



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра электропривода и электротехнологий

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина
Ю.В. Катаев
“ 22 ” января 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.02 «Управление электроприводами»

для подготовки бакалавров:
(академический бакалавриат)

ФГОС ВО

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность Электроснабжение

Курс 5
Семестр 9
Форма обучения: очно-заочная
Год начала подготовки: 2018 г.

Регистрационный номер _____

Москва, 2019

Разработчик: Кабдин Н.Е., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Н.Е. Кабдин
(подпись)

«15» января 2019 г.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

С.А. Андреев
(подпись)

«15» января 2019 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры электропривода и электротехнологий протокол № 04 «15» января 2019 г.

Заведующий кафедрой Кабдин Н. Е., к. т. н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Н.Е. Кабдин
(подпись)

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Парлюк Е.П., к.э.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Е.П. Парлюк
(подпись)

Протокол № 09 «21» января 2019 г.

Заведующий выпускающей кафедрой электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко Стушкина Н.А., к. т. н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Н.А. Стушкина
(подпись)

«15» января 2019 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ Л.Л. Иванова
(подпись)

Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных материалов дисциплины получены:

Методический отдел УМУ

«__» _____ 201_г

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРУ	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	12
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	17
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	20
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	21
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	28
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	29
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	29
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	30
7.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К	30
ЗАНЯТИЯМ	30
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	31
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	31
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ	32
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	32
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	34
Виды и формы отработки пропущенных занятий	35
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	35

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.ДВ.02.02 «Управление электроприводами» для подготовки бакалавра по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение

Цель освоения дисциплины: формирование у студентов теоретических и практических знаний о принципах построения систем управления электроприводами постоянного и переменного тока; способностей применять методы анализа и моделирования при разработке систем управления электроприводами для обеспечения режимов их работы, проводить экспериментальные исследования систем управления электроприводами.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в вариативную часть дисциплин по выбору учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-2, ПК-1, ПК-6.

Краткое содержание дисциплины:

Классификация систем управления электроприводами. Общие принципы построения систем управления электроприводами. Понятие о регулировании координат электропривода. Функции, выполняемые автоматизированными системами управления электроприводами (АСУ ЭП). Показатели качества управления. Обратные связи по скорости, току, напряжению и т.д.

Аппаратура защиты и управления электроприводами, ее назначение, классификация, характеристики. Релейно-контактные схемы управления электроприводом. Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного тока в функции тока, времени, скорости. Типовые узлы схем автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного тока в функции тока, времени, скорости.

Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов переменного тока в функции тока, времени, скорости. Типовые узлы схем автоматического управления пуском и торможением электроприводов переменного тока в функции тока, времени, скорости. Практические схемы управления электроприводами постоянного и переменного тока.

Замкнутые системы автоматического управления электроприводами. Типовые структуры замкнутых АСУ ЭП. Статические характеристики АСУ ЭП. Регулирование скорости двигателей постоянного тока в системе управляемый преобразователь-двигатель (УП-Д).

Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системах: преобразователь напряжения - двигатель (ПН-АД), преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Системы автоматического регулирования положения (точное позиционирование электропривода).

Общая трудоемкость дисциплины: 5 зач. ед. (180 часов).

Промежуточный контроль: защита курсовой работы, экзамен.

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: формирование у студентов теоретических и практических знаний о принципах построения систем управления электроприводами постоянного и переменного тока; способностей применять методы анализа и моделирования при разработке систем управления электроприводами для обеспечения режимов их работы, проводить экспериментальные исследования систем управления электроприводами.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: требования, предъявляемые к системам управления автоматизированным электроприводом, принципы построения систем управления электроприводами постоянного и переменного тока и методы расчета их параметров с целью обеспечения требуемых режимов работы электропривода; методы подготовки и выполнения типовых экспериментальных исследований систем управления электроприводами по заданной методике

уметь: применять методы анализа и моделирования при разработке систем управления электроприводами; составлять план и проводить экспериментальные исследования систем управления электроприводами; разрабатывать релейно-контактные и замкнутые системы управления электроприводами для обеспечения режимов их работы

- владеть навыками: анализа и моделирования при разработке систем управления электроприводами; построения релейно-контактных и замкнутых систем управления электроприводами для обеспечения режимов их работы; навыками составления плана и проведения экспериментальных исследований систем управления электроприводами.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Управление электроприводами» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана вариативную часть дисциплин по выбору.

Дисциплина «Управление электроприводами» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Управление электроприводами» являются: математика (1 курс, 1-2 семестры; 2 курс, 3 семестр), физика (1 курс, 2 семестр; 2 курс, 3 семестр), информатика (1 курс, 1 семестр), теоретические основы электротехники (2 курс, 3 и 4 семестры), компьютерное проектирование КОМПАС (2 курс, 4 семестр), компьютерное проектирование AUTOCAD (2 курс, 4 семестр), информационные технологии (2 курс, 4 семестр), монтаж электрооборудования и средств автоматизации (2 курс, 4 семестр), автоматика (3 курс, 5 семестр), электроника (3 курс, 6 семестр), электрические машины (3 курс, 5-6 семестры), светотехника (3 курс, 6 семестр).

Дисциплина «Управление электроприводами» используется при подготовке студентами выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Управление электроприводами» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Требования к результатам освоения учебной дисциплины «Управление электроприводами»

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	основные понятия и фундаментальные законы физики и математики, методы анализа и моделирования при разработке систем управления электроприводами	применять методы анализа и моделирования при разработке систем управления электроприводами	навыками анализа и моделирования при разработке систем управления электроприводами
2.	ПК-1	способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	основы теории планирования эксперимента, методы подготовки и выполнения типовых экспериментальных исследований систем управления электроприводами по заданной методике	определять цели и задачи эксперимента, составлять план и проводить экспериментальные исследования систем управления электроприводами	навыками составления плана и проведения экспериментальных исследований систем управления электроприводами
3.	ПК-6	способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	принципы построения релейно-контактных и замкнутых систем управления электроприводами для обеспечения режимов их работы	разрабатывать релейно-контактных и замкнутых систем управления электроприводами для обеспечения режимов их работы	Навыками построения релейно-контактных и замкнутых систем управления электроприводами для обеспечения режимов их работы

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестру

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ в семестре № 9 представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестру

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	в т.ч.
		семестре № 9
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	180	180
1. Контактная работа:	52,4	52,4
Аудиторная работа	52,4	52,4
в том числе:		
<i>лекции (Л)</i>	16	16
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	12	12
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	20	20
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2	2
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	127,6	127,6
<i>курсовая работа (КР) (подготовка)</i>	36	36
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям.)</i>	58	58
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	33,6	33,6
Вид промежуточного контроля:	Защита КР, экзамен	

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1 «Цели и задачи автоматического управления. Общие принципы построения систем управления электроприводами»	10	2				8
Раздел 2 «Аппаратура защиты и управления»	16	2	4			10
Раздел 3 «Релейно-контактные системы управления электроприводами»	48	4	2	6		36

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 4 «Замкнутые системы автоматического управления электроприводами»	8					8
Раздел 5 «Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока»	21	3	2	4		12
Раздел 6 «Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока»	29	5	4	8		12
Раздел 7 «Системы управления положением электроприводов»	10			2		8
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2				2	
<i>консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	33,6					33,6
Всего за 9 семестр	180	16	12	20	4,4	127,6
Итого по дисциплине	180	16	12	20	4,4	127,6

Раздел 1. Цели и задачи автоматического управления. Общие принципы построения систем управления электроприводами

Тема 1. Обобщенная структура автоматизированного электропривода, силовой и информационный каналы.

Основные цели автоматического управления, требования к системам автоматического управления электроприводов (САУ ЭП).

Обобщенная структура автоматизированного электропривода; силовой и информационный каналы. Понятие о регулировании координат электропривода. Классификация систем управления электроприводами. Основные функции систем автоматического управления электроприводами.

Тема 2. Разомкнутые и замкнутые системы управления.

Разомкнутые и замкнутые системы управления. Типовые управляющие и возмущающие воздействия в электроприводах. Обратные связи по скорости, току, напряжению и т.д. Показатели качества регулирования.

Раздел 2. Аппаратура защиты и управления

Тема 1. Аппаратура управления электроприводами, ее назначение, классификация, характеристики

Электрические аппараты ручного управления (кнопки и ключи управления, контроллеры и т.д.), их назначение и характеристики. Электрические аппараты дистанционного управления (контакторы, магнитные пускатели, электромагнитные реле, тиристорные пускатели и т.д.), их назначение и характеристики.

Тема 2. Аппаратура защиты электроприводов, ее назначение, классификация, характеристики.

Аппараты защиты (автоматические выключатели, тепловые реле, предохранители и т.д.). Сигнализация в схемах управления электроприводами.

Раздел 3. Релейно-контактные системы управления электроприводами

Тема 1. Общие понятия о релейно-контактных системах управления (РКСУ). Принципы управления и типовые узлы в РКСУ.

Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного и переменного тока в функции тока, времени, скорости. Их сравнительный анализ.

Тема 2. Релейно-контактные системы управления электроприводами постоянного тока

Нереверсивная и реверсивная схемы управления двигателями постоянного тока.

Типовые узлы схем автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного тока в функции тока, времени, скорости

Тема 3. Релейно-контактные системы управления электроприводами переменного тока

Нереверсивная и реверсивная схемы управления асинхронным двигателем (АД). Схемы управления многоскоростными АД.

Типовые узлы схем автоматического управления пуском и торможением электроприводов переменного тока в функции тока, времени, скорости.

Автоматическое управление торможением противовключением АД в функции скорости (схема с использованием РКС). Автоматическое управление динамическим торможением АД в функции времени.

Раздел 4. Замкнутые системы автоматического управления электроприводами

Тема 1. Принципы построения замкнутых систем автоматического управления электроприводами

Электрический двигатель как объект управления, управляемые координаты, типовые управляющие и возмущающие воздействия. Задачи управления. Обратные связи и их назначение. Классификация замкнутых САУ ЭП: по принципу действия, по выходным регулируемым координатам, по виду управления, по выполняемым функциям. Типовые структуры замкнутых систем управления электроприводов: одно- и многоконтурные структуры, параллельное и подчиненное регулирование.

Раздел 5. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока

Тема 1. Требования к системам управления скоростью. Регулирование скорости двигателя постоянного тока в системе управляемый преобразователь-двигатель (УП-Д). Механические характеристики.

Тема 2. Нереверсивный и реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока.

Тема 3. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема. Мостовая схема.

Тема 4. Реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д (встречно-параллельные, перекрестные схемы включения). Механические характеристики.

Раздел 6. Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока

Тема 1. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь напряжения – асинхронный двигатель (ПН-АД). Разомкнутая и замкнутая системы. Механические характеристики.

Тема 2. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД)

Преобразователи частоты с непосредственной связью и с промежуточным звеном постоянного тока.

Схемы включения преобразующих групп, принципы формирования выходного синусоидального напряжения, преимущества и недостатки.

Принципы работы автономного инвертора. Инверторы напряжения и инверторы тока. Схемы автономных инверторов. Элементная база транзисторных инверторов напряжения. Биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT и модули на их основе. Мощные полевые транзисторы MOSFETы. Способы регулирования напряжения в преобразователях частоты.

Тема 3. Системы скалярного управления асинхронного частотно-регулируемого электропривода.

Разомкнутые системы, в том числе с коррекцией вольт-частотной характеристики; замкнутые системы с обратной связью по току статора и компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора (IR -компенсация или компенсация нагрузки); замкнутые системы с обратной связью по току статора и компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора и повышением жесткости статических характеристик (IR -компенсация и компенсация скольжения); замкнутые системы с обратной связью по скорости. Функциональные и структурные схемы систем скалярного управления.

Тема 4. Системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

Обобщенная функциональная схема векторного частотного управления асинхронным двигателем. Структурная схема системы автоматического управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением. Функциональные схемы систем векторного управления с датчиком обратной связи и бездатчиковых систем.

Раздел 7. Системы управления положением электроприводов

Тема 1. Принципы построения систем управления положением. Синтез систем управления положением, работающих в режиме позиционирования.

Требования к электроприводу. Структурная схема. Виды движений, отработка электроприводом малых, средних и больших перемещений.

4.3 Лекции/лабораторные работы/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций/лабораторных работ/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Цели и задачи автоматического управления. Общие принципы построения систем управления электроприводами				2
	Тема 2. Разомкнутые и замкнутые системы управления	Лекция № 1. Разомкнутые и замкнутые системы управления. Типовые управляющие и возмущающие воздействия в электроприводах. Обратные связи по скорости, току, напряжению и т.д. Показатели качества регулирования.	ОПК-2 ПК-6		2
2.	Раздел 2.. Аппаратура защиты и управления				6
	Тема 1. Аппаратура управления электроприводами, ее назначение, классификация, характеристики	Лекция № 2. Электрические аппараты ручного управления (кнопки и ключи управления, контроллеры и т.д.), их назначение и характеристики. Электрические аппараты дистанционного управления (контакторы, магнитные пускатели, электромагнитные реле, тиристорные пускатели и т.д.), их назначение и характеристики	ОПК-2 ПК-6		1
		Практическое занятие № 1. Выбор аппаратуры управления электроприводами	ОПК-2 ПК-6	Устный опрос Решение задач	2
	Тема 2. Аппаратура защиты электроприводов, ее назначение,	Лекция № 2. Аппараты защиты (автоматические выключатели, тепловые реле, предо-	ОПК-2 ПК-6		1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	классификация, характеристики	хранители и т.д.). Сигнализация в схемах управления электроприводами			
		Практическое занятие № 2. Выбор аппаратуры защиты электроприводов	ОПК-2 ПК-6	Устный опрос Решение задач	2
3.	Раздел 3. «Релейно-контактные системы управления электроприводами»				12
	Тема 1. Общие понятия о релейно-контактных системах управления (РКСУ). Принципы управления и типовые узлы в РКСУ.	Лекция № 3. Общие понятия о релейно-контактных системах управления (РКСУ). Принципы управления и типовые узлы в РКСУ. Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного и переменного тока в функции тока, времени, скорости.	ОПК-2 ПК-6		2
	Тема 2. Релейно-контактные системы управления электроприводами постоянного тока	Лекция № 4. Релейно-контактные системы управления электроприводами постоянного тока	ОПК-2 ПК-6		1
	Тема 3. Релейно-контактные системы управления электроприводами переменного тока	Лекция № 4. Релейно-контактные системы управления электроприводами переменного тока	ОПК-2 ПК-6		1
		Лабораторная работа № 1. Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 2. Управление торможением асинхронного электродвигателя при помощи реле контроля скорости	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Лабораторная работа № 3. Исследование способов пуска асинхронных электродвигателей.	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 3. Типовые узлы и схемы управления асинхронными электродвигателями.	ОПК-2 ПК-6	Устный опрос Решение задач	2
4.	Раздел 5. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока				9
	Тема 1. Требования к системам управления скоростью. Регулирование скорости двигателя постоянного тока в системе управляемый преобразователь-двигатель (УП-Д). Механические характеристики	Практическое занятие № 4. Расчет механических характеристик механик в системе УП-Д.	ОПК-2 ПК-6	Устный опрос Решение задач Тестирование	2
	Тема 2. Нереверсивный и реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока	Лекция № 5. Нереверсивный и реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока.	ОПК-2 ПК-6		1
	Тема 3. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема. Мостовая схема	Лекция № 5, № 6. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема. Мостовая схема.	ОПК-2 ПК-6		2
		Лабораторная работа № 4. Исследование системы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока».	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
5.	Раздел 6. Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока				17
	Тема 1. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь напряжения – асинхронный двигатель (ПН-АД). Разомкнутая и замкнутая системы. Механические характеристики	Лекция № 6. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь напряжения – асинхронный двигатель (ПН-АД). Разомкнутая и замкнутая системы. Механические характеристики.	ОПК-2 ПК-6		1
		Практическое занятие № 5. Расчет механических характеристик в системе ПН-АД.	ОПК-2 ПК-6	Устный опрос Решение задач Тестирование	2
	Тема 2. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД)	Лекция № 7. Преобразователи частоты с непосредственной связью и с промежуточным звеном постоянного тока. Схемы включения преобразующих групп, принципы формирования выходного синусоидального напряжения, преимущества и недостатки. Принципы работы автономного инвертора. Инверторы напряжения и инверторы тока. Схемы автономных инверторов. Элементная база транзисторных инверторов напряжения.	ОПК-2 ПК-6		2
		Лабораторная работа № 5. Исследование работы с кнопочной панелью преобразователя частоты Altivar 712	ОПК-1 ПК-2 ПК-7	Защита лабораторной работы	2
	Тема 3. Системы скалярного управления асинхронного частотно-регулируемого	Лекция № 8. Системы скалярного управления асинхронного частотно-регулируемого электропривода. Ра-	ОПК-2 ПК-6		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	электропривода	замкнутые системы, в том числе с коррекцией вольт-частотной характеристики; замкнутые системы с обратной связью по току статора и компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора (<i>IR</i> -компенсация или компенсация нагрузки). Функциональные и структурные схемы систем скалярного управления.			
		Лабораторная работа № 6. Исследование разомкнутой системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель»	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 6. Скалярное управление в системе ПЧ-АД. Расчет механических характеристик.	ОПК-2 ПК-6	Устный опрос Решение задач	2
	Тема 4. Системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода	Лабораторная работа № 7. Исследование замкнутой системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель»	ОПК-1 ПК-2 ПК-7	Защита лабораторной работы	4
6.	Раздел 7. Системы управления положением электроприводов				2
	Тема 1. Принципы построения систем управления положением	Лабораторная работа № 8. Управление асинхронным электродвигателем в функции пути с помощью конечных выключателей»	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2

4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины		
№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1. Цели и задачи автоматического управления. Общие принципы построения систем управления электроприводами		
1.	Тема 1. Обобщенная структура автоматизированного электропривода, силовой и информационный каналы	Механические, электрические и магнитные координаты электропривода (ОПК-2, ПК-6).
2	Тема 2. Разомкнутые и замкнутые системы управления	Разомкнутые и замкнутые системы управления. Типовые управляющие и возмущающие воздействия в электроприводах. Обратные связи по скорости, току, напряжению и т.д. Показатели качества регулирования. (ОПК-2, ПК-6).
Раздел 2. Аппаратура защиты и управления		
3.	Тема 1. Аппаратура управления электроприводами, ее назначение, классификация, характеристики	Электрические аппараты ручного управления (кнопки и ключи управления, контроллеры и т.д.), их назначение и характеристики. Электрические аппараты дистанционного управления (контакторы, магнитные пускатели, электромагнитные реле, тиристорные пускатели и т.д.), их назначение и характеристики (ОПК-2, ПК-6).
4.	Тема 2. Аппаратура защиты электроприводов, ее назначение, классификация, характеристики	Современные электронные аппараты защиты электроприводов переменного тока (ОПК-2, ПК-6).
Раздел 3. Разомкнутые системы автоматического управления электроприводами		
5.	Тема 1. Общие понятия о релейно-контактных системах управления (РКСУ). Принципы управления и типовые узлы в РКСУ	Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного и переменного тока в функции тока, времени, скорости. Их сравнительный анализ (ОПК-2, ПК-6).
6.	Тема 2. Релейно-контактные системы управления электроприводами постоянного тока	Нереверсивная и реверсивная схемы управления двигателями постоянного тока. Типовые узлы схем автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного тока в функции тока, времени, скорости (ОПК-2, ПК-6).
7.	Тема 3. Типовые узлы схем автоматического управления пуском и торможением электроприводов переменного тока в функции тока, времени, скорости	Практические схемы управления электроприводами переменного тока (ОПК-2, ПК-6).
Раздел 4. Замкнутые системы автоматического управления электроприводами		

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
8.	Тема 1. Принципы построения замкнутых систем автоматического управления электроприводами	Электрический двигатель как объект управления, управляемые координаты, типовые управляющие и возмущающие воздействия. Задачи управления. Обратные связи и их назначение. Классификация замкнутых САУ ЭП: по принципу действия, по выходным регулируемым координатам, по виду управления, по выполняемым функциям. Типовые структуры замкнутых систем управления электроприводов: одно- и многоконтурные структуры, параллельное и подчиненное регулирование (ОПК-2, ПК-6).
Раздел 5. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока		
9.	Тема 1. Требования к системам управления скоростью. Регулирование скорости двигателя постоянного тока в системе управляемый преобразователь-двигатель (УП-Д). Механические характеристики	Регулирование скорости двигателя постоянного тока в системе управляемый преобразователь-двигатель (УП-Д). Механические характеристики (ОПК-2, ПК-6).
10.	Тема 2. Нереверсивный и реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока	Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока. Реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока (ОПК-2, ПК-6)
11.	Тема 3. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема. Мостовая схема	Нулевые схемы нереверсивного электропривода в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Мостовые схемы нереверсивного электропривода в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока (ОПК-2, ПК-6)
12.	Тема 4. Реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д (встречно-параллельные, перекрестные схемы включения). Механические характеристики	Реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д (встречно-параллельные, перекрестные схемы включения). Механические характеристики (ОПК-2, ПК-6)
Раздел 6. Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока		
13.	Тема 1. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь напряжения – асинхронный	Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь напряжения – асинхронный двигатель (ПН-АД). Механические характеристики в разомкнутой и замкнутой системах ПН-АД (ОПК-2, ПК-6)

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	двигатель (ПН-АД). Разомкнутая и замкнутая системы. Механические характеристики	
14.	Тема 2. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД)	Преобразователи частоты с непосредственной связью и с промежуточным звеном постоянного тока. Схемы включения преобразующих групп, принципы формирования выходного синусоидального напряжения, преимущества и недостатки. Принципы работы автономного инвертора. Инверторы напряжения и инверторы тока. Схемы автономных инверторов. Элементная база транзисторных инверторов напряжения. Биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT и модули на их основе. Мощные полевые транзисторы MOSFETы. Способы регулирования напряжения в преобразователях частоты (ОПК-2, ПК-6)
15.	Тема 3. Системы скалярного управления асинхронного частотно-регулируемого электропривода	Разомкнутые системы, в том числе с коррекцией вольт-частотной характеристики; замкнутые системы с обратной связью по току статора и компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора (<i>IR</i> -компенсация или компенсация нагрузки); замкнутые системы с обратной связью по току статора и компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора и повышением жесткости статических характеристик (<i>IR</i> -компенсация и компенсация скольжения); замкнутые системы с обратной связью по скорости. Функциональные и структурные схемы систем скалярного управления (ОПК-2, ПК-6).
16.	Тема 4. Системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода	Системы векторного управления с датчиком обратной связи и бездатчиковые (ОПК-2, ПК-6)
Раздел 7. Системы управления положением электроприводов		
17.	Тема 1. Принципы построения систем управления положением. Синтез систем управления положением, работающих в режиме позиционирования. Требования к электроприводу. Структурная схема. Виды движений, отработка электроприводом малых, средних и больших перемещений	Синтез систем управления положением, работающих в режиме позиционирования. Виды движений, отработка электроприводом малых, средних и больших перемещений (ОПК-2, ПК-6)

