

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Мичуринский государственный аграрный университет»

Кафедра агроинженерии и электроэнергетики

УТВЕРЖДЕНА
решением учебно-методического совета
университета
(протокол №8 от 23 апреля 2025 г.)

УТВЕРЖДАЮ
Председатель учебно-методического
совета университета
Р.А. Чмир
«23» апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ЭЛЕКТРОПРИВОД

Направление подготовки - 35.03.06 Агроинженерия

Направленность (профиль) – Технологическое оборудование для
хранения и переработки с/х продукции

Квалификация - бакалавр

Мичуринск, 2025 г.

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Электрические машины и электропривод» являются формирование у обучающихся системы знаний теоретических основ построения и физических принципов работы электрических машин, применяемым для электрификации технологических процессов в сельском хозяйстве, а также их устройство, рабочие свойства и основные характеристики.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Электрические машины и электропривод» относится к обязательным дисциплинам, Блока 1 (Б1.О.31).

Материал дисциплины основывается на опорных знаниях, умениях и навыках таких дисциплин, как: «Математика», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Физика», «Электротехника и электроника». Служит базой для освоения таких дисциплин: «Автоматика» и для подготовки к выпускной квалификационной работе.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общепрофессиональных компетенций:

ОПК-1 - Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-5 - Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности.

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальных компетенций	Критерии оценивания результатов обучения			
		низкий (допороговый, компетенция не сформирована)	пороговый	базовый	продвинутый
ОПК-1. Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математическ	ИД-1ОПК-1 Использует основные законы естественных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленнос	Не может использовать основные законы естественных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленно	Слабо использует основные законы естественных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленнос	Хорошо использует основные законы естественных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленно	Успешно использует основные законы естественных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленно

их и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	тью профессиональной деятельности	стью профессиональной деятельности	тью профессиональной деятельности	стью профессиональной деятельности	стью профессиональной деятельности
ОПК – 5. Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-5} Участвует в экспериментальных исследованиях электрооборудования и средств автоматизации	Не может участвовать в экспериментальных исследованиях электрооборудования и средств автоматизации	Слабо может участвовать в экспериментальных исследованиях электрооборудования и средств автоматизации	Хорошо может участвовать в экспериментальных исследованиях электрооборудования и средств автоматизации	Успешно может участвовать в экспериментальных исследованиях электрооборудования и средств автоматизации

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- систему разработки и использования графической технической документации
- систему решения инженерных задач с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена
- методы проектирования технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов
- методы профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования и электроустановок
- технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования

Уметь:

- системно разрабатывать и использовать графическую техническую документацию
- системно решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена
- проектировать технические средства и технологические процессы производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов и давать экспертную оценку полученных результатов.
- проводить профессиональную эксплуатацию системы машин и технологического оборудования и электроустановок.
- использовать технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования
- осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

- обосновывать надежность сельскохозяйственных машин и оборудования по показателям безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости;
- использовать современные методы восстановления изношенных деталей машин.

Владеть:

- способностью к системно разрабатывать и использовать графическую техническую документацию
- способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и тепломассообмена
- методикой проектирования технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации автоматизации сельскохозяйственных объектов.
- навыками профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования и электроустановок.
- способностью применять технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования.

3.1. Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины (модуля) и формируемых в них общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций

Темы, разделы дисциплины	Компетенции		Общее количество компетенций
	ОПК-1	ОПК-5	
Раздел 1. Введение в электромеханику			
Тема 1. Физические основы электромеханического преобразования энергии. Основные законы электротехники применительно к электромеханическому преобразованию энергии.	+	+	2
Раздел 2. Асинхронные машины			
Тема 2. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	+	+	2
Тема 3. Механические характеристики асинхронных машин	+	+	2
Тема 4. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей	+	+	2
Тема 5. Однофазные двигатели	+	+	2
Раздел 3. Синхронные машины			
Тема 6. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	+	+	2
Тема 7. Синхронные двигатели и компенсаторы	+	+	2
Тема 8. Вентильные двигатели	+	+	2
Тема 9. Специальные синхронные машины	+	+	2

Раздел 4. Машины постоянного тока			
Тема 10. Особенности конструкции, принцип действия и области применения машин постоянного тока	+	+	2
Тема 11. Характеристики генераторов постоянного тока	+	+	2
Тема 12. Характеристики двигателей постоянного тока	+	+	2
Тема 13. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	+	+	2
Раздел 5. Общие сведения об электроприводе			
Тема 14. Назначение и структура электропривода. Классификация электроприводов по различным признакам. Регулирование координат и принципы управления электроприводами	+	+	2
Раздел 6. Механика и динамика электропривода			
Тема 15. Основные соотношения механики. Виды статической нагрузки (активная и реактивная) и механические характеристики производственных механизмов.	+	+	2
Раздел 7. Электроприводы с двигателями постоянного тока (ДПТ)			
Тема 16. Область применения. Основные соотношения для ДПТ. Двигатели постоянного тока с независимым, параллельным и последовательным возбуждением. Механические и рабочие характеристики ДПТ в различных режимах работы.	+	+	2
Тема 17. Регулирование скорости, тока и момента ДПТ. Регулирование тока и момента при пуске, торможении и реверсе. Регулирование скорости ДПТ с помощью резисторов в цепи якоря: схема, реализация, уравнение, естественная и искусственные механические характеристики, оценка реостатного способа регулирования, энергетические показатели.	+	+	2
Раздел 8. Электроприводы с асинхронными двигателями (АД)			
Тема 18. Схемы замещения и основные соотношения для АД. Энергетические диаграммы асинхронной машины в режимах двигателя и генератора. Механические и рабочие характеристики АД.	+	+	2

Тема 19. Способы пуска АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Тормозные режимы АД, характеристики.	+	+	2
Тема 20. Регулирование скорости АД. Регулирование скорости изменением жёсткости механической характеристики: изменением сопротивления в цепи обмотки ротора, регулированием напряжения.	+	+	2
Раздел 9. Выбор электродвигателя по мощности			
Тема 21. Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор двигателя. Проверка выбранного двигателя по условиям пуска и перегрузки. Проверка выбранного двигателя по нагреву. Факторы, определяющие мощность электродвигателя. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Уравнение теплового баланса. Классы изоляции. Допустимая температура нагрева. Классификация режимов работы по условиям нагрева.	+	+	2
Тема 22. Выбор мощности двигателя, проверка по теплоте двигателя методами средних потерь, эквивалентного тока, момента и мощности. Особенности проверки двигателей, работающих в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы.	+	+	2

4. Структура и содержание дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 ак. часов).

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Виды занятий	Количество ак. часов	
	по очной форме обучения (7 семестр)	по заочной форме обучения (5 курс)
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем	48	14
Аудиторные занятия, в т.ч.	48	14
лекции	16	6
лабораторные работы	32	8
практические занятия	-	-
Самостоятельная работа:	60	90
проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	25	40

выполнение индивидуальных заданий	25	40
подготовка к тестированию	10	10
Контроль	-	4
Вид итогового контроля	зачет с оценкой	зачет с оценкой

4.2 Лекции

№	Раздел дисциплины (модуля), темы лекций и их содержание	Объем в ак. часах		Формируемые компетенции
		очная форма обучения	заочная форма обучения	
Раздел 1. Введение в электромеханику				
1	Тема 1. Физические основы электромеханического преобразования энергии. Основные законы электротехники применительно к электромеханическому преобразованию энергии.	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 2. Асинхронные машины				
2	Тема 2. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
3	Тема 3. Механические характеристики асинхронных машин	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
4	Тема 4. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
5	Тема 5. Однофазные двигатели	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 3. Синхронные машины				
6	Тема 6. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
7	Тема 7. Синхронные двигатели и компенсаторы	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
8	Тема 8. Вентильные двигатели	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
9	Тема 9. Специальные синхронные машины	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 4. Машины постоянного тока				
10	Тема 10. Особенности конструкции, принцип действия и области применения машин постоянного тока	1	0,25	ОПК-1; ОПК-5
11	Тема 11. Характеристики генераторов постоянного тока	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
12	Тема 12. Характеристики двигателей постоянного тока	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
13	Тема 13. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 5. Общие сведения об электроприводе				

14	Тема 14. Назначение и структура электропривода. Классификация электроприводов по различным признакам. Регулирование координат и принципы управления электроприводами	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 6. Механика и динамика электропривода				
15	Тема 15. Основные соотношения механики. Виды статической нагрузки (активная и реактивная) и механические характеристики производственных механизмов.	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 7. Электроприводы с двигателями постоянного тока (ДПТ)				
16	Тема 16. Область применения. Основные соотношения для ДПТ. Двигатели постоянного тока с независимым, параллельным и последовательным возбуждением. Механические и рабочие характеристики ДПТ в различных режимах работы.	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
17	Тема 17. Регулирование скорости, тока и момента ДПТ. Регулирование тока и момента при пуске, торможении и реверсе. Регулирование скорости ДПТ с помощью резисторов в цепи якоря: схема, реализация, уравнение, естественная и искусственные механические характеристики, оценка реостатного способа регулирования, энергетические показатели.	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 8. Электроприводы с асинхронными двигателями (АД)				
18	Тема 18. Схемы замещения и основные соотношения для АД. Энергетические диаграммы асинхронной машины в режимах двигателя и генератора. Механические и рабочие характеристики АД.	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
19	Тема 19. Способы пуска АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Тормозные режимы АД, характеристики.	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
20	Тема 20. Регулирование скорости АД. Регулирование скорости изменением жёсткости механической характеристики: изменением сопротивления в цепи обмотки ротора, регулированием напряжения.	0,5	0,25	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 9. Выбор электродвигателя по мощности				
21	Тема 21. Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор двигателя. Проверка выбранного двигателя по условиям пуска и перегрузки. Проверка выбранного двигателя по нагреву. Факторы, определяющие мощность электродвигателя. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Уравнение теплового баланса. Классы изоляции. Допустимая температура нагрева. Классификация режимов	0,5	0,5	ОПК-1; ОПК-5

	работы по условиям нагрева.			
22	Тема 22. Выбор мощности двигателя, проверка по теплоте двигателя методами средних потерь, эквивалентного тока, момента и мощности. Особенности проверки двигателей, работающих в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы.	0,5	0,5	ОПК-1; ОПК-5
ИТОГО:		16	6	

4.3 Лабораторные работы

№ темы	Наименование занятия	Объем в ак. часах		лабораторное оборудование и программное обеспечение	Формируе мые компетенц ии
		очная форма обучени я	заочная форма обучения		
Раздел 1. Введение в электромеханику					
1	Инструктаж по технике безопасности при выполнении лабораторных работ	2	2	Журнал инструктажа по технике безопасности	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 2. Асинхронные машины					
2	Исследование трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором в однофазном режиме работы	6	2	Асинхронный электродвигатель, автоматический выключатель, батарея конденсаторов, мультиметр, ваттметр	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 3. Синхронные машины					
3	Исследование трехфазного синхронного двигателя	6	2	Синхронный электродвигатель, автоматический выключатель, батарея конденсаторов, мультиметр, ваттметр	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 5. Машины постоянного тока					
4	Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения	6	-	Генератор постоянного тока	ОПК-1; ОПК-5
Раздел 7. Электроприводы с двигателями постоянного тока (ДПТ)					
5	Исследование тиристорного электропривода постоянного тока типа ЭТО1	6	-	Стенд лабораторный	ОПК-1; ОПК-5

Раздел 8. Электроприводы с асинхронными двигателями (АД)					
6	Подготовка к пуску и пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	6	2	Стенд лабораторный (2101042434)	ОПК-1; ОПК-5
ИТОГО:		32	8		

4.4 Практические занятия

Не предусмотрены.

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

Раздел дисциплины	Вид СРС	Объем ак. часов		Формируемые компетенции
		Очная форма обучения	Заочная форма обучения	
Раздел 1. Введение в электромеханику	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	2	9	ОПК-1; ОПК-5
	Выполнение индивидуальных заданий	2	2	
	Подготовка к тестированию	-	-	
Раздел 2. Асинхронные машины	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	2	9	ОПК-1; ОПК-5
	Выполнение индивидуальных заданий	2	1	
	Подготовка к тестированию	2	1	
Раздел 3. Синхронные машины	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	2	9	ОПК-1; ОПК-5

	Выполнение индивидуальных заданий	2	1	
	Подготовка к тестированию	2	1	
Раздел 4. Машины постоянного тока	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	2	9	ОПК-1; ОПК-5
	Выполнение индивидуальных заданий	2	2	
	Подготовка к тестированию	2	2	
Раздел 5. Общие сведения об электроприводе	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	2	9	ОПК-1; ОПК-5
	Выполнение индивидуальных заданий	2	2	
	Подготовка к тестированию	-	-	
Раздел 6. Механика и динамика электропривода	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	2	9	ОПК-1; ОПК-5
	Выполнение индивидуальных заданий	4	2	
	Подготовка к тестированию	4	2	
Раздел 7. Электроприводы с двигателями постоянного тока (ДПТ)	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	4	5	ОПК-1; ОПК-5

	Выполнение индивидуальных заданий	4	2	
	Подготовка к тестированию	-	-	
Раздел 8. Электроприводы с асинхронными двигателями (АД)	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	4	4	ОПК-1; ОПК-5
	Выполнение индивидуальных заданий	4	2	
	Подготовка к тестированию	-	-	
Раздел 9. Выбор электродвигателя по мощности	Проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	4	4	ОПК-1; ОПК-5
	Выполнение индивидуальных заданий	4	2	
	Подготовка к тестированию	-	1	
ИТОГО:		60	90	

Перечень методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

1. Гурьянов Д.В., Учебно-методический комплекс по дисциплине «Электрические машины и электропривод» для обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия, направленности (профиля) Технический сервис в АПК (утверждено протоколом заседания учебно–методического совета университета № 10 от «26» апреля 2018 г.).

2. Гурьянов Д.В., Методические указания по выполнению контрольной работы обучающихся по направлению 35.03.06 – Агроинженерия, направленности (профиля) Технический сервис в АПК (утверждено протоколом заседания учебно–методического совета университета № 10 от «26» апреля 2018 г.)

4.6 Выполнение контрольной работы обучающимися заочной формы

Задание 1

Для выполнения контрольного задания необходимо ответить на 5 вопросов.

Контрольное задание выполняется в следующем порядке:

- наименование темы (вопроса);
- определение основного понятия;

- схема, поясняющая это понятие;
- пояснения к элементам схемы;
- дополнительные пояснения к работе схемы;
- сравнительные выводы, особенности и характеристики способов, элементов, схем и т.д.

При ответе на вопросы необходимо осветить:

- принцип действия;
- характеристики;
- схемы включения;
- расчет мощности.

Номер варианта V индивидуального задания определяют по двум последним цифрам шифра ($C1$ - номер предпоследней цифры, $C2$ - номер последней цифры) по таблице 2.1.

Каждый вариант индивидуального задания содержит 5 вопросов (Z_i).

Номера вопросов вариантов рассчитываются по формуле:

$$Z_i = V * i,$$

где i - номер вопроса, 1, 2, 3, 4, 5.

Таблица 2.1

Выбор номера варианта индивидуального задания

$C2 \backslash C1$	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>
<u>0</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>1</u>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1
<u>3</u>	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2
<u>4</u>	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3
<u>5</u>	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4
<u>6</u>	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5
<u>7</u>	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6
<u>8</u>	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7
<u>9</u>	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8

Выбор вопросов для выполнения задания:

1. Электрификация и автоматизация технологических процессов обслуживания и ремонта машин в АПК, их роль в совершенствовании и развитии агропромышленного комплекса.
2. Механические характеристики производственных механизмов и электродвигателей и их классификация.
3. Асинхронные электродвигатели.
4. Синхронные электродвигатели.
5. Коллекторные электродвигатели.
6. Пуск электродвигателей.
7. Реверс электродвигателей.
8. Электрическое торможение электродвигателей.
9. Построение механической характеристики асинхронного двигателя.
10. Построение механической характеристики двигателя постоянного тока.
11. Область применения электродвигателей.

12. Динамика электропривода
13. Дифференциальное уравнение движения электропривода.
14. Приведение моментов (сил) статического сопротивления и моментов (масс) инерции к валу электродвигателя.
15. Расчет продолжительности переходных процессов электропривода.
16. Потери энергии при пуске и торможении электропривода и пути их снижения.
17. Статическая и динамическая устойчивость электропривода.
18. Нагрузочные диаграммы.
19. Режимы работы электродвигателей.
20. Методы определения мощности электродвигателей.
21. Расчет и выбор мощности электродвигателей привода машин. Основные положения.
22. Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.
23. Факторы, определяющие мощность электродвигателей по нагреву, и режимы их работы при нагрузке.
24. Определение мощности электродвигателя из условий его допустимого нагрева при работе.
25. Проверка мощности электродвигателя по дополнительным условиям.
26. Методика выбора электропривода.
27. Обозначение электрических элементов, чтение схем.
28. Рубильники и переключатели.
29. Путевые и конечные выключатели.
30. Автоматические выключатели.
31. Реле защиты и управления.
32. Устройства защитного отключения (УЗО).
33. Релейно-контактная аппаратура управления и защиты. Назначение, устройство.
34. Бесконтактная аппаратура управления и защиты. Назначение, устройство.
35. Методика выбора аппаратуры управления и защиты.
36. Электрические двигатели и генераторы постоянного и переменного тока, используемые на мобильном транспорте.
37. Особенности электрических машин мобильного транспорта. Требования, предъявляемые к ним.
38. Генераторы переменного и постоянного тока автомобилей.
39. Методы определения мощности электродвигателей и генераторов.
40. Электрическое оборудование мобильного транспорта. Аккумуляторы.
41. Электрическое оборудование мобильного транспорта. Системы электронного зажигания.
42. Электрическое оборудование мобильного транспорта. Приборы контроля температуры.
43. Электрическое оборудование мобильного транспорта. Приборы контроля давления.
44. Электрическое оборудование мобильного транспорта. Приборы контроля скорости.
45. Электрические схемы мобильного транспорта.
46. Электрооборудование металлообрабатывающих станков. Сверлильные станки. Схемы включения и характеристики.
47. Электрооборудование металлообрабатывающих станков. Токарные станки. Схемы включения и характеристики.
48. Электрооборудование металлообрабатывающих станков. Долбежные станки. Схемы включения и характеристики.
49. Электрооборудование металлообрабатывающих станков. Фрезерные станки.

Схемы включения и характеристики.

50. Системы управления электроприводами станков.
51. Управляемый электропривод.
52. Релейно-контактные схемы управления.
53. Управление при помощи усилителей и преобразователей.
54. Тиристорное управление.
55. Системы управления технологическими машинами и приборами.

Задание 2

Для трехфазного трансформатора, параметры которого приведены в табл. 2.2, определить: коэффициент мощности холостого хода $\cos \Phi_0$; коэффициент мощности при нагрузках $\beta = 0,7$ и $\cos \Phi_2 = 1$, $\beta = 0,7$ и $\cos \Phi_2 = 0,75$; сопротивления первичной и вторичной обмоток r_1 , x_1 , r_2 и x_2 ; расчетные эквивалентные сопротивления z_0 , r_0 и X_0 ; угол магнитных потерь δ .

Построить векторную диаграмму трансформатора для нагрузки $\beta = 0,8$ и $\cos \Phi_2 = 0,75$. Построить внешнюю характеристику $U_2 = f_1(\beta)$ и зависимость к. п. д. от нагрузки $\eta = f_2(\beta)$ для $\cos \Phi_2 = 0,75$. Начертить эквивалентную схему (замещения) трансформатора.

Таблица 2.2

Вариант, V	Данные для расчета							
	группа соединений	номинальная мощность S_n , кВа	Номинальные напряжения		Напряжение короткого замыкания U_k , %	Мощность короткого замыкания P_k , Вт	Мощность холостого хода P_0 , Вт	Ток холостого хода I_0 , %
			U_{1n} , В	U_{2n} , В				
1	Y/Y ₀ -12	10	6300	400	5,5	335	105	10
2	Y/Δ -11	20	6300	230	5,5	600	180	9,0
3	Y/Y ₀ -12	30	10000	400	5,5	850	300	9,0
4	Y/Y ₀ -12	50	10000	400	5,5	1325	440	8,0
5	Y/Δ -11	75	10000	230	5,5	1875	590	7,5
6	Y/Y -12	100	10000	525	5,5	2400	730	7,5
7	Y/Δ -11	180	10000	525	5,5	4100	1200	7,0
8	Y/Y -12	240	10000	525	5,5	5100	1600	7,0
9	Y/Δ -11	320	35000	10500	6,5	6200	2300	7,5
10	Y/Y ₀ -12	420	10000	525	5,5	7000	2100	6,5

Задание 3

Рассчитать и построить механические характеристики асинхронного двигателя $M=f(\omega)$ и $M=f(S)$, используя данные таблицы 2.4, согласно номеру варианта V индивидуального задания.

Пример расчета

Рассчитать и построить механическую характеристику асинхронного двигателя типа АИР56А2. Паспортные данные: $P_n=0,18\text{кВт}$; $n_n=2730\text{ об/мин}$; $\eta_n=0,68$; $\cos \varphi = 0,78$;

$$\mu_{II} = \frac{M_{II}}{M_H} = 2,2; \quad \mu_K = \frac{M_K}{M_H} = 2,2.$$

Решение

$$n_c = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин}; \quad S_n = \frac{n_c - n_n}{n_c} = \frac{3000 - 2730}{3000} = 0,09;$$

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} = 0,105 \cdot n_n = 0,105 \cdot 2730 = 286,65 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot n_c}{30} = 0,105 \cdot n_c = 0,105 \cdot 3000 = 315 \text{ с}^{-1}; \quad M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{180}{286,65} = 0,628 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\mu_1 = \frac{\mu_K}{\mu_H} = \frac{2,2}{2,2} = 1; \quad S_{kp} = S_n \cdot \left(\mu_K + \sqrt{\mu_K^2 - 1} \right) = 0,09 \cdot \left(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1} \right) = 0,37;$$

$$M_K = \mu_K \cdot M_H = 2,2 \cdot 0,628 = 1,38 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\partial s} = \frac{2 \cdot M_K}{\frac{S}{S_{kp}} + \frac{S_{kp}}{S}} = \frac{2 \cdot 1,38}{\frac{S}{0,37} + \frac{0,37}{S}} = \frac{2,76}{\frac{S}{0,37} + \frac{0,37}{S}}$$

Результаты расчетов механической характеристики по общей формуле Клосса сводим в таблицу 2.3. По полученным данным строим зависимости $M=f(\omega)$ и $M=f(S)$ (см. рис. 2.1).

Таблица 2.3

Результаты расчетов механической характеристики асинхронного двигателя типа АИР56А2

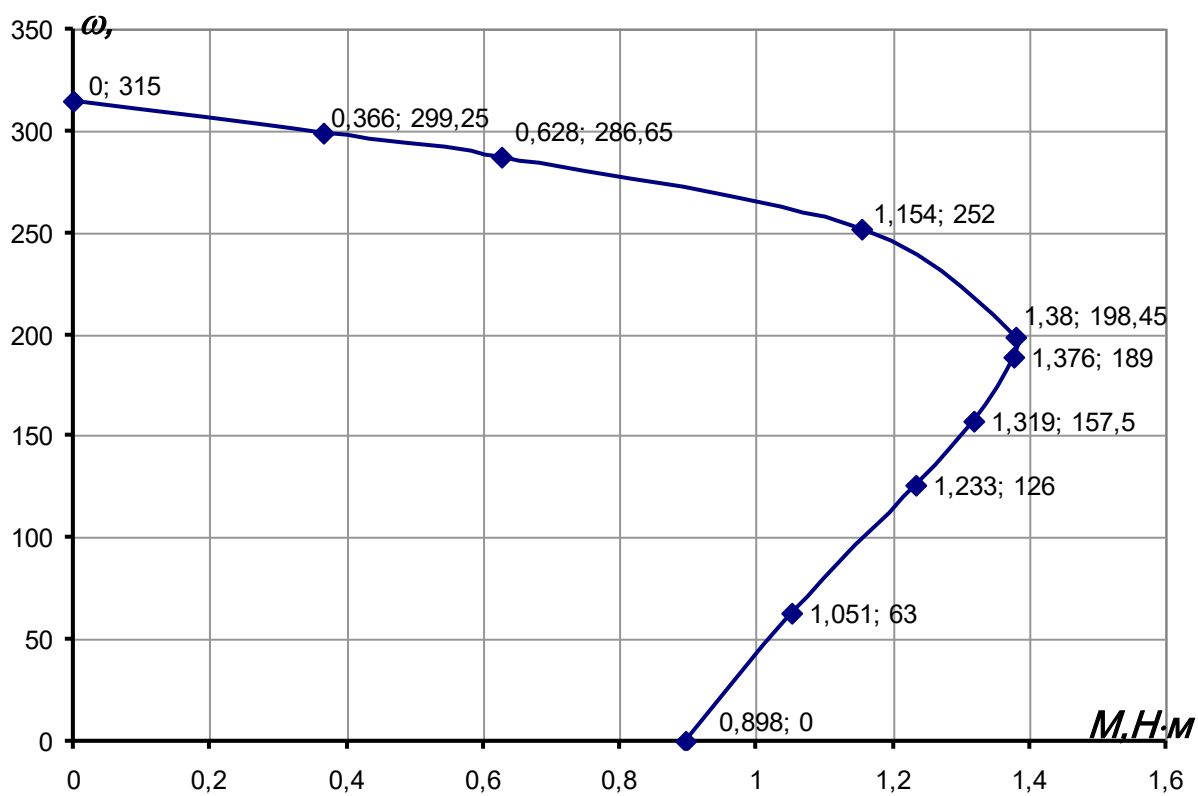
Характерные точки	Холостого хода		Номинальная		Критическая					Пусковая
S	0	0,05	0,09	0,2	0,37	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
n, об/мин	3000	2850	2730	2400	1890	1800	1500	1200	600	0
$\omega, \text{с}^{-1}$	315	299,25	286,65	252	198,45	189	157,5	126	63	0
$M_{\partial s}, \text{Н} \cdot \text{м}$	0	0,366	0,628	1,154	1,38	1,376	1,319	1,233	1,051	0,898

Таблица 2.4

Технические данные асинхронных двигателей трехфазного тока единой серии 4А, $U_H=380 \text{ В}$

Вариант, V	Тип двигателя	Мощность, кВт	При номинальной мощности				$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{min}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}}$
			Частота вращения, об/мин	Ток статора, А	КПД, %	cosφ				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4А50А2У3	0,09	2740	0,32	60,0	0,70	4,0	2,0	1,8	2,2
2	4А50В2У3	0,12	2710	0,32	63,0	0,70	4,0	2,0	1,8	2,2
3	4А56А2У3	0,18	2800	0,54	66,0	0,76	4,0	2,0	1,5	2,2
4	4А56В2У3	0,25	2770	0,74	68,0	0,77	4,0	2,0	1,5	2,2

5	4A63A2Y3	0,37	2750	0,93	70,0	0,86	4,5	2,0	1,5	2,2
6	4A63B2Y3	0,55	2740	1,33	73,0	0,86	4,5	2,0	1,5	2,2
7	4A71A2Y3	0,75	2840	1,7	77,0	0,87	5,5	2,0	1,5	2,2
8	4A71B2Y3	1,1	2810	2,5	77,5	0,87	5,5	2,0	1,5	2,2
9	4A80A2Y3	1,5	2850	3,3	81,0	0,85	6,5	2,1	1,4	2,6
10	4A80B2Y3	2,2	2850	4,7	83,0	0,87	6,5	2,1	1,4	2,6



$M, H \cdot m$

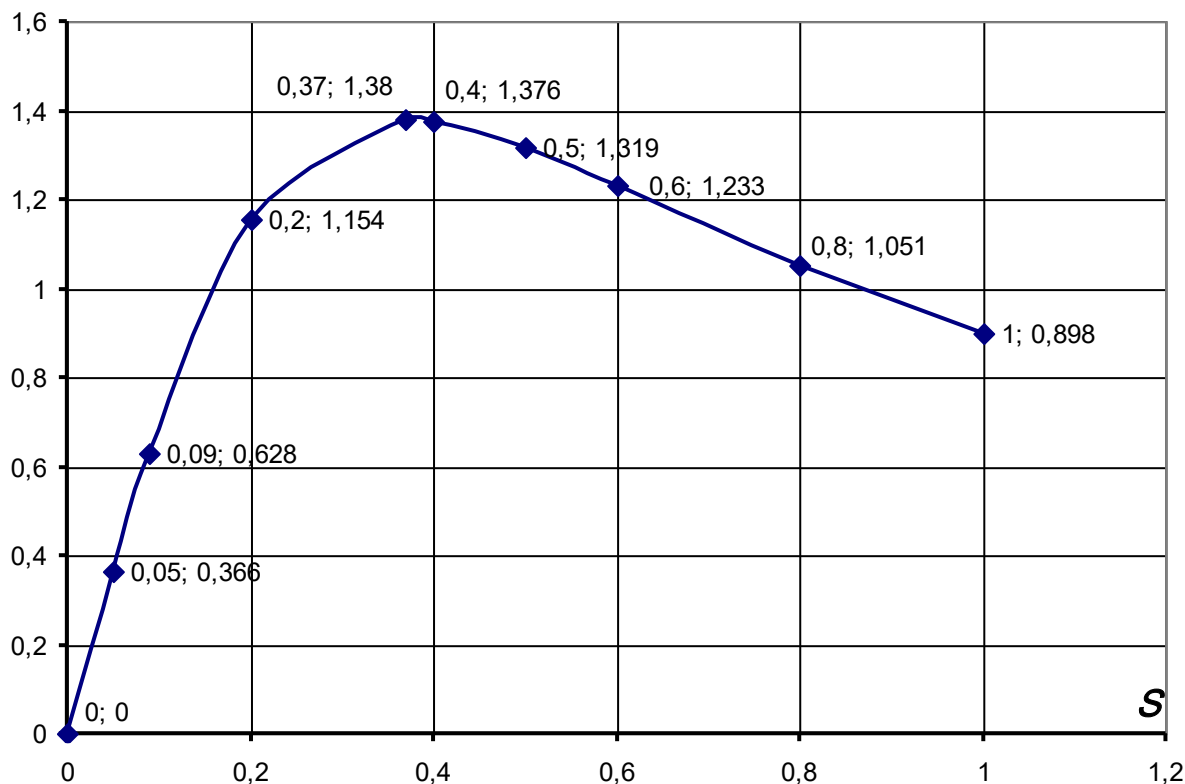


Рисунок 1 - Механические характеристики асинхронного двигателя
типа АИР56А2

4.7 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в электромеханику

Тема 1. Физические основы электромеханического преобразования энергии.

Основные законы электротехники применительно к электромеханическому преобразованию энергии.

Раздел 2. Асинхронные машины

Тема 2. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения

Тема 3. Механические характеристики асинхронных машин

Тема 4. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей

Тема 5. Однофазные двигатели

Раздел 3. Синхронные машины

Тема 6. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин

Тема 7. Синхронные двигатели и компенсаторы

Тема 8. Вентильные двигатели

Тема 9. Специальные синхронные машины

Раздел 4. Машины постоянного тока

Тема 10. Особенности конструкции, принцип действия и области применения машин постоянного тока

Тема 11. Характеристики генераторов постоянного тока

Тема 12. Характеристики двигателей постоянного тока

Тема 13. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока

Раздел 5. Общие сведения об электроприводе

Тема 14. Назначение и структура электропривода. Классификация электроприводов по различным признакам. Регулирование координат и принципы управления электроприводами

Раздел 6. Механика и динамика электропривода

Тема 15. Основные соотношения механики. Виды статической нагрузки (активная и реактивная) и механические характеристики производственных механизмов.

Раздел 7. Электроприводы с двигателями постоянного тока (ДПТ)

Тема 16. Область применения. Основные соотношения для ДПТ. Двигатели постоянного тока с независимым, параллельным и последовательным возбуждением. Механические и рабочие характеристики ДПТ в различных режимах работы.

Тема 17. Регулирование скорости, тока и момента ДПТ. Регулирование тока и момента при пуске, торможении и реверсе. Регулирование скорости ДПТ с помощью резисторов в цепи якоря: схема, реализация, уравнение, естественная и искусственные механические характеристики, оценка реостатного способа регулирования, энергетические показатели.

Раздел 8. Электроприводы с асинхронными двигателями (АД)

Тема 18. Схемы замещения и основные соотношения для АД. Энергетические диаграммы асинхронной машины в режимах двигателя и генератора. Механические и рабочие характеристики АД.

Тема 19. Способы пуска АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Тормозные режимы АД, характеристики.

Тема 20. Регулирование скорости АД. Регулирование скорости изменением жёсткости механической характеристики: изменением сопротивления в цепи обмотки ротора, регулированием напряжения.

Раздел 9. Выбор электродвигателя по мощности

Тема 21. Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор двигателя. Проверка выбранного двигателя по условиям пуска и перегрузки. Проверка выбранного двигателя по нагреву. Факторы, определяющие мощность электродвигателя. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Уравнение теплового баланса. Классы изоляции. Допустимая температура нагрева. Классификация режимов работы по условиям нагрева.

Тема 22. Выбор мощности двигателя, проверка по теплоте двигателя методами средних потерь, эквивалентного тока, момента и мощности. Особенности проверки двигателей, работающих в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы.

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используется инновационная образовательная технология на основе интеграции компетентностного и личностно-ориентированного подходов с элементами традиционного лекционно-семинарского и квазипрофессионального обучения с использованием интерактивных форм проведения занятий, исследовательской проектной деятельности и мультимедийных учебных материалов.

Вид учебных занятий	Образовательные технологии
Лекции	визуальная демонстрация материала - презентация с использованием средств мультимедиа, и с последующим обсуждением материала
Лабораторные работы	проведение расчетов и решение задач направленных на формирование конкретных представлений о устройстве и методам расчёта электрических машин и электропривода, а также по особенностям его применения в техническом сервисе АПК
Самостоятельная работа	Использование как традиционных форм обучения, так и подготовка реферативных работ

6. Оценочные средства дисциплины (модуля)

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Электрические машины и электропривод»

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Оценочное средство	
			наименование	кол-во
1	Раздел 1. Введение в электромеханику	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	7
2	Раздел 2. Асинхронные машины	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	28
3	Раздел 3. Синхронные машины	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	32
4	Раздел 4. Машины постоянного тока	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	28
5	Раздел 5. Общие сведения об электроприводе	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	4
6	Раздел 6. Механика и динамика электропривода	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	3
7	Раздел 7. Электроприводы с двигателями постоянного тока (ДПТ)	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	9
8	Раздел 8. Электроприводы с асинхронными двигателями (АД)	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	10
9	Раздел 9. Выбор электродвигателя по мощности	ОПК-1; ОПК-5	Тест	20
			Вопросы для зачета	7

6.2. Перечень вопросов для экзамена

Подготовка к экзамену предполагает формирование следующих компетенций:

ОПК-1; ОПК-5

Раздел 1. Введение в электромеханику

1. Значение электрических машин и трансформаторов для электрификации и автоматизации сельского хозяйства и для электроэнергетики в целом (ОПК-1; ОПК-5)
2. Краткая история развития электрических машин и трансформаторов и задачи электромашиностроения на современном этапе. (ОПК-1; ОПК-5)
3. Материалы, применяемые в электромашиностроении. (ОПК-1; ОПК-5)
4. Основные типы электрических машин и общие принципы их устройства. (ОПК-1; ОПК-5)
5. Электромеханическое преобразование энергии в электрической машине. (ОПК-1; ОПК-5)
6. Преобразование электрической энергии в трансформаторе. (ОПК-1; ОПК-5)
7. Основные законы электротехники, в соответствии с которыми осуществляется электромеханическое преобразование энергