

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

« 21 » 11 20 17 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Управление электроприводами»  
основной профессиональной образовательной программы  
подготовки магистров по направлению  
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»,  
профиль «Электропривод и автоматика»

Форма обучения


Заочная

Технология обучения

Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2017

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


  
В.А. Соловьев  
« 17 » 10 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

  
И.А. Романовская  
« 23 » 11 2016 г.

Заведующий кафедрой ЭПАПУ

  
В.А. Соловьев  
« 17 » 10 2016 г.

Декан электротехнического фа-  
культета

  
А.С. Гудим  
« 09 » 11 2016 г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
Е.Е. Поздеева  
« 24 » 11 2016 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Управление электроприводами» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21.11.2014 № 1500 и основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<i>Управление электроприводами</i>							
Цель дисциплины	Изучение методов исследования и проектирования сложных систем управления электроприводами							
Задачи дисциплины	Формирование навыков владения в области автоматизированных систем управления электроприводами, анализ, синтез и проектирование систем автоматизированного электропривода.							
Основные разделы дисциплины	Асинхронный двигатель – как объект регулирования Преобразователи частоты Системы векторного управления асинхронным двигателем Вентильный электропривод Системы взаимосвязанного управления электроприводами							
Общая трудоемкость дисциплины	5 з.е. / 180 академических часа							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
2 семестр	10	-	10	-	151	9	180	
ИТОГО:	10	-	10	-	151	9	180	

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

Дисциплина «Управление 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 дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ПК-9 Способностью выбирать серийные и	З1(ПК-9-1) Требования законо-	У1(ПК-9-1) Применять правила разработки си-	Н1(ПК-9-1) Приемами объедине-

проектировать новые объекты профессиональной деятельности	дательства РФ и нормативных актов к составу и содержанию разделов системы электропривода	стемы электропривода, удовлетворяющей заданным показателям качества	ния отдельных частей системы электропривода в единую систему, с заданными критериями качества
	32(ПК-9-1) Существующие системы электроприводов, разработанные отечественными и зарубежными производителями	У2(ПК-9-1) Пользоваться информационно-телекоммуникационной сетью «Интернет»	Н2(ПК-9-1) Методиками выбора типового оборудования системы электропривода, с требуемыми характеристиками

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

Дисциплина «*Управление электроприводами*» изучается на 2 курсе во 3 семестре.

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

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые при параллельном изучении дисциплин, обеспечивающих освоения компетенций ПК-1 и ПК-5:

Этап 1: ПК-1-1 «Основы планирования эксперимента»

Этап 3: ПК-5-1 «Современные принципы построения электроприводов»

Знания, умения и навыки, сформированные дисциплиной «*Управление электроприводами*» будут использованы при изучении дисциплин «*Методы идентификации и диагностики электроприводов*», «*Моделирование и экспериментальное исследование электроприводов*», 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 5 зачетных единицы, 180 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
	Заочная форма обучения
Во 2 семестре	
Общая трудоемкость дисциплины	180
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	20
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	10
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	10
<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	151
Промежуточный контроль обучающихся	9
<b>ИТОГО</b>	<b>180</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 Асинхронный двигатель – как объект регулирования</b>					
<b>Тема 1.1</b> Математическое описание процессов преобразования энергии в электрической машине	Лекция	1	традиционная	ПК-9-1	31(ПК-9-1)
<b>Тема 1.2</b> Обобщенная электрическая машина	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-9-1	31(ПК-9-1)
Схемы замещения АД, векторные диаграммы АД в двигательном и тормозном режимах	СРС	8	изучение теоретических разделов дисциплины –	ПК-9-1	32(ПК-9-1)

