

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Паршик Екатерина Петровна
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Дата подписания: 17.07.2023 13:28:21
Уникальный программный ключ:
7823a5d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45



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 автоматизации и роботизации технологических процессов
имени академика И.Ф. Бородина

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина



И.Ю. Игнаткин

«11 июля» 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.01.02 «Перспективы развития электропривода»

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность: Электроснабжение

Курс – 1

Семестр – 2

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2022 г.

Москва, 2022

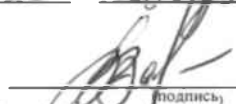
Разработчик: Кабдин Н.Е., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

« 29 » августа 2022 г.

Рецензент: Загинайлов В.И., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

« 29 » августа 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры электропривода и электротехнологий протокол № 01 «29» августа 2022 г.

Заведующий кафедрой Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Согласовано:

/Председатель учебно-методической
комиссии института механики и энергетики
имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Протокол 01 « 30 » августа 2022 г.

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



(подпись)

« 29 » августа 2022 г.

/Заведующий отделом комплектования ЦНБ



(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	6
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	7
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ.....	11
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	13
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	19
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ.....	21
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.....	27
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	28
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	28
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	28
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....	29
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	29
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	29
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ).....	30
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	30
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..	31
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	32
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	32

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «Перспективы развития электропривода» для подготовки магистра по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, направленности Электроснабжение

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение студентами теоретических и практических знаний по истории и тенденциям развития электрического привода, как электромеханической системы, перспективам создания электродвигателей для частотно-регулируемого, вентильно-индукторного и линейного электропривода, режимам работы и методам выбора электропривода сельскохозяйственных машин, методам и средствам повышения эффективности его работы с учетом отечественного и зарубежного опыта энергосбережения; формирование способности применять методы анализа вариантов, поиска оптимальных решений при разработке перспективного энергосберегающего электропривода в сельскохозяйственном производстве, умений и навыков выбора серийных и проектирования новых систем перспективного энергосберегающего электропривода; применение базовых знаний современных цифровых технологий; развитие технической направленности мышления студентов.

Использование навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др. Демонстрация умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплины (модули) по выбору 1 (ДВ.1) Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2).

Краткое содержание дисциплины:

История развития электрического привода, как электромеханической системы. Состояние и тенденции развития автоматизированного электропривода в XXI веке.

Структурные схемы асинхронного электропривода. Задачи и перспективы создания электродвигателей для частотно-регулируемого электропривода.

Применение асинхронных двигателей с индивидуальной компенсацией реактивной мощности.

Вентильно-индукторный электропривод: теоретические и практические проблемы вентильно-индукторных двигателей (ВИД), бездатчиковые схемы ВИД, перспективы применения, достоинства, недостатки.

Линейный электропривод, перспективы применения, достоинства, недостатки.

Энергетические характеристики электромеханических и механических преобразователей. Потери мощности. Коэффициент полезного действия электропривода. Коэффициент мощности электропривода. Энергетические характеристики механических преобразователей. Потери электроэнергии в переходных процессах электропривода.

Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода. Энергосбережение в установившихся режимах работы. Энергосбережение в переходных режимах работы.

Энергосбережение при использовании регулируемого электропривода. Основные типы регулируемых асинхронных электроприводов и их энергетические показатели. Установившиеся режимы работы асинхронных электроприводов. Реактивная мощность асинхронных электроприводов в установившихся режимах. Переходные режимы работы асинхронных электроприводов.

Выбор режимов работы технологических процессов на основе регулируемого асинхронного электропривода как средства энергосбережения. Энергетическая эффективность асинхронных электроприводов. Энергосберегающий электропривод вентиляторных и насосных установок.

Общая трудоемкость дисциплины/ в т.ч. практическая подготовка:
4.зач. единиц (144 часа/ в т.ч. практическая подготовка 4 часа).

Промежуточный контроль: зачет с оценкой.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Перспективы развития электропривода» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение студентами теоретических и практических знаний по истории и тенденциям развития электрического привода, как электромеханической системы, перспективам создания электродвигателей для частотно-регулируемого, вентильно-индукторного и линейного электропривода, режимам работы и методам выбора электропривода сельскохозяйственных машин, методам и средствам повышения эффективности его работы с учетом отечественного и зарубежного опыта энергосбережения; формирование способности применять методы анализа вариантов, поиска оптимальных решений при разработке перспективного энергосберегающего электропривода в сельскохозяйственном производстве, умений и навыков выбора серийных и проектирования новых систем перспективного энергосберегающего электропривода; применение базовых знаний современных цифровых технологий; развитие технической направленности мышления студентов.

Использование навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др. Демонстрация умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

Дисциплина «Перспективы развития электропривода» является в своей основе теоретической и способствует развитию у студента логического мышления с практической реализацией выводов на этапах курсового проектирования и выполнения выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

Задача изучения дисциплины заключается в получении студентами знаний по истории и тенденциям развития электрического привода, перспективам создания энергосберегающих электродвигателей для частотно-регулируемого, вентильно-индукторного и линейного электропривода, о путях и способах экономии электроэнергии средствами электропривода на предприятиях сельскохозяйственного производства.

Задачи дисциплины:

- умение осуществлять поиск и анализ научной информации по проблемам разработки перспективного энергосберегающего электропривода;
- изучение истории и тенденций развития электрического привода;
- изучение современных направлений создания электродвигателей для частотно-регулируемого, вентильно-индукторного и линейного электропривода;
- изучение современных направлений энергосбережения средствами электропривода;
- изучение методов выбора, обоснования и расчета режимов работы, обеспечивающих получение нужного эффекта энергосбережения средствами электропривода с учетом отечественного и зарубежного опыта энергосбережения;
- изучение энергетических свойств и энергетических характеристик электродвигателей, электромеханических и механических преобразователей при разработке технического задания на проектирование перспективного энергосберегающего электропривода;
- анализ вариантов, разработка и поиск оптимального решения при разработке перспективного энергосберегающего электропривода;
- умение выбирать серийные и проектировать новые системы энергосберегающего электропривода.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Перспективы развития электропривода» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплины (модули) по выбору 1 (ДВ.1) Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Дисциплина «Перспективы развития электропривода» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение.

Дисциплина «Перспективы развития электропривода» является важной для изучения следующих дисциплин: надежность электроэнергетических систем (2 курс, 3 семестр), проектирование электроэнергетических систем (2 курс, 4 семестр).

Дисциплина «Перспективы развития электропривода» используется при подготовке студентами выпускных квалификационных работ (магистерских диссертаций) и для практической профессиональной деятельности.

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

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Код и содержание индикатора достижения компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-1	способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию и осуществляет её декомпозицию на отдельные задачи	методы анализа вариантов, поиска оптимальных решений с целью разработки перспективного энергосберегающего электропривода; электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	критически анализировать варианты, искать оптимальные решения с целью разработки перспективного энергосберегающего электропривода; применять электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	навыками критического анализа вариантов, поиска оптимальных решений с целью разработки перспективного энергосберегающего электропривода; электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru
2	ПКос-3	способен выполнять работы по повышению эффективности и надежности электротехнического оборудования	ПКос-3.1 Демонстрирует знания режимов работы основного электротехнического оборудования	режимы работы современных электроприводов и методы расчета их параметров с целью разработки перспективного энергосберегающего электропривода; электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	определять режимы работы современных, рассчитывать их параметры с целью разработки перспективного энергосберегающего электропривода; применять электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	навыками определения режимов работы современных электроприводов, расчета их параметров с целью разработки перспективного энергосберегающего электропривода; используя современное программное обеспечение: Excel, Word, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Mentimeter; навыками представления информации в различных

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

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

					формах традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители)
				ПКос-3.2 Демонстрирует знания методов и средств повышения эффективности работы электротехнического оборудования	методы и средства повышения эффективности работы электроприводов; электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru
				применять методы и средства повышения эффективности работы электроприводов; применять электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	навыками применения методов и средств повышения эффективности работы электроприводов, используя современное программное обеспечение: Excel, Word, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Mentimeter; навыками представления информации в различных формах: традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители)
				ПКос-3.3 Осуществляет выполнение работ по повышению эффективности электротехнического оборудования	серийные системы современного электропривода и методы проектирования перспективного энергоэффективного электропривода; электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru
				выбирать современные серийные и проектировать перспективные системы энергоэффективного электропривода; применять электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	навыками выбора серийных и проектирования перспективных систем энергоэффективного электропривода, используя современное программное обеспечение: Excel, Word, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Mentimeter; навыками представления информации в различных

9

					формах традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители)
3	ПКос-4	способен преподавать учебные дисциплины (модули), проводить отдельные виды учебных занятий по программам ВО и (или) ДПП	ПКос-4.2 Владеет преподаваемой областью научного (научно-технического) знания и (или) профессиональной деятельности	энергетические свойства и энергетические характеристики электродвигателей, электромеханических преобразователей, необходимых для преподавания дисциплины «Перспективы развития электропривода»	использовать энергетические свойства и энергетические характеристики электродвигателей, электромеханических преобразователей при преподавании дисциплины «Перспективы развития электропривода»
					навыками использования энергетических свойств и энергетических характеристик электродвигателей, электромеханических преобразователей при преподавании дисциплины «Перспективы развития электропривода»

10

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа / в т.ч. практическая подготовка 4 часа), их распределение по видам работ в семестре № 2 представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость всего/*	
	час. всего/*	в т.ч. в семестре № 2
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144/4	144/4
1. Контактная работа:	36,35/4	36,35/4
Аудиторная работа	36,35/4	36,35/4
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	18	18
практические занятия (ПЗ)	18/4	18/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35	0,35
2. Самостоятельная работа (СРС)	107,65	107,65
<i>Расчетно-графическая работа (РГР)</i>	20	20
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)</i>	78,65	78,65
<i>подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	9	9
Вид промежуточного контроля:	зачёт с оценкой	зачёт с оценкой

* в том числе практическая подготовка

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего/*	Аудиторная работа				Всесаудиторная работа СР
		Л	ПЗ всего/*	ЛР	ПКР	
Раздел 1 «Основные этапы становления электропривода как отрасли науки и техники»	12	2				10
Раздел 2. Структура современного электропривода. Перспективные направления развития современного электропривода.	16	4	2			10
Раздел 3 «Энергетические характеристики электропривода»	24/2	2	2/2			20
Раздел 4 «Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода»	20,65	2	4			14,65

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего/*	Аудиторная работа				Всесаудиторная работа СР
		Л	ПЗ всего/*	ЛР	ПКР	
Раздел 5 «Энергосбережение при использовании регулируемого электропривода»	38/2	6	8/2			24
Раздел 6 «Выбор режимов работы технологических процессов на основе регулируемого асинхронного электропривода как средства энергосбережения»	24	2	2			20
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35				0,35	
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	9					9
Итого по дисциплине	144/2	18	18/2		0,35	107,65

* в том числе практическая подготовка

Раздел 1. Основные этапы становления электропривода как отрасли науки и техники

Тема 1. Основные этапы становления электропривода как отрасли науки и техники

История развития электрического привода, как электромеханической системы. Состояние и тенденции развития автоматизированного электропривода в XXI веке.

