суммирующим усилителем	Практическое занятие	8	Диалоговое общение	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Исследование характеристик одноконтурной системы стабилизации скорости с последовательной коррекцией	Лабораторное занятие	6	Работа на стенде	ПК-7-4	Н1(ПК-7-4)
Моделирование систем управления электроприводами с суммирующим усилителем	Практическое занятие	4	Диалоговое общение	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Исследование непрерывной системы стабилизации скорости с суммирующим усилителем	Лабораторное занятие	6	Работа на стенде	ПК-7-4	Н1(ПК-7-4)
Расчет и построение статических характеристик силовой части электропривода и всей системы в целом.	СРС	10	выполнение курсового проекта	ПК-7-4	Н1(ПК-7-4)

1	2	4	3	5	6
<b>Тема 3.2</b> 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.	Лекция	6	интерактивная лекция	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Составление структурной схемы электропривода. Расчет динамических режимов электропривода.	СРС	11	выполнение курсового проекта	ПК-7-4	Н1(ПК-7-4)
<b>Текущий контроль по разделу 3</b>		опрос	-	-	-
<b>ИТОГО по разделу 3</b>	Лекции	12	-	-	-
	Лабораторные работы	12	-	-	-
	Практические занятия	12	-	-	-
	СРС	21	-	-	-
<b>Раздел 4 Замкнутые СУЭП на базе асинхронного двигателя</b>					
<b>Тема 4.1</b> Особенности асинхронных электроприводов: особенности асинхронного двигателя как объекта управления; классификация способов регулирования координат асинхронного электродвигателя; допущения, принимаемые при построении СУЭП на базе асинхронного двигателя.	Лекция	2	традиционная	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Исследование системы тиристорный выпрямитель-двигатель	Лабораторное занятие	4	Работа на стенде	ПК-7-4	Н1(ПК-7-4)
Расчет СУЭП постоянного тока замкнутого типа	Практическое занятие	4	Диалоговое общение	ПК-7-4	У2(ПК-7-4)
<b>Тема 4.2</b> Регулирование координат изменением напряжения:	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-7-4	32(ПК-7-4)

1	2	4	3	5	6
управление асинхронными двигателями регулированием напряжением статора; управление асинхронными двигателями регулированием напряжения ротора.					
Экспериментальное определение параметров объектов управления в системе электропривода подчиненного регулирования	Лабораторное занятие	4	Работа на стенде	ПК-7-4	Н1(ПК-7-4)
Расчет СУЭП постоянного тока замкнутого типа с суммирующим усилителем	Практическое занятие	4	Диалоговое общение	ПК-7-3	У2(ПК-7-3)
Структуры СУЭП асинхронным двигателем при управлении изменением напряжения	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-7-3	З1(ПК-7-3)
<b>Тема 4.3</b> Скалярное частотное управление: разомкнутые системы управления, законы частотного регулирования; замкнутые системы управления с обратными связями по скорости, по току, по скольжению;	Лекция	2	традиционная	ПК-7-4	З1(ПК-7-4)
Расчет СУЭП постоянного тока с подчиненным регулированием координат	Практическое занятие	4	Диалоговое общение	ПК-7-3	У2(ПК-7-3)
<b>Тема 4.4</b> Частотно-токовое управление: особенности систем частотно токового управления, типовые структуры систем частотно-токового управления	Лекции	2	интерактивная лекция	ПК-7-4	З2(ПК-7-4)
Синтез регуляторов и расчет их параметров.	СРС	15	выполнение курсового проекта	ПК-7-4	Н2(ПК-7-4)