1	2	4	3	5	6
Изучение лабораторного стенда «ЭП-НК»	Лабораторное занятие	2	Работа на стенде	ПК-9-1	У1(ПК-9-1)
<b>Тема 1.3</b> Статические и динамические характеристики АД при питании от источника напряжения	Лекция	1	традиционная	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
Анализ заданий на КП и подбор технической литературы по тематике КП	СРС -	10	Подбор материалов для выполнения КП	ПК-9-1	У2(ПК-9-1)
<b>Тема 1.4.</b> Динамические характеристики АД при питании от источника тока	Лекция	1	традиционная	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
Изучение влияния типа обратной связи на статические и динамические характеристики замкнутой системы	Лабораторное занятие	2	Работа на стенде	ПК-9-1	У1(ПК-9-1)
<b>Текущий контроль по разделу 1</b>		опрос	-	-	-
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Лекции	4	-	-	-
	Лабораторные работы	4	-	-	-
	Практические занятия	-	-	-	-
	СРС	18	-	-	-
<b>Раздел 2 Преобразователи частоты</b>					
<b>Тема 2.1</b> Классификация преобразователей частоты; широтно-импульсные преобразователи с синусоидальной модуляцией	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
Расчет и выбор преобразователя частоты для проектируемого электропривода	СРС -	12	выполнение разделов КП	ПК-9-1	31(ПК-9-1)
Исследование системы подчиненного регулирования с внешним контуром регулирования напряжения	Лабораторное занятие	2	Работа на стенде	ПК-9-1	Н1(ПК-9-1)

1	2	4	3	5	6
<b>Тема 2.2</b> Преобразователи на основе пространственно-векторной модуляции	СРС	5	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-9-1	31(ПК-9-1)
<b>Текущий контроль по разделу 2</b>		опрос	-	-	-
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Лекции	-	-	-	-
	Лабораторные работы	2	-	-	-
	Практические занятия	-	-	-	-
	СРС	23	-	-	-
<b>Раздел 3 Системы векторного управления асинхронным двигателем</b>					
<b>Тема 3.1</b> Понятие векторного управления; структурная схема АД при ориентации системы координат x, y по потокосцеплению ротора	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
Разработка структурной схемы ЭП, синтез регуляторов контуров и расчет их параметров.	СРС -	18	выполнение разделов КП	ПК-9-1	У1(ПК-9-1)
Исследование системы подчиненного регулирования с внешним контуром регулирования скорости	Лабораторное занятие	2	Работа на стенде	ПК-9-1	Н1(ПК-9-1)
<b>Тема 3.2</b> . Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
<b>Тема 3.3.</b> Системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
<b>Тема 3.3.</b> Прямое управление моментом (DTC)	СРС	10	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
<b>Текущий контроль по разделу 3</b>		опрос	-	-	-
<b>ИТОГО по разделу 3</b>	Лекции	4	-	-	-
	Лаборатор-	2	-	-	-

1	2	4	3	5	6
	ные работы				
	Практические занятия	-	-	-	-
	СРС	28	-	-	-
<b>Раздел 4 Вентильный электропривод</b>					
<b>Тема 4.1</b> Принципы построения вентильного двигателя; характеристики вентильного двигателя	СРС	12	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
Изучение элементов систем управления электроприводами	Лабораторное занятие	2	Работа на стенде	ПК-9-1	У1(ПК-9-1)
Разработка математической модели исследуемой системы электропривода	СРС	18	выполнение курсового проекта	ПК-9-1	Н2(ПК-9-1)
<b>Тема 4.2</b> Системы управления электроприводом на базе вентильного двигателя	СРС	22	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
<b>Текущий контроль по разделу 4</b>		опрос	-	-	-
<b>ИТОГО по разделу 4</b>	Лекции	-	-	-	-
	Лабораторные работы	2	-	-	-
	Практические занятия	-	-	-	-
	СРС	52	-	-	-
<b>Раздел 5 Системы взаимосвязанного управления электроприводами</b>					
<b>Тема 5.1</b> Математическое описание взаимосвязанных много двигательных систем электроприводов	СРС	8	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
Моделирование переходных процессов электропривода в линейной системе управления.	СРС	14	выполнение курсового проекта	ПК-9-1	Н2(ПК-9-1)
<b>Тема 5.2</b> Структура и синтез взаимосвязанных много двигательных систем электроприводов	Лекции	2	традиционная	ПК-9-1	32(ПК-9-1)
<b>Тема 5.3.</b> Система регулирования скоростью и соотношением скоростей	СРС	8	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-9-1	32(ПК-9-1)