Раздел 2. Структура современного электропривода. Перспективные направления развития современного электропривода.

Тема 1. Структурные схемы и линии развития асинхронного электропривода.

Структурные схемы асинхронного электропривода. Задачи и перспективы создания электродвигателей для частотно-регулируемого электропривода.

Применение асинхронных двигателей с индивидуальной компенсацией реактивной мощности.

Тема 2. Перспективные направления развития современного электропривода.

Вентильно-индукторный электропривод: теоретические и практические проблемы вентильно-индукторных двигателей (ВИД), бездатчиковые схемы ВИД, перспективы применения, достоинства, недостатки.

Линейный электропривод, перспективы применения, достоинства, недостатки.

Раздел 3. «Энергетические характеристики электропривода»

Тема 1. Энергетические характеристики электромеханических и механических преобразователей

Потери мощности. Коэффициент полезного действия электропривода. Коэффициент мощности электропривода. Энергетические характеристики механических преобразователей. Потери электроэнергии в переходных процессах электропривода.

Раздел 4. Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода

Тема 1. Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода

Применение современных энергосберегающих электродвигателей. Повышение загрузки электропривода. Ограничение длительности режима холостого хода. Снижение напряжения на зажимах электродвигателя.

Раздел 5. Энергосбережение при использовании регулируемого электропривода

Тема 1. Энергосбережение при использовании регулируемого электропривода Основные типы регулируемых асинхронных электроприводов и их энергетические показатели

Общие сведения. Системы электроприводов «тиристорный преобразователь» напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Системы электроприводов «полупроводниковый преобразователь частоты - асинхронный двигатель» (ПЧ-АД). Энергетические характеристики системы ПЧ-АД.

Тема 2. Установившиеся режимы работы асинхронных электроприводов
Выбор установленной мощности и типа двигателя. Оптимизация потерь и КПД в системах ТПН-АД при изменении параметров установившегося режима. Мощность потерь в системах ПЧ-АД при типовых законах частотного управления. Оптимизация режимов системы ПЧ-АД.

Тема 3. Переходные режимы работы асинхронных электроприводов
Общие принципы оптимизации энергопотребления в переходных режимах. Обеспечение технологических требований к показателям переходных процессов за счет систем управления электроприводом. Плавный пуск в системах ТПН-АД. Плавный пуск в системах ПЧ-АД. Законы управления системой ПЧ-АД, обеспечивающие снижение потерь энергии в переходных режимах.

Раздел 6. Выбор режимов работы технологических процессов на основе регулируемого асинхронного электропривода как средства энергосбережения

Тема 1. Энергосберегающий электропривод вентиляторных и насосных установок.

Способы регулирования производительности вентиляторных и насосных установок и требования к электроприводу. Современные системы управления вентиляторными и насосными установками.