1	2	4	3	5	6
Расчет СУЭП замкнутого типа по системе ТРН-АД	Практическое занятие	4	Диалоговое общение	ПК-7-3	У2(ПК-7-3)
<b>Текущий контроль по разделу 4</b>		опрос	–	–	–
<b>ИТОГО по разделу 4</b>	Лекции	6	–	–	–
	Лабораторные работы	8	–	–	–
	Практические занятия	12	–	–	–
	СРС	21	–	–	–
<b>Раздел 5 СУЭП специального назначения</b>					
<b>Тема 5.1</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.	Лекции	4	Традиционная	ПК-7-4	32(ПК-7-4)
Моделирование переходных процессов электропривода с учетом ограничений.	СРС	2	выполнение курсового проекта	ПК-7-4	Н2(ПК-7-4)
Расчет и выбор параметров преобразователя частоты для системы частотного регулирования	Практическое занятие	2	Диалоговое общение	ПК-7-4	У2(ПК-7-4)
Разработка принципиальной схемы управления системой электропривода и ее описание.	СРС	12	выполнение курсового проекта	ПК-7-4	Н2(ПК-7-4)
<b>Текущий контроль по разделу 5</b>		опрос	–	–	–
<b>ИТОГО по разделу 6</b>	Лекции	4	–	–	–
	Лабораторные работы	-	–	–	–
	Практические занятия	2	–	–	–
	СРС	20	–	–	–
<b>Курсовая работа /проект</b>			–	–	–

1	2	4	3	5	6
<b>Промежуточный контроль по дисциплине</b>		Экзамен	–	–	–
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	34			
	Лабораторные работы	34			
	Практические занятия	34			
	СРС	78			
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 216 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 86 час					

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Системы управления электроприводами», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к лабораторным и практическим занятиям; подготовка и оформление курсового проекта. Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

- Системы управления электроприводами: лабораторный практикум / В.А. Соловьев, Е.Н. Землянская.- Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015.- 94 с.

- Системы управления электроприводами Часть 1. : Учебное пособие./ сост. В.А. Соловьев - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2003.

- Васильченко С.А., Соловьёв В.А. Системы управления электроприводами Часть 2. Учеб. пособие - Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КнАГТУ», 2004. - 106 с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4,5

Таблица 4 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов при 17-недельном 7 семестре

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Подготовка к лабораторным занятиям	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	8
Подготовка к практическим занятиям	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-		7
Изучение теоретических разделов дисциплины		-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1		6
Подготовка, оформление и защита КП		3	-	6	-	6	-	8	-	8	-	12	-	4	-	10	-	57
<b>ИТОГО в 7 семестре</b>	-	4	3	7	1	7	1	9	1	9	1	13	4	5	1	12		78

**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля  
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
7 семестр			
Раздел 1-5	31(ПК-7-3), 32(ПК-7-3)	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 1-5	32(ПК-7-3), У1(ПК-7-3), Н1(ПК-7-3) У2(ПК-7-3),	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 1-5	У1(ПК-7-3), Н1(ПК-7-3) У2(ПК-7-3),	Курсовой проект	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1-5	Н2(ПК-7-3), У1(ПК-7-3), Н1(ПК-7-3) У2(ПК-7-3),	Практические задания, вопросы к экзамену	Полнота и правильность выполнения задания

Промежуточный контроль проводится в форме экзамена.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
7 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				
	Тест	в течение семестра	10 баллов	10 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 8 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний; 6 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний; 4 балла – 51-60 % правильных ответов – низкий уровень знаний; 0 баллов – 0-50 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.
	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных
	Лабораторная работа 2	в течение семестра	5 баллов	

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	<p>задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p>
	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 5	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое занятие 1	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое занятие 2	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое занятие 3	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое занятие 4	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое занятие 5	в течение семестра	5 баллов	
	Текущая контроль	-	60 баллов	
	<b>ИТОГО:</b>		60 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b></p> <p>0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для текущей аттестации по дисциплине);</p> <p>65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);</p> <p>75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);</p> <p>85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)</p>				
	Курсовой проект	в течение семестра	5	<p>5 – студент владеет знаниями, умениями и навыками в полном объеме, достаточно глубоко осмысливает выполненную работу; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы, связанные с проектом</p> <p>4 – студент владеет знаниями, умениями и навыками почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в проектировании</p> <p>3 – студент способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом методов проектирования</p> <p>2 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен проектировать</p>
	Текущий контроль	-	5 баллов	-

### Задания для текущего контроля

## ТЕСТ

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

Номинальные данные двигателя:  $P_n = 2,5\text{ кВт}$ ,  $U_n = 220\text{ В}$ ,  $I_n = 14,1\text{ А}$   $R_{ян} = 1,37\text{ Ом}$ ,  $\omega_n = 104\text{ с}^{-1}$ ,  $J = 0,07\text{ кгм}^2$ ; преобразователя –  $K_p = 22$ ,  $T_p = 0,003\text{ с}$ , 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. $\Delta\omega = 0\text{ с}^{-1}$   | 2. $2,32\text{ с}^{-1}$ |
| 3. $\Delta\omega = 104\text{ с}^{-1}$ | 4. $4,64\text{ с}^{-1}$ |