1	2	4	3	5	6
<b>Текущий контроль по разделу 5</b>		опрос	–	–	–
<b>ИТОГО по разделу 5</b>	Лекции	2	–	–	–
	Лабораторные работы	-	–	–	–
	СРС	30	–	–	–
<b>Курсовая работа /проект</b>			–	–	–
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		9	Экзамен	–	–
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	10			
	Лабораторные работы	10			
	Практические занятия	-			
	СРС	151			
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 180 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 15 час					

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

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Управление электроприводами», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к лабораторным 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.

- 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



**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
2 семестр			
Раздел 1-5	31(ПК-9-1), 32(ПК-9-1)	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 1-4	32(ПК-9-1), У1(ПК-9-1), Н1(ПК-9-1) У2(ПК-9-1),	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 1-5	31(ПК-9-1), У1(ПК-9-1), У2(ПК-9-1), Н1(ПК-9-1) Н2(ПК-9-1),	КП	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1-5	31(ПК-9-1), 32(ПК-9-1), У1(ПК-9-1), У2(ПК-9-1), Н1(ПК-9-1) Н2(ПК-9-1),	Экзамен	Полнота и правильность ответов

Промежуточная аттестация 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
2 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 отве-

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
				тов – очень низкий уровень знаний.
	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных 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 2	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 5	в течение семестра	5 баллов	
	Текущий контроль:	-	45 баллов	-
	Экзамен		45 баллов	<p>45 – студент владеет знаниями в полном объеме, самостоятельно, логически последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы;</p> <p>30 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах;</p> <p>15 – студент владеет только обязательным минимумом знаний по дисциплине;</p> <p>0 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен ответить на поставленный вопрос</p>
	Промежуточная аттестация :		45 баллов	
	<b>ИТОГО:</b>		90 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b></p> <p>0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной 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	5 – студент владеет знаниями, умениями и навыками в полном объеме, достаточно глубоко осмысливает выполненную

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>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>
	Промежуточная аттестация	-	5 баллов	-

### Задания для текущего контроля

#### ТЕСТ

1. Чем определяется предельная выходная частота непосредственного преобразователя частоты (НПЧ)?

а) предельная выходная частота НПЧ зависит от частоты коммутации вентилей

б) предельная выходная частота НПЧ зависит от пульсности схемы вентильной группы

в) предельная выходная частота НПЧ определяется типом коммутации вентилей

г) предельная выходная частота НПЧ определяется частотой задающего генератора
2. В чем принципиальное отличие преобразователей частоты на основе инверторов напряжения и тока?

а) нет отличий

б) в схемном решении выпрямителя

в) в структуре построения фильтра промежуточного звена постоянного тока

г) в построении инвертора
3. Назначение и цель ориентации системы координат  $x, y$  по вектору потокосцепления

а) получить скалярные значения векторов тока, напряжения и потокосцепления

б) в понижении сложности математического описания системы ПЧ - АД

в) в возможности реализации подчиненных каналов регулирования скорости и потокосцепления

г) в возможности выделения параметра пропорционального скорости синхронной скорости поля статора
4. Достоинства и недостатки систем управления ЧРЭ с прямой и косвенной ориентацией по потоку сцепления ротора

- |  |  |
|--|--|
| <p>а) более высокая точность регулирования, меньшая сложность ПЧ, сложность технической реализации, меньшая надежность</p> <p>в) больший диапазон регулирования скорости, простота реализации, отсутствие датчиков потокосцепления</p> | <p>б) более высокая точность регулирования, простота компенсации взаимосвязей, возможность построения бездатчиковой системы, меньшая надежность</p> <p>г) затрудняюсь ответить</p> |
|--|--|

5. Принцип системы прямого управления моментом (DTC) построен на:

- |  |  |
|--|--|
| <p>а) поддержания постоянства соотношения между напряжением и частотой</p> <p>в) на поддержании на максимуме потокосцепления двигателя</p> | <p>б) на коммутации обмоток статора в соответствии с положением ротора</p> <p>г) на поддержании постоянным угла фазового сдвига между векторами потокосцеплений статора и ротора</p> |
|--|--|

6. Охарактеризуйте взаимосвязанную многодвигательную систему электропривода

- |  |  |
|--|--|
| <p>а) система имеющая <math>n</math>-входов и <math>n</math>-выходов</p> <p>в) система, состоящая из нескольких локальных систем электропривода с перекрестными связями между ними</p> | <p>б) сложная электромеханическая система с взаимным влиянием параметров внутри системы</p> <p>г) система, представляющая собой многоконтурную систему регулирования</p> |
|--|--|

## ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### *1. 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?

### *2. 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?
3. *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?

## **КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Для заданных функциональных схем систем частотно-регулируемого 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 преобразователя частоты с учетом способа управления им. Выбрать также все элементы главной цепи (дрессели и конденсаторы фильтров, сопротивления и другие).

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

4) Выбрать устройства управления (усилители, устройства задания, потенциальные развязки, регуляторы и другие.), обращая внимание на согласование устройств между собой по току и по напряжению.

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

6) 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.

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

8) Провести синтез параметров регуляторов тока, скорости, потокосцепления.

9) Составить схему моделирования и выполнить моделирование с оценкой правильности расчетных настроек регуляторов.

10) Проверить качество системы, для чего построить переходной процесс по управлению и по возмущению (моделированием) с введением в систему нелинейностей, которыми пренебрегли при расчетах.

11) 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. Статические преобразователи частоты, принцип работы особенности построения
2. Схемы замещения асинхронного двигателя при питании от источников напряжения и тока
3. Статические характеристики асинхронного двигателя в разомкнутой системе ПЧ-АД
4. Электромагнитная мощность и момент асинхронного двигателя
5. Скалярное управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Разомкнутые системы управления
6. Замкнутые системы частотного управления
  - Системы управления с обратной связью по току статора
  - Системы управления с обратной связью по скорости двигателя
  - Частотно-токовое управление
7. Понятия векторного управления
8. Структурная схема АД при управлении по вектору потокосцепления ротора
9. Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД
10. Системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД
11. Прямое управление моментом, структура системы управления.
12. Статические и динамические характеристики системы DTC
13. Вентильный двигатель, математическое описание
14. Типовые структуры управления вентильным двигателем.
15. Система управления скоростью на базе вентильного двигателя.
16. Взаимосвязанные системы управления электроприводами, требования предъявляемые к ним.
17. Анализ и синтез параметров регуляторов взаимосвязанных систем регулирования

## **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. Электропривод переменного тока: Учебное пособие/ Чернышев А.Ю., Дементьев Ю.Н., Чернышев И.А., 2-е изд. –Томск 2015. 210 с. - Режим доступа: <http://www.znaniium.com>
3. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. Учебник для вузов Допущено УМО по образованию в обл.энергетики и электротехники в кач. учебника для студ. вузов по спец."Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов". 266с. - М.: Академия, 2006.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Управление электроприводами/ Учебное пособие для вузов/ Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. – Л.:Энергоиздат.1982. 392с.
2. 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>
3. Зимин, Е.Н., Яковлев, В.И. Автоматическое управление электроприводами/ Учебное пособие для вузов по спец. "Электропривод и автоматизация промышленных установок". М.: Высшая школа, 1979.- 318с.

## **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 «*Управления электроприводами*» осуществляет-

ся в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студента. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций и лабораторных. 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 (экзаменационные вопросы).

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 6).

Промежуточная аттестация (зачет с оценкой) 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 экзамена. Максимальный итоговый рейтинг – 90 баллов. Оценке «отлично» соответствует 80 - 90 баллов; «хорошо» – 70 - 79; «удовлетворительно» – 60 - 69; менее 60 – «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 представлен-

ных 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 «*Управление электроприводами*» основывается на активном использовании Microsoft Office в процессе подготовки курсового проекта специализированной программы PSMразработанной 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 «*Управление 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