4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/из них практическая подготовка
1.	Раздел 1. Основные этапы становления электропривода как отрасли науки и				2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/из них практическая подготовка
	техники				
	Тема 1 «Основные этапы становления электропривода как отрасли науки и техники»	Лекция № 1. История развития электрического привода, как электромеханической системы. Состояние и тенденции развития автоматизированного электропривода в XXI веке. (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.2, ПКос-3.3),		2
2	Раздел 2. Структура современного электропривода. Перспективные направления развития современного электропривода				6
	Тема 1. Структурные схемы и линии развития асинхронного электропривода	Лекция № 2. Структурные схемы асинхронного электропривода. Задачи и перспективы создания электродвигателей для частотно-регулируемого электропривода. Применение асинхронных двигателей с индивидуальной компенсацией реактивной мощности. (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2
	Тема 2. Перспективные направления развития современного электропривода.	Лекция № 3. Вентильно-индукторный электропривод: теоретические и практические проблемы вентильно-индукторных двигателей (ВИД), бездатчиковые схемы ВИД, перспективы применения, достоинства, недостатки. Линейный электропривод, перспективы применения, достоинства, недостатки. (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Практическое занятие № 1. Теоретические и практические проблемы вентильно-индукторных двигателей (ВИД), бездатчиковые схемы ВИД, перспективы применения, достоинства, недостатки. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Устный опрос	2
3.	Раздел 3. Энергетические характеристики электропривода				4/2
	Тема 1. Энергетические характеристики электропривода	Лекция № 4. Потери мощности. Коэффициент полезного действия электропривода. Коэффициент мощности электропривода. Энергетические характеристики механических преобразователей. Потери электроэнергии в переходных процессах электропривода. (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2
		Практическое занятие № 2. Потери мощности. Коэффициент полезного действия, коэффициент мощности электропривода. Потери электроэнергии в переходных процессах электропривода. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2/2
4.	Раздел 4. Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода				6
	Тема 1. Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода	Лекция №5. Применение современных энергосберегающих электродвигателей. Повышение загрузки электропривода. Ограничение длительности режима холостого хода	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Снижение напряжения на зажимах электродвигателя. (мультимедиа лекция) Power Point			
		Практическое занятие № 3. Определение оптимального коэффициента нагрузки асинхронного электродвигателя, целесообразность замены его меньшим по мощности. Энергосбережение при ограничении холостых ходов асинхронных электродвигателей. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Практическое занятие №4. Оценка эффективности использования современных энергоэффективных электродвигателей. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
5.	Раздел 5. Энергосбережение при использовании регулируемого электропривода				14/2
	Тема 1. Основные типы регулируемых асинхронных электроприводов и их энергетические показатели	Лекция № 6. Общие сведения. Системы электроприводов «тиристорный преобразователь» напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Системы электроприводов «полупроводниковый преобразователь частоты - асинхронный двигатель» (ПЧ-АД). Энергетические характеристики системы ПЧ АД. (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2
		Практическое занятие № 5. Расчет показателей качества электрической	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3	Устный опрос Решение типовых за-	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		энергии, оценка их влияния на энергетические характеристики электропривода с асинхронным двигателем и преобразователем частоты. Mentimeter	(ПКос-3.1, ПКос-3.2), ПКос-4 (ПКос-4.2)	дач в условиях ограничения времени	
	Тема 2. Установившиеся режимы работы асинхронных электроприводов	Лекция № 7. Выбор установленной мощности и типа двигателя. Оптимизация потерь и КПД в системах ТПН-АД при изменении параметров установившегося режима. Мощность потерь в системах ПЧ-АД при типовых законах частотного управления. (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2
		Практическое занятие № 6. Выбор электродвигателя по мощности при частотном регулировании. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2/2
		Практическое занятие № 7. Оценка эффективности использования энергосберегающих систем управления электроприводом. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
	Тема 3. Переходные режимы работы асинхронных электроприводов	Лекция № 8. Общие принципы оптимизации энергопотребления в переходных режимах. Обеспечение технологических требований к показателям переходных процессов за счет систем управления электроприводом Плавный пуск в систе-	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		мах ТПН-АД. Плавный пуск в системах ПЧ-АД. Законы управления системой ПЧ-АД, обеспечивающие снижение потерь энергии в переходных режимах. Mentimeter.			
		Практическое занятие № 8. Пуск АД. Плавный пуск в системах ТПН-АД, ПЧ-АД. Определение продолжительности пуска. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
6	Раздел 6. Выбор режимов работы технологических процессов на основе регулируемого асинхронного электропривода как средства энергосбережения				4
	Тема 1. Энергосберегающий электропривод вентиляторных и насосных установок	Лекция № 9. Способы регулирования производительности вентиляторных и насосных установок и требования к электроприводу. Современные системы управления вентиляторными и насосными установками. (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)		2
		Практическое занятие № 9. Энергосбережение при регулировании подачи вентиляторных и насосных установок путем изменения скорости электропривода в системах ТПН-АД и ПЧ-АД. Mentimeter	УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	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. Основные этапы становления электропривода как отрасли науки и техники		
1.	Тема 1. Основные этапы становления электропривода как отрасли науки и техники	Состояние и тенденции развития автоматизированного электропривода в XXI веке. (УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2))
Раздел 2. Структура современного электропривода. Перспективные направления развития современного электропривода		
2	Тема 2. Перспективные направления развития современного электропривода	Линейный электропривод, перспективы применения, достоинства, недостатки. (УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2))
Раздел 3. Энергетические свойства электропривода		
3	Тема 2. Энергетические характеристики электропривода	Пути снижения потерь электроэнергии в переходных процессах электропривода (УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2))
Раздел 4. Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода		
4.	Тема 1. Энергосбережение при использовании нерегулируемого электропривода	Применение современных энергосберегающих электродвигателей. Пути их совершенствования (УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2))
Раздел 5. Энергосбережение при использовании регулируемого электропривода		
5.	Тема 3 Переходные режимы работы асинхронных электроприводов	Современные устройства, обеспечивающие плавный пуск электропривода. Сравнительный анализ плавного пуска в системах ТПН-АД и ПЧ-АД (УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2))
Раздел 6. Выбор режимов работы технологических процессов на основе регулируемого асинхронного электропривода как средства энергосбережения		
6.	Тема № 1. Энергосберегающий электропривод вентиляторных и насосных установок	Современные системы управления вентиляторными и насосными установками. Перспективы развития частотного электропривода вентиляторных и насосных установок (УК-1 (УК-1.1), ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3), ПКос-4 (ПКос-4.2))

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания применяется, в основном, традиционная (объяснительно-иллюстративная) технология обучения. Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины «Перспективы развития электропривода» используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологии:

- основные формы теоретического обучения: лекции, индивидуальные консультации;
- основные формы практического обучения: практические занятия;
- дополнительные формы организации обучения: самостоятельная работа студентов.

– цифровые технологии (проблемное обучение, информационно-коммуникационная технология, проектное обучение, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom).

Кроме этого, при проведении занятий предусмотрено использование современных методов обучения, указанных в таблице 6.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Структурные схемы асинхронного электропривода. Задачи и перспективы создания электродвигателей для частотно-регулируемого электропривода. Применение асинхронных двигателей с индивидуальной компенсацией реактивной мощности.	Технология проблемного обучения (лекция визуализация) Ведущие специалисты ОАО «Сименс»
2.	Применение современных энергосберегающих электродвигателей. Повышение загрузки электропривода. Ограничение длительности режима холостого хода. Снижение напряжения на зажимах электродвигателя.	Технология проблемного обучения (мультимедиа лекция)
3.	Общие сведения. Системы электроприводов «тиристорный преобразователь» напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Системы электроприводов «полупроводниковый преобразователь частоты - асинхронный двигатель» (ПЧ-АД). Энергетические характеристики системы ПЧ АД.	Технология проблемного обучения (лекция-беседа) Ведущие специалисты ФНАЦ ВИМ Mentimeter.
4.	Потери мощности. Коэффициент полезного действия, коэффициент мощности электропривода. По-	Технология контекстного обучения (решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе) (решение типовых задач в условиях ограничения

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
	тери электроэнергии в переходных процессах электропривода	времени)
5.	Оценка эффективности использования современных энергоэффективных электродвигателей.	ПЗ Технология контекстного обучения (решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе) (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
6.	Оценка эффективности использования энергосберегающих систем управления электроприводом.	ПЗ Технология контекстного обучения (решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе) (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
7.	Пуск АД. Плавный пуск в системах ТПН-АД, ПЧ-АД. Определение продолжительности пуска	ПЗ Технология контекстного обучения (решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе) (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
8.	Энергосбережение при регулировании подачи вентиляторных и насосных установок путем изменения скорости электропривода в системах ТПН-АД и ПЧ-АД.	ПЗ Технология контекстного обучения (решение задач по индивидуальному заданию с последующим обсуждением результатов в группе) (решение типовых задач в условиях ограничения времени)

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

При изучении разделов дисциплины «Перспективы развития электропривода» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

Текущий контроль знаний предполагает посещение лекций; вопросы к устному опросу студентов на практических занятиях; решение типовых задач, в том числе в условиях ограничения времени; выполнение расчетно-графической работы.

Промежуточный контроль знаний: зачет с оценкой.

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

1) При изучении дисциплины «Перспективы развития электропривода» учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Задачей расчетно-графической работы является закрепление теоретических знаний по курсу, освоение методов и средств энергосбережения в электроприводе сельскохозяйственных машин, развитие навыков самостоятельной работы, а также навыков поиска (применяя электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru), анализа и представления информации в различных формах: традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители).

Для выполнения расчетно-графической работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе (учебникам и учебным пособиям), конспектам лекций.

Расчетно-графическую работу студенты выполняют во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носят расчетный характер и оформляются работы в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel для составления таблиц, диаграмм и вычисления простых и сложных функций.

Примерные темы расчетно-графической работы:

1. Выбор энергосберегающего электропривода насоса системы водоснабжения
2. Выбор энергосберегающего электропривода вентиляционной установки

Задание на расчетно-графическую работу:

1. Схема подачи воды центробежным насосом в водонапорную башню и технические данные выбираются в соответствии с индивидуальными данными по варианту.
2. На пути трубопровода поставлены два колена с углами поворота φ_1 и φ_2 , три вентиля и одна задвижка.
3. Регулирование производительности (в зависимости от варианта):
 - механическое (дресселирование);
 - электрическое - изменением параметров статорной или роторной цепи;
 - электрическое – частотное регулирование.

Содержание расчетно-графической работы

1. Расчетная часть

- 1.1. Выбор насоса для двух вариантов регулирования производительности.
- 1.2. Обоснование способов электрического регулирования производительности и выбора принципиальной схемы электропривода.
- 1.3. Выбор электродвигателя и элементов силовой цепи.
- 1.4. Расчет механических характеристик, соответствующих максимальной и минимальной производительности насоса.
- 1.5. Определение потребления электроэнергии (активной и реактивной) и КПД в заданном диапазоне для двух вариантов регулирования производительности и их сравнение.
- 1.6. Выводы

2. Графическая часть

- 2.1. Схема подачи воды.
- 2.2. Принципиальные электрические схемы силовых частей сравниваемых вариантов систем электропривода.

2.3. Механические характеристики электропривода.

Расчетно-графическая работа по дисциплине «Перспективы развития электропривода» выполняется согласно номеру варианта индивидуального задания выданного преподавателем.

2) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся (решение задач на ПК в режиме ограничения времени):

По разделу 3. Энергетические характеристики электропривода

Тема 1. Энергетические характеристики электропривода.

С учетом элементов практической подготовки – связанных с будущей профессиональной деятельностью

(Решение задач на ПК в режиме ограничения времени)

Практическое занятие № 2. Потери мощности. Коэффициент полезного действия, коэффициент мощности электропривода. Потери электроэнергии в переходных процессах электропривода.

Задача 1. Определить потери, коэффициент полезного действия (КПД) асинхронного электродвигателя при работе с нагрузкой 50, 75, 100, 125%. Результаты расчета свести в таблицу. Построить зависимость КПД асинхронного двигателя от коэффициента загрузки.

Исходные данные:

Тип	P_n , кВт	I_n , А	n_n , об/мин	$\cos\varphi_n$	η_n	$\alpha = \frac{R_1}{R_2'}$
RA200L4	30,0	59,0	1475	0,86	0,91	0,6

Задача 2. Определить потери, коэффициент полезного действия (КПД) асинхронного электродвигателя при работе с нагрузкой 50, 75, 100, 125%. Результаты расчета свести в таблицу. Построить зависимость КПД асинхронного двигателя от коэффициента загрузки.

Исходные данные:

Тип	P_n , кВт	I_n , А	n_n , об/мин	$\cos\varphi_n$	η_n	$\alpha = \frac{R_1}{R_2'}$
RA200L4	30,0	59,0	1475	0,86	0,91	0,6

Задача 3. Определить полную, активную и реактивную мощность, потребляемую асинхронным двигателем, величину потребляемого тока, коэффициент мощности и коэффициент нагрузки при работе электропривода работе с нагрузкой 50, 75, 100, 125%. Результаты расчета свести в таблицу. Построить зависи-

мость КПД, коэффициента мощности и коэффициента нагрузки асинхронного двигателя от коэффициента загрузки.