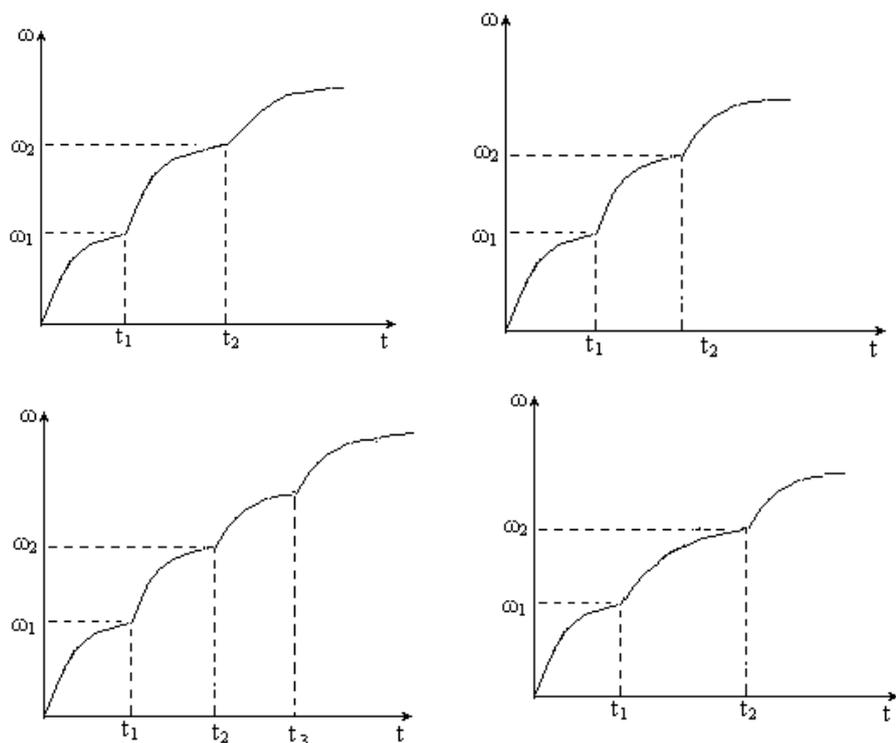
При определении просадки скорости считать номинальные данные двигателя:  $P_n = 2,5\text{ кВт}$ ,  $U_n = 220\text{ В}$ ,  $I_n = 14,1\text{ А}$   $R_{ян} = 1,37\text{ Ом}$ ,  $\omega_n = 104\text{ с}^{-1}$ ,  $J = 0,07\text{ кгм}^2$ ; преобразователя –  $K_p = 22$ ,  $T_p = 0,003\text{ с}$ , постоянная якорной цепи  $T_{яц} = 0,024\text{ с}$ ,  $R_{яц} = 1,7\text{ Ом}$ ,  $T_\mu = 0,003$ .

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

При определении просадки скорости считать номинальные данные двигателя:  $P_n = 2,5\text{ кВт}$ ,  $U_n = 220\text{ В}$ ,  $I_n = 14,1\text{ А}$   $R_{ян} = 1,37\text{ Ом}$ ,  $\omega_n = 104\text{ с}^{-1}$ ,  $J = 0,07\text{ кгм}^2$ ; преобразователя –  $K_p = 22$ ,  $T_p = 0,003\text{ с}$ , 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.

## ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

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

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. 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?

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

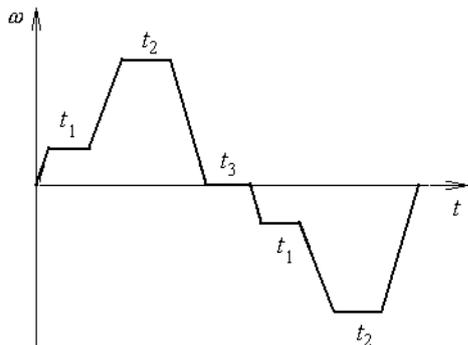
1. Объясните принцип работы импульсного датчика частоты вращения. Как осуществляется определение направления вращения двигателя?
2. Что такое система подчиненного регулирования?
3. Почему на практике обычно не используют ПИД-регулятор скорости?