5. Образовательные технологии

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Л	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Разомкнутые и замкнутые системы управления. Типовые управляющие и возмущающие воздействия в электроприводах. Обратные связи по скорости, току, напряжению и т.д. Показатели качества регулирования.	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация). Встреча с представителем ФНАЦ ВИМ
2.	Общие понятия о релейно-контактных системах управления (РКСУ). Принципы управления и типовые узлы в РКСУ. Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов постоянного и переменного тока в функции тока, времени, скорости.	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация) Встреча с ведущими специалистами ОАО «Сименс»
3.	Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УПД при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема. Мостовая схема.	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
4.	Выбор аппаратуры управления электроприводами.	ПЗ	Технология контекстного обучения. (Решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе)
5.	Типовые узлы и схемы управления асинхронными электродвигателями.	ПЗ	Технология контекстного обучения. (Решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе)
6.	Расчет механических характеристик в системе ПН-АД.	ПЗ	Технология контекстного обучения. (Решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе)
7.	Скалярное управление в системе ПЧ-АД.	ПЗ	Технология контекстного обучения. (Решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе)

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
	Расчет механических характеристик		дующим обсуждением результатов в группе)
8.	Исследование способов пуска асинхронных электродвигателей.	ЛР	Технология проблемного обучения.
9.	Исследование системы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока».	ЛР	Технология проблемного обучения.
10.	Исследование разомкнутой системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель»	ЛР	Технология проблемного обучения.
11.	Управление асинхронным электродвигателем в функции пути с помощью конечных выключателей»	ЛР	Технология проблемного обучения.

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении разделов дисциплины «Управление электроприводами» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

Текущий контроль знаний предполагает посещение лекций, вопросы к устному опросу студентов на практических занятиях, вопросы для защиты лабораторных работ, выполнение тестов, решение типовых задач.

Промежуточный контроль знаний: защита курсовой работы, экзамен.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1) При изучении дисциплины «Управление электроприводами» учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы

Курсовая работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных материалов. Курсовая работа носит расчетный характер и обязательно выполняется в среде САПР и в электронных таблицах Microsoft Excel или в математическом пакете Mathcad. Оформляется курсовая работа в текстовом редакторе Microsoft Word.

Курсовая работа 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.

Тема курсовой работы по дисциплине «Управление электроприводами» формулируются таким образом, чтобы студент имел возможность максимально использовать материалы курсовой работы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Примерные темы курсовой работы

1. Разработка системы управления электроприводом постоянного тока (пуском, реверсом и торможением электродвигателя).
2. Разработка системы управления асинхронным электроприводом (пуском, реверсом и торможением электродвигателя).

Курсовая работа по дисциплине «Управление электроприводами» выполняется согласно варианта индивидуального задания выданного преподавателем.

Таблица 7

Критерии оценки курсовой работы

Оценка	Критерии оценивания
«отлично»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены точно и верно. Студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки отсутствуют. Оформление курсовой работы соответствует предъявляемым требованиям. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент отвечает на вопросы.
«хорошо»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с неточностями. Имеются замечания к оформлению курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован средний уровень развития профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент владеет материалом, но отвечает не на все поставленные вопросы.
«удовлетворительно»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с ошибками. Студентом не сделаны собственные выводы по теме

	курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы; слабое владение специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки. При защите курсовой работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы.
«неудовлетворительно»	курсовая работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса; допустил грубые ошибки в расчетах, таблицах, графиках и схемах. Студентом не сделаны выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы. На защите курсовой работы студент показал поверхностные знания по теме, не правильно отвечал на вопросы.

2) Пример тестового задания для текущего контроля знаний обучающихся:

По разделу 6. Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока

Тема 1. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь напряжения – асинхронный двигатель (ПН-АД). Разомкнутая и замкнутая системы. Механические характеристики

Практическое занятие № 5. Расчет механических характеристик в системе ПН-АД.

Тест

1. Какой из приборов является датчиком скорости?

- а) сельсин;
- б) вращающийся трансформатор;
- в) тахогенератор;
- г) датчик Холла.

2. Какой параметр является выходным у тахогенератора?

- а) сопротивление;
- б) ток;
- в) напряжение;
- г) число оборотов.

3. Какой прибор используется в качестве датчика тока в схемах управления электроприводами с асинхронными двигателями?

- а) измерительный шунт;
- б) измерительный трансформатор тока;
- в) амперметр;
- г) реле тока.

4. Какое минимальное число тиристоров входит в состав регулятора переменного напряжения?

- а) 2;
- б) 3;
- в) 6;
- г) 9.

5. Как изменяется скорость асинхронного двигателя, включенного через регулятор напряжения, при увеличении угла запаздывания открывания тиристорov?

- а) не изменяется;
- б) увеличивается;
- в) уменьшается;
- г) асинхронный двигатель нельзя включать через регулятор напряжения.

6 Как изменяется момент асинхронного двигателя, включенного через регулятор напряжения, при уменьшении угла запаздывания открывания тиристорov?

Ответы:

- а) не изменяется;
- б) увеличивается;
- в) уменьшается;
- г) асинхронный двигатель нельзя включать через регулятор напряжения.

7 При каком угле запаздывания открывания тиристорov в градусах достигаются номинальные скорость вращения и момент асинхронного двигателя, включенного через регулятор напряжения?

- а) 0° ;
- б) 30° ;
- в) 60° ;
- г) 90° .

3) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:

По разделу 6. Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока

Теме 1. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе преобразователь напряжения – асинхронный двигатель (ПН-АД). Разомкнутая и замкнутая системы. Механические характеристики.

Практическое занятие № 5. Расчет механических характеристик в системе ПН-АД.

Задача 1. 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; $\omega_o = 157$ 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 м²; $X_{\mu} = 6,75$ 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;

4) Пример перечня вопросов для устного опроса студентов для текущего контроля знаний обучающихся:

По разделу 3 «Релейно-контактные системы управления электроприводами»

Теме 3. Релейно-контактные системы управления электроприводами переменного тока

Практическое занятие № 3. Типовые узлы и схемы управления асинхронными электродвигателями

Перечень вопросов для устного опроса:

1. В чем состоит принцип разомкнутого управления электроприводом?
2. Где используется разомкнутое управление автоматизированным электроприводом?
3. Достоинства и недостатки релейно-контактных схем управления электроприводом?
4. Как осуществляется управление пуском электродвигателей?
5. Какие задачи решаются при автоматизации пускового процесса?
6. Что такое пусковая диаграмма?
7. Как выглядит схема управления пуском асинхронных электродвигателей в релейно-контакторном варианте?
8. Что такое максимально токовая защита и как она реализуется?
9. Что такое тепловая защита и для чего она используется?
10. Для чего необходима нулевая защита электропривода?
11. Как осуществляется электрическое торможение асинхронного электродвигателя?
12. Какие существуют способы торможения электродвигателей?
13. Как с помощью релейно-контакторных схем осуществляется реверс асинхронного электродвигателя?
14. В чем особенность зависимого пуска электродвигателей?
15. Как выглядит схема управления асинхронным электродвигателем в функции времени?
16. В чем заключается принцип управления асинхронным электродвигателем в функции тока?
17. В чем заключается принцип управления асинхронным электродвигателем в функции скорости?

5) Пример контрольных вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся:

По разделу 5. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока

Теме 3. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема. Мостовая схема.

Лабораторная работа № 4. Исследование системы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока».

Контрольные вопросы при защите лабораторной работы

1. Как осуществляется регулирование напряжения на выходе ТП?
2. Какому напряжению управления ТП соответствует угол запаздывания отсрочки, равный девяносто градусам?

3. Какими условиями ограничены максимальные напряжения ТП в инверторном и выпрямительном режимах?
4. Как определить минимальную скорость двигателя в системе?
5. Почему механическая характеристика двигателя в системе ТП-Д мягче, чем естественная характеристика двигателя?
6. Как изменится точность регулирования скорости при изменении напряжения управления ТП?
7. Как определить точку перехода из непрерывного режима работы ТП в прерывистый?
8. В каком режиме КПД системы ТП-Д равен нулю?
9. В каком режиме работает двигатель, когда коэффициент мощности системы ТП-Д равен нулю?
10. Какими условиями ограничен диапазон регулирования скорости в системе регулирования тока возбуждения?

б) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Классификация систем автоматического управления электроприводами.
2. Что в теории электропривода понимается под координатами электропривода?
3. Что означает регулирование координат электропривода?
4. Назовите основные показатели, характеризующие способы регулирования угловой скорости электропривода.
5. В каких случаях возникает необходимость регулирования положения электропривода?
6. Какие системы управления электроприводами называются неавтоматизированными и автоматизированными?
7. В чем состоит принцип разомкнутого управления электроприводом? Где используется разомкнутое управление автоматизированным электроприводом?
8. Назовите основные принципы построения замкнутых систем регулируемого электропривода.
9. В чем заключается различие между разомкнутыми и замкнутыми системами управления электроприводами?
10. Какие виды обратных связей вам известны?
11. Основные требования, предъявляемые к схемам автоматического управления электроприводами.
12. Назовите основные типы аппаратуры, используемой в системах управления электроприводами. Каковы их графические и буквенные обозначения на схемах?
13. Автоматические выключатели в системах управления электроприводами. Их выбор.
14. Магнитные пускатели и тепловые реле в системах управления электроприводами. Их выбор.
15. Датчики скорости, тока, напряжения, положения и т.д., их назначение и характеристики.
16. Реле времени в системах управления электроприводами.
17. Принципы автоматического управления пуском и торможением электродвигателей, их сравнительный анализ.

18. Типовые узлы схем управления пуском двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. Управление в функции скорости.
19. Типовые узлы схем управления пуском двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. Управление в функции времени.
20. Типовые узлы схем управления пуском двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. Управление в функции тока.
21. Типовые узлы схем управления торможением двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением. Управление динамическим торможением.
22. Типовые узлы схем управления торможением двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением. Управление противовключением.
23. Типовые узлы схем управления пуском асинхронных двигателей с фазным ротором. Управление в функции скорости.
24. Типовые узлы схем управления пуском асинхронных двигателей с фазным ротором. Управление в функции времени.
25. Типовые узлы схем управления пуском асинхронных двигателей с фазным ротором. Управление в функции тока.
26. Типовые узлы схем управления торможением асинхронных двигателей с фазным ротором. Управление динамическим торможением.
27. Типовые узлы схем управления торможением асинхронных двигателей с фазным ротором. Управление противовключением.
28. Начертите принципиальную схему управления нереверсивным и реверсивным электроприводом с асинхронным короткозамкнутым электродвигателем с использованием магнитных пускателей.
27. Устройство, принцип работы реле контроля скорости (РКС) и составьте схему автоматического управления торможением противовключением асинхронного короткозамкнутого двигателя.
28. Достоинства и недостатки релейно-контакторных схем управления электроприводом?
29. Какой тип управляемых преобразователей имеет наибольшее применение в регулируемом электроприводе постоянного тока? Приведите функциональную схему регулируемого электропривода постоянного тока в системе УП-Д.
30. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока.
31. Реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока.
32. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема. Мостовая схема.
33. Реверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д (встречно-параллельные, перекрестные схемы включения). Механические характеристики.
34. Разомкнутая система электропривода «преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ПН-АД).
35. Построение механических характеристик двигателя в разомкнутой системе ТПД-АД.

36. Замкнутая система электропривода «преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ПН-АД).
37. Какие основные типы статических преобразователей частоты вам известны? Приведите их функциональные схемы и дайте сравнительную оценку.
36. Регулирование скорости АД в системе ПЧ (с непосредственной связью) – АД.
37. Регулирование скорости АД в системе ПЧ (с промежуточным звеном постоянного тока) – АД.
38. Для чего используется и как работает автономный инвертор тока?
39. Для чего используется и как работает автономный инвертор напряжения?
40. Законы и способы частотного регулирования. Механические характеристики АД при $U/f=\text{const}$, специальных зависимостях $U/f=\text{const}$, IR-компенсации, Достоинства и недостатки, диапазоны регулирования, области применения.
41. Скалярное управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Разомкнутые системы частотного управления.
42. Скалярное управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Замкнутые системы частотного управления.
43. Обобщенная функциональная схема векторного частотного управления асинхронным двигателем.
44. Структурная схема системы автоматического управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением.
45. Функциональные схемы систем векторного управления с датчиком обратной связи и бездатчиковых систем.
46. Каковы особенности выбора двигателей для регулируемого частотного электропривода?
47. Принципы построения систем управления положением.
48. Синтез систем управления положением, работающих в режиме позиционирования.
49. Требования к позиционному электроприводу. Структурная схема.
50. Виды движений, отработка электроприводом малых, средних и больших перемещений.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Управление электроприводами» применяется **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания результатов обучения представлены в таблице 8.

Критерии оценивания результатов обучения (экзамена)

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно; не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа экзаменационных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**7.1 Основная литература**

1. Герасенков, А.А., Гуляев, Е.В., Кабдин, Н.Е. Электропривод сельскохозяйственных машин. Дискретные схемы управления [Текст]: учебное пособие / А.А. Герасенков, Е.В. Гуляев, Н.Е. Кабдин. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 108 с.

2. Герасенков, А.А., Кабдин, Н.Е., Зайцев, Д.Н., Хофманн, В. Электропривод. Низковольтные преобразователи частоты [Текст]: учебное пособие / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин, Д.Н. Зайцев, В. Хофманн. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 104 с.

3. Чернышев, А.Ю. Электропривод переменного тока [Электронный ресурс]: учеб. пособие для академического бакалавриата / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев, И.А. Чернышев.– М.: Издательство Юрайт, 2019.– 215 с.
Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/elektroprivod-peremennogo-toka-438804#page/2>

7.2 Дополнительная литература

1. Герасенков, А. А. Автоматизированные системы управления электроприводами в сельскохозяйственном производстве. [Текст]: учебное пособие для вузов / А.А. Герасенков, Е.И. Назин, А.И. Учеваткин. – М.: МГАУ, 2004. – 135 с.

2. Герасенков, А.А., Зайцев, Д.Н., Кабдин, Н.Е. Микропроцессорные устройства дискретного управления электроприводами сельскохозяйственных машин [Текст]: практикум / А.А. Герасенков, Д.Н. Зайцев, Н.Е. Кабдин. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. – 184 с.

3. Герасенков, А.А., Кабдин Н.Е., Сергованцев, А.В. Электропривод: устройства защиты и управления [Текст]: учебное пособие / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин, А.В. Сергованцев. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 124 с.

4. Герасенков, А.А., Гуляев, Е.В., Кабдин, Н.Е. Микропроцессорные устройства Simatic S7-200 для управления электроприводами сельскохозяйственных машин [Текст]: учебное пособие / А.А. Герасенков, Е.В. Гуляев, Н.Е. Кабдин. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. – 120 с.

5. Герасенков, А.А. Автоматизированный электропривод: устройства микропроцессорного управления, регулирования, плавного пуска и защиты [Текст]: учебное пособие для вузов / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2009. – 68 с.

6. Герасенков, А.А. Электропривод: современные устройства защиты и управления [Текст]: учебное пособие. Ч.1 /А.А. Герасенков. – М.: ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 260 с.

7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Управление электроприводами» являются лекции, лабораторные работы, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции и практические занятия проводятся в группах, лабораторные работы в подгруппах. По курсу предусмотрено выполнение курсовой работы.

На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные работы и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

1. Каталоги электрооборудования фирм Сименс, Шнайдер-электрик, Овен, Легранд, Декрафт и др.

2. <http://www.dekrafl.ru> (открытый доступ).

3. <http://www.siemens.com> (открытый доступ).

4. <http://www.siemens.ru> (открытый доступ).

5. <http://www.shneider-electric.ru> (открытый доступ).

6. <http://www.шнайдер-электрика.рф> (открытый доступ).
7. <http://www.legrand.ru> (открытый доступ).
8. <http://www.owen.ru> (открытый доступ).

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Программно-информационное обеспечение дисциплины

Программы: программная среда AutoCAD 2, программная среда Multisim, Microsoft Office, Mathcad, интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

1. http://window.edu.ru/window/library?p_rid=40470 (Электротехника и электроника: учебное пособие) (открытый доступ).
2. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).
3. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ).
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (открытый доступ).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> (открытый доступ).

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 2. Аппаратура защиты и управления	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
2.	Раздел 3. Релейно-контактные системы управления электроприводами	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010

3.	Раздел 5. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока	Microsoft Word	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированно го проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2010
		Microsoft Excel		Microsoft	2010
		AutoCad		Autodesc	2009
4.	Раздел 6. Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока	Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированно го проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2010
		Microsoft Word		Microsoft	2010
		Microsoft Excel		Microsoft	2010
		AutoCad	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированно го проектирования (САПР) Презентация	Autodesc	2009
		Power Point		Microsoft	2010

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Корпус № 24, аудитория № 206	Компьютерный класс тип 1: компьютеров – 7шт., интерактивная доска – 1 шт., проектор Acer H 6517ST – 1 шт., инв. № 210124558132028
Корпус № 24, аудитория № 204.	1. Проектор «Beng» W 1070 – 1 шт. инв. № 410138000002632. 2. Проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240 x 240 NW (DSEM - 1106)- 1шт. инв. № 410138000002638.
Корпус № 24, аудитория № 204.	Лаборатория «Электропривод и электрооборудование». Лабораторные стенды: 1) Лабораторный стенд «Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями» инв. № 64529 -асинхронный электродвигатель (2 шт.) -автоматический выключатель -магнитный пускатель (3 шт.) - кнопочная станция (3 шт.) -провода 2) Лабораторный стенд «Управление торможением асинхронного электродвигателя при помощи реле контроля скорости» инв. №64530. -асинхронный электродвигатель -индукционное реле контроля скорости

	<ul style="list-style-type: none"> -автоматический выключатель -магнитный пускатель (2 шт.) - кнопочная станция (1 шт.) -провода <p>3) Лабораторный стенд «Управление асинхронным электродвигателем в функции пути с помощью конечных выключателей» инв. № 64531.</p> <ul style="list-style-type: none"> -асинхронный электродвигатель -автоматический выключатель -магнитный пускатель (2 шт.) -реле времени -конечные выключатели - кнопочная станция -провода
<p>Корпус № 24, аудитория № 210.</p>	<p>Лаборатория «Основы электропривода»</p> <p>1. Лабораторный стенд «Релейно-контакторные схемы управления асинхронного двигателя», исполнение стендовое, ручное с осциллографом, РКС-АД-СРЦ инв. № 410124000603069</p> <p>Состав стенда:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модуль питания 2. Модуль «Трансформатор» 3. Модуль «Реле времени» 4. Модуль «Преобразователь частоты» 5. Модуль «Автотрансформатор, контактор, конденсаторы» 6. Модуль «Релейно-контакторная схема» 7. Модуль измерительный 8. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 9. Лабораторный стол 10.Тумбочка-подставка под агрегат 11.Цифровой осциллограф 12.Комплект силовых кабелей и соединительных проводов <p>2. Лабораторный стенд Типовой комплект учебного оборудования «Электропривод 1,5 кВт». Исполнение стендовое компьютерное, 3 шт. инв. № 410124000603072–410124000603074.</p> <p>Состав стенда:</p> <ul style="list-style-type: none"> - модуль питания стенда; - модуль питания; - модуль измерителя мощности; - модуль регуляторов; - модуль силовой; - модуль преобразователя частоты; - модуль тиристорного преобразователя; - модуль тиристорного возбудителя; - персональный компьютер; - компакт-диск с программным обеспечением; - лабораторный стол;

	<ul style="list-style-type: none"> - компьютерный стол; - электромашинный агрегат; - техническое описание; - методические указания.
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	
Общежития № 4, № 5 и № 11. Комнаты для самоподготовки.	

11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

При изучении дисциплины «Управление электроприводами» студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при разработке систем управления электроприводами технологических процессов. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение.

Методические рекомендации для успешного освоения студентами дисциплины «Управление электроприводами» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на *лекциях*. Самостоятельно производить расчеты элементов систем управления с использованием электронных таблиц, математических пакетов и моделирующих программ. Используя информационные технологии, знакомиться с существующими системами автоматизированного управления. Организовать электронное хранилище информации по своей специальности и заносить туда собранную информацию и выполненные работы.

2. На *практических* занятиях обдуманно выполнять задания, самостоятельно производить расчеты, анализировать полученные результаты.

3. К выполнению *лабораторной* работы необходимо дома изучить по учебникам теоретический материал, а также по методическим указаниям подготовить протокол для проведения экспериментальных исследований. На лабораторных занятиях необходимо обдуманно выполнять задания, произвести расчеты, построить характеристики, начертить схемы и проанализировать полученные результаты. Защищать лабораторную работу по возможности следует в день её выполнения или ближайшее время.

4. Максимально использовать возможности производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (эксплуатационной) на предприятии для визуального изучения всех доступных, имеющихся на предприятии, автоматизированных электротехнологических систем в технологических процессах.

5. Регулярно посещать тематические выставки, например,

«Агропродмаш», «Золотая осень», «Электро 20..» и др.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему, решить задачи и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме практического занятия.

Студент, пропустивший лабораторную работу, должен самостоятельно изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок ее проведения и отработать ее в соответствии с установленным кафедрой графиком отработок лабораторных работ.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Формами организации учебного процесса по дисциплине, согласно структуре, являются лекции, практические занятия, лабораторные работы, консультации и самостоятельная работа студентов.

Чтение лекций осуществляется в аудитории, оборудованной аппаратурой для компьютерной презентации. На лекциях излагается теоретический материал: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия и определения. Рассматриваются вопросы классификации систем управления электроприводами. Общие принципы построения систем управления электроприводами. Функции, выполняемые автоматизированными системами управления электроприводами.

Чтение лекций целесообразно сопровождать демонстрацией презентаций, видеоклипов и т.п. Для этого в лекционной аудитории рекомендуется иметь проекционное оборудование, интерактивную доску и т.п.

На практических занятиях рассматриваются вопросы выбора аппаратуры защиты и управления электроприводами, расчета механических характеристик в системе УП-Д и ПН-АД.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме. Например, при проведении практических занятий первый час занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. Второй час занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить студентам решить индивидуальные задания. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов.

По наиболее сложным темам и возникшим при этом вопросам, на практическом занятии могут быть проведены собеседования и консультации.

Лабораторные работы проводятся на специализированных стендах согласно разработанным на кафедре методическим указаниям. Преподаватель оценивает качество и полноту выполнения лабораторной работы, проводит анализ результатов.

Самостоятельная работа студентов предполагает проработку лекционного материала, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (курсовой работы). При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия, компьютерное тестирование по разделам дисциплин. Занятия, проводятся в интерактивной форме.

Для успешного аудиторного и самостоятельного изучения дисциплины на занятиях целесообразно информировать студентов о наличии и возможности использования различных отраслевых баз данных, информационно-справочных и поисковых ресурсов по электрооборудованию, средствам механизации и электрификации технологических процессов.

Рекомендуется посещение тематических и агропромышленных выставок с последующей групповой дискуссией по результатам посещения.

Программу разработали:

Кабдин Н.Е., к.т.н., доцент

(подпись)