Исходные данные:

Тип	P_n , кВт	I_n , А	n_n , об/мин	$\cos\varphi_n$	η_n	$\alpha = \frac{R_1}{R_2'}$
RA200L4	30,0	59,0	1475	0,86	0,91	0,6

Задача 4. Определить постоянные, переменные и полные потери асинхронного двигателя, а также активную, реактивную и полную мощность, потребляемый ток, коэффициент мощности и коэффициент нагрузки при работе электропривода работе с нагрузкой 50, 75, 100, 125%. Результаты расчета свести в таблицу. Построить зависимость КПД, коэффициента мощности и коэффициента нагрузки асинхронного двигателя от коэффициента загрузки.

Исходные данные:

Тип	P_n , кВт	I_n , А	n_n , об/мин	$\cos\varphi_n$	η_n	$\alpha = \frac{R_1}{R_2'}$
AIPI00S4	3,0	5,9	1475	0,82	0,89	1,0

Задача 5. Рассчитать потери энергии в статорной и роторной обмотках асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при его пуске вхолостую от промышленной сети.

Данные двигателя: номинальная мощность $P_n = 11$ кВт; номинальная частота вращения $n_n = 695$ об/мин. Суммарный приведенный момент инерции $J = 3$ кг·м². При расчете принять, что $R_1/R_2' = 1$.

Задача 6. Чему равны потери энергии в цепях статора и ротора асинхронного двигателя при торможении противовключением без нагрузки от угловой скорости $\omega_{нач} = 100$ с⁻¹ до $\omega_{кон} = 0$, если момент инерции $J = 0,2$ кг·м², а соотношение сопротивлений статора и ротора $R_1/R_2' = 1$?

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

По разделу 3. Энергетические характеристики электропривода

Тема 1. Энергетические характеристики электропривода.

Практическое занятие № 2. Потери мощности. Коэффициент полезного действия, коэффициент мощности электропривода. Потери электроэнергии в переходных процессах электропривода.

Перечень вопросов для устного опроса.

1. Основные показатели качества электроэнергии питающей сети.
2. Основные составляющие мощности потерь в асинхронном двигателе и их расчет.

3. Какие основные энергетические показатели используются для анализа статических режимов электропривода?
4. Коэффициент загрузки двигателя.
5. Коэффициент полезного действия электропривода.
6. Коэффициент мощности электропривода.
7. Коэффициент несинусоидальности питающего напряжения.
8. Коэффициент несимметрии питающего напряжения.
9. Влияет ли пульсирующая составляющая момента статической нагрузки на потери в электроприводе? Каким образом?

3) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой):

1. Структура современного электропривода.
2. Какие типы регулируемых электроприводов наиболее широко применяются в настоящее время и почему?
3. Краткая история развития электрического привода,
4. Главные тенденции развития автоматизированного электропривода
5. Структурные схемы и линии развития асинхронного электропривода.
6. Почему для частотно-регулируемого электропривода нужны специальные электродвигатели?
7. Устройство и принцип работы вентильно-индукторных двигателей (ВИД).
8. Бездатчиковые схемы ВИД.
9. Достоинства и недостатки ВИД.
10. Почему ВИД принципиально неспособен работать без преобразователя частоты и системы управления?
11. Что такое рассогласованное, промежуточное и согласованное положение сердечников статора и ротора?
12. Назовите алгоритмы коммутации фаз при возбуждении 4-х фазного ВАД.
13. Что называется одиночной симметричной коммутацией фаз ИВД?
14. Что называется парной симметричной коммутацией фаз ИВД?
15. Что называется тактом коммутации фаз ИВД?
16. Что называется циклом коммутации фаз ИВД?
17. Что называется тактовым углом коммутации фаз ИВД?
18. Устройство и принцип работы линейного электропривода.
19. Примеры и перспективы применения линейного электропривода.
20. Достоинства и недостатки линейного электропривода.
21. Баланс мощностей потоков энергии силового канала.
22. Реактивная мощность в электроприводах.
23. Направления энергосбережения средствами электропривода.
24. Основные составляющие мощности потерь в асинхронном двигателе.
25. Какие основные энергетические показатели используются для анализа статических режимов электропривода?
26. Коэффициент загрузки двигателя.
27. Коэффициент полезного действия электропривода.
28. Коэффициент мощности электропривода.

29. Коэффициент несинусоидальности питающего напряжения.
30. Коэффициент несимметрии питающего напряжения.
31. Основные пути повышения энергетической эффективности асинхронных электроприводов.
32. Какие существуют основные направления энергосбережения при использовании нерегулируемого электропривода?
33. Экономия энергии при замене малозагруженных двигателей.
34. Экономия электроэнергии за счет ограничения длительности режима холостого хода двигателей.
35. Экономия электроэнергии за счет повышения загрузки электропривода.
36. Снижение напряжения на зажимах электродвигателя.
37. Применение современных энергосберегающих электродвигателей.
38. Энергосбережение при компенсации реактивной мощности.
39. Применение асинхронных двигателей с индивидуальной компенсацией реактивной мощности.
40. Потери электроэнергии в переходных режимах работы электропривода.
41. Потери энергии при пуске электропривода вхолостую.
42. Потери энергии при пуске электропривода при нагрузке.
43. Потери энергии при тормозных режимах работы электропривода.
44. Зависят ли потери энергии в роторе АД при пуске на холостом ходу от вида механической характеристики двигателя и времени пуска?
45. Какие основные способы снижения потерь энергии в асинхронном электроприводе при отработке переходных режимов вы знаете?
46. Какие существуют основные направления энергосбережения при использовании регулируемого электропривода?
47. Энергетические характеристики системы ТПН-АД.
48. Оптимизация потерь и КПД в системах ТПН-АД при изменении параметров установившегося режима.
49. Поясните, почему недопустимо регулирование скорости АД при продолжительном режиме работы при использовании системы ТПН-АД?
50. Какие основные элементы входят в силовую структуру типового частотно-регулируемого асинхронного электропривода?
51. Какие основные законы управления, применяемые в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах, вы знаете?
52. Какой закон управления находит преимущественное применение в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах?
53. Какие основные системы управления ПЧ в асинхронном электроприводе и их особенности вы знаете?
54. Энергетические характеристики системы ПЧ-АД.
55. Какие составляющие потерь энергии в АД и в ПЧ учитываются при расчете мощности потерь в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе?
56. Мощность потерь в системах ПЧ-АД при типовых законах частотного управления.
57. Принципы оптимизации энергопотребления асинхронных электроприводов при плавном пуске в системе ПЧ-АД.