4. Какие показатели переходного процесса необходимо обеспечить при настройке контура скорости?

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*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 нижеприведённых 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;  $I_{отс}=800$  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:  $P_n=200$ кВт,  $\omega_n=101,5$  1/с,  $I_2=411$ А,  $E_{2н}=304$  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 :  $P_{2н} = 90$  кВт;  $U_{1л} = 380$  В;  $\cos\varphi_n = 0,9$ ;  $I_{1н} = 162,9$  А;  $\Omega_0 = 157$  1/с;  $M_n = 581,8$  Н м;  $M_k = 1338$  Н м;  $S_n = 0,013$ ;  $S_k = 0,095$ ;  $J = 1,2$  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;

### **КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Для заданных функциональных схем систем электропривода электро 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 устой-

чивости.

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 переходной 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 перерегулирование 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.

### Вопросы к экзамену

1. Классификация систем управления электроприводами (СУЭП)
2. Основные принципы построения систем управления пуском, торможением, реверсом
3. Синтез системы управления пуском двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции времени
4. Синтез системы управления пуском ДПТ в функции скорости (ЭДС)
5. Синтез системы управления пуском ДПТ в функции тока.
6. Синтез систем управления пуском асинхронных двигателей
  - а) с короткозамкнутым ротором
  - б) с фазным ротором
7. Синтез систем управления торможением ДПТ
  - а) в функции времени
  - б) в функции скорости
8. Синтез систем управления торможением асинхронных двигателей
  - а) в функции времени
  - б) в функции скорости
9. Особенности систем управления пуском синхронных двигателей
10. Основные принципы релейно-контакторной защиты систем управления
  - а) от токов короткого замыкания
  - б) от перегрузок
  - в) от непредвиденных ситуаций
11. Принципы построения бесконтактных схем управления электроприводами, реализующими функции пуска, торможения, реверса
12. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению
13. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости
14. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению
15. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с комбинацией обратных связей: положительной по току и отрицательной по напряжению
16. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с комбинацией обратных связей: положительной по току и отрицательной по скорости
17. Принцип построения систем подчиненного регулирования
18. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока, построенной по подчиненному принципу с П регулятором скорости и ПИ регулятором тока
19. Погрешности систем стабилизации скорости
20. Ограничение сигналов управления в замкнутых системах стабилизации скорости
21. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отдельными отсечками: по току и по напряжению

22. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отдельными отсечками: по току и по скорости
23. Анализ динамических характеристик СУЭП постоянного тока с суммирующим усилителем
  - а) при воздействии управляющего сигнала
  - б) при возмущающем воздействии
24. Стандартные настройки систем подчиненного регулирования (СПР)
25. Синтез параметров регулятора контура тока СПР, понятие малой постоянной времени, допущения, принимаемые при синтезе
26. Синтез параметров регулятора контура скорости однократно интегрирующей двухконтурной СПР
27. Синтез параметров регулятора контура скорости двукратно интегрирующей двухконтурной СПР
28. Статическая просадка скорости в однократно интегрирующей и двукратно интегрирующей двухконтурной СПР
29. Ограничение координат в СПР
30. Управление пуском СПР под контролем тока, под контролем скорости
31. Анализ статических характеристик системы ТРН – АД с суммирующим усилителем.
32. Анализ системы ТРН – АД, построенной по подчиненному принципу.
33. Анализ статических характеристик замкнутой системы с импульсным регулятором в цепи ротора.
34. Анализ статических характеристик системы АВК с суммирующим усилителем.
35. Анализ динамических характеристик системы АВК с суммирующим усилителем.
36. Анализ двухконтурной системы АВК, построенной по подчиненному принципу, настройка регуляторов.
37. Схемы замещения асинхронного двигателя при питании от источников напряжения и тока.
38. Скалярное управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Разомкнутые системы частотного управления.
39. Скалярное управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Замкнутые системы частотного управления: Частотно-токовое управление
40. СПР положением, особенности построения и настройки регуляторов

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **8.1. Основная литература**

1. Терехов, В.М., Осипов, О.И. Системы управления электроприводов./Учебник для вузов. 301с. М.: Академия.- 2008

2. Зимин, Е.Н. Яковлев, В.И. Автоматическое управление электроприводами/ Учебное пособие для вузов по спец. "Электропривод и автоматизация промышленных установок". 318с. М.: -Высшая школа. 1979
3. Панкратов В.В. Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Панкратов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 200 с. — 978-5-7782-2223-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45357.html>

## 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.
3. Соловьев, В.А. Землянская Е.Н. Системы управления электроприводами/ Лабораторный практикум. Утв. в кач.лабораторного практикума Учёным советом ФГБОУ ВПО "Комсомольский-на-Амуре гос.техн.ун-т". 93с. Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2015

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 1) Операционная система WindowsXP; офисное программное обеспечение MS Office 2010, профессиональный пакет Excel
- 2) Библиотека РФФИ <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>
- 3) Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" <https://cyberleninka.ru/>
- 4) Единое окно доступа к информационным ресурсам <http://window.edu.ru/>

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины «Системы управления электроприводами» осуществляется в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студента. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, лабораторных и практических. Разделы дисциплин следует изучать последовательно, начиная с первого. Каждый раздел, формирует необходимые условия для создания системного представления о предмете дисциплины.

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения.

СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. СРС включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение курсового проекта
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к мероприятиям текущего контроля;
- подготовку к промежуточной аттестации (вопросы к экзамену).

Студенту необходимо усвоить и запомнить основные термины, понятия и их определения, подходы, концепции и методики.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется во время аудиторных занятий. Для этого, во время лекций используются элементы дискуссии и контрольные вопросы. Уровень освоения умений и навыков проверяется в процессе лабораторных. Для этого используются задания, подготовленные студентами во время семестра и предназначенные для текущего контроля (таблица 7).

Промежуточная аттестация (экзамен) производится в конце семестра и также оценивается в баллах.

Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов по результатам текущего контроля и баллов, полученных на промежуточной аттестации по результатам теста. Максимальный итоговый рейтинг – 100 баллов. Оценке «отлично» соответствует 85 - 100 баллов; «хорошо» – 75 - 84; «удовлетворительно» – 65 - 74; менее 64 – «неудовлетворительно» (смотри таблицу 6).

### **Курсовой проект**

Курсовое проектирование ориентировано на формирование и развитие у обучающихся умений и навыков проектирования и представления результатов их проектной деятельности с учетом и использованием действующих нормативных и методических документов университета.

В ходе курсового проектирования студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, глубже знакомятся с практическими методами принятия решений при наличии множества альтернатив.

В период работы над курсовым проектом студенты получают практические навыки выбора наилучшей альтернативы из множества представленных вариантов при использовании различных критериев. Работа над курсовым проектом позволяет лучше понять действия лица принимающего решения при наличии большого объема информации и множества критериев ее оценки. Студенты учатся принимать обоснованные решения путем сравнения вариантов, логических суждений, рассмотрения основных теоретических положений; умению кратко и точно излагать ход решения.

При проектировании студенты глубже изучают основную и специальную литературу управлению системами электропривода, учатся работать со справочниками. Все это позволяет осуществлять проектирование с позиций системного подхода.

### **Содержание курсового проекта**

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка должна содержать: введение, техническое задание на проектирование, основную часть (этапы проектирования и расчеты со всеми пояснениями), заключение и список использованных источников. Основную часть, согласно требованиям технического задания, разбивают на разделы и подразделы, название которых должно соответствовать их основному содержанию.

Пояснительную записку представляют к защите в сброшюрованном виде. Примерный объем пояснительной записки 40 – 50 с.

Графическая часть должна содержать:

- функциональную схему системы (формат А4);
- перечень элементов (формат А4).

Выполненный курсовой проект должен удовлетворять нормативным документам университета, с которыми можно ознакомиться в отделе стандартизации или на сайте университета. Отступления от указанных требований могут служить основанием для возврата проекта на исправление.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Освоение дисциплины «*Системы управления электроприводами*» основывается на активном использовании Microsoft Office в процессе подготовки курсового проекта специализированной программы PSM, разработанной на кафедре.

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

## 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для реализации программы дисциплины «Системы управления электроприводами» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
107/3	Лаборатория систем управления электроприводами	лабораторные стенды	Проведение физических исследований