58. Принципы оптимизации энергопотребления асинхронных электроприводов при плавном пуске в системе ТПН-АД
59. Как реализуется управляемый (плавный) пуск асинхронного двигателя в системах ТПН-АД?
60. От каких факторов зависит уровень снижения потерь энергии в АД при управляемом пуске по сравнению с прямым пуском?
61. Как реализуется плавный пуск АД в системах ПЧ-АД?
62. От каких факторов зависит энергия потерь при плавном пуске асинхронного двигателя в системе ПЧ-АД?
63. Какими способами можно обеспечить тормозной режим в современных системах ПЧ-АД? Какова их энергетическая эффективность?
64. Способы регулирования производительности вентиляторных и насосных установок и требования к электроприводу.
65. Современные системы управления вентиляторными и насосными установками.
66. Какие факторы обеспечивают экономию годовых затрат при использовании систем ПЧ-АД вместо нерегулируемого электропривода насосных установок?
67. Чем обоснована целесообразность применения частотно-регулируемых асинхронных электроприводов в системах вентиляции?
68. Дайте сравнительную оценку энергетических показателей статических режимов при использовании систем ТПН-АД и ПЧ-АД.

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

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Перспективы развития электропривода» 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» (зачет с оценкой).

Таблица 7

Критерии оценивания результатов обучения (зачета с оценкой)

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал.

«4» (хорошо)	учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

- Гордеев, А.С. Энергосбережение в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.С. Гордеев, Д.Д. Огородников, И.В. Юдаев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2022– 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168621>
- Епифанов, А. П. Электропривод в сельском хозяйстве. [Электронный ресурс]: учебное пособие /А.П. Епифанов, А.Г. Гушинский, Л.М. Малайчук. –3-е изд., стер.– Санкт-Петербург: Лань, 2020 – 224 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/130484>

7.2 Дополнительная литература

- Браславский, И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод [Текст]: уч. пособие для вузов. / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков. – М.:Академия, 2004. – 249 с.
- Герасенков, А.А. Микропроцессорные устройства SIMATIC S-7 для управления электроприводами сельскохозяйственных машин. [Текст]: уч. пособие для вузов. / А.А. Герасенков, Е.В. Гуляев, Н.Е. Кабдин. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. – 120 с.
- Герасенков, А.А. Электропривод: Современные устройства защиты и управления. Часть 1. [Текст]: уч. пособие для вузов. / А.А. Герасенков. – М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 260 с.
- Герасенков, А.А. Электропривод. Низковольтные преобразователи частоты. [Текст]: уч. пособие для вузов. / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин, Д.Н. Зайцев, В. Хофманн. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 104 с.
- Епифанов, А.П. Электропривод в сельском хозяйстве. [Текст]: учебное пособие. / А.П. Епифанов, А.Г. Гушинский, Л.М. Малайчук. – СПб.: Издательство «Лань», 2010.– 224с.: ил.– (Учебники для вузов. Специальная литература).

6. Епифанов, А.П. Электропривод [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов, Л.М. Малайчук, А.Г. Гушинский.– СПб.: Издательство «Лань», 2022. – 400с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168425>

7. Крылов, Ю.А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Крылов, А.С. Карандаев, В.Н. Медведев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 176 с. —

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168537>

8.Онищенко, Г.Б. Электрический привод [Текст]: учебник для вузов. / Г.Б. Онищенко – М.: Академия, 2006. – 288 с.

9. Онищенко, Г.Б. Электрический привод [Текст]: учебник для вузов. / Г.Б. Онищенко – М.: РАСХН, 2003. – 320 с.

7.3 Нормативные правовые акты

Не имеется

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Перспективы развития электропривода» являются лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции и практические занятия проводятся в группах. По курсу предусмотрено выполнение расчетно-графической работы. На лекциях излагается теоретический материал, практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

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

Программы: программная среда AUTOCAD, Microsoft Office, Mathcad, VISIO, электронные ресурсы технических библиотек.

1. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).

2. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ).

3.Сайт «Школа электрика» <http://electricalschool.info> (открытый доступ).

4.Сайт «Заметки электрика» <http://www.zametkielectrica.ru> (открытый доступ).

5.Сайт «Журнал электрика» . <http://www.nait.ru/journals> (открытый доступ).

6. Сайт журнала «Электрик» <http://www.ra-electric.ru> (открытый доступ).

7. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт российской государственной библиотеки) (открытый доступ).

8. <http://www.cnsrb.ru/elbib.shtml> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ).

9. Центральная научная библиотека им. Н.И. Железнова www.library.timacad.ru/ (открытый доступ).

10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> (открытый доступ).

11. <https://psytests.org/iq/shtur/shturA-run.html>

12. <https://portal.timacad.ru>

13. <https://onlinetestpad.com/vmptgicdboani>

14. <https://www.mentimeter.com/>

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1.Учебные материалы по Топливо-энергетическому комплексу <http://www.twirpx.com/files/tek/> (открытый доступ).

2.Сайт «Все для студента» <http://www.questdb.mylivepage.ru> (открытый доступ).

3.Сайт «Яндекс» <http://slovari.yandex.ru> (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 (при необходимости)

Нет.

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

Таблица 8

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	1. Компьютерный класс тип 1: компьютеров – 6 шт., интерактивная доска – 1 шт., проектор Acer H 6517ST – 1 шт., инв. № 210124558132028.
Корпус № 24, аудитория № 204	1. Проектор «Beng» W 1070 – 1 шт. инв. № 41013800002632. 2. Проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240 x 240 NW (DSEM – 1106) – 1 шт., инв. № 41013800002638.
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 обучающимся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины «Перспективы развития электропривода» студент получает теоретические и практические знания по режимам работы и методам выбора электропривода сельскохозяйственных машин, методам и средствам повышения эффективности его работы с учетом отечественного и зарубежного опыта энергосбережения; умения и навыки выбора серийных и проектирования новых систем перспективного энергосберегающего электропривода.

Полученные знания необходимы студенту для успешной работы по направлению подготовки.

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведением текущего контроля успеваемости:

лекции (занятия лекционного типа);

практические занятия (занятия семинарского типа);

индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;

самостоятельная работа обучающихся;

занятия иных видов и проведение текущего контроля успеваемости.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные элементы программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Перспективы развития электропривода» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на *лекциях*. Самостоятельно производить расчеты элементов светотехнических установок с использованием электронных таблиц, математических пакетов и моделирующих программ. Используя информационные технологии, знакомиться с существующими системами освещения и облучения. 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. *Самостоятельная работа студентов* предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (расчетно-графической работы).

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

Расчетно-графическую работу выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

Регулярно посещать тематические выставки.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать материал и отчитаться в устной форме, ответив на вопросы лектора по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие обязан получить у преподавателя индивидуальное задание, выполнить его и сдать.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Формами организации учебного процесса по дисциплине, согласно структуре, являются лекции, практические занятия, 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, основные понятия и тенденции развития энергосбережения, рассматриваются структура современного электропривода, направления энергосбережения средствами электропривода, энергетические свойства электроприводов, энергетические характеристики электромеханических и механических преобразователей, расчет мощности и тепловые режимы работы электропривода, вопросы энергосбережения при использовании нерегулируемого и регулируемого электропривода, выбора режимов работы технологических процессов на основе регулируемого асинхронного электропривода как средства энергосбережения

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 расчёта потерь мощности, коэффициента полезного действия и коэффициента мощности электропривода; расчета и выбора мощности электродвигателей нерегулируемого и регулируемого электроприводов. На практических занятиях рассматриваются конкретные мероприятия по энергосбережению: повышение загрузки электропривода, ограничение длительности режима холостого хода, снижение напряжения на зажимах электродвигателя, компенсация реактивной мощности; энергосбережение в системах электроприводов «тиристорный преобразователь» напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД), «полупроводниковый преобразователь частоты - асинхронный двигатель» (ППЧ-АД) и определение их энергетических характеристик в установившихся и переходных режимах. Особое внимание уделяется выбору режимов работы на основе регулируемого

асинхронного электропривода как средства энергосбережения вентиляторных, насосных и подъемно-транспортных установок.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме. Например, при проведении практических занятий первый час занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. Второй час каждого 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.

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 разработал:

Кабдин Н.Е., к.т.н., доцент



(подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.ДВ.01.02 «Перспективы развития электропривода» ОПОП ВО по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение (квалификация выпускника – магистр)

Загинайловым Владимиром Ильичем, профессором кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Перспективы развития электропривода» ОПОП ВО по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение (квалификация выпускника – магистр) разработанной в институте механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина (разработчик – Кабдин Николай Егорович, доцент, кандидат технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Перспективы развития электропривода» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений профессиональный модуль по направленности (профилю) Электроснабжение, дисциплины (модули) по выбору 1 (ДВ.1) Блока 1 «Дисциплины (модули)».

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Перспективы развития электропривода» закреплены **3 компетенции (5 индикаторов достижения компетенции)**. Дисциплина «Перспективы развития электропривода» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Перспективы развития электропривода» составляет **4 зачётные единицы (144 часа/в том числе практическая подготовка 4 часа)**.

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Перспективы развития электропривода» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Перспективы развития электропривода» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, решение типовых задач, выполнение расчет-

но-графической работы), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, формируемой участниками образовательных отношений профессиональный модуль по направленности (профилю) Электроснабжение, дисциплины (модули) по выбору 1 (ДВ.1) Блока 1 «Дисциплины (модули)» ФГОС ВО направления 13.04.02 *Электроэнергетика и электротехника*.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Перспективы развития электропривода» представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 9 наименований, периодическими изданиями – 4 источника со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 14 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.04.02 *Электроэнергетика и электротехника*.

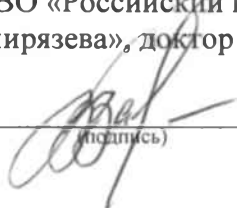
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Перспективы развития электропривода» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Перспективы развития электропривода».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Перспективы развития электропривода» ОПОП ВО по направлению 13.04.02 *Электроэнергетика и электротехника*, направленность *Электроснабжение* (квалификация выпускника – магистр), разработанная Кабдиным Н.Е., доцентом, кандидатом технических наук соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Загинайлов В.И., профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук


(подпись)

« 29 » августа 2022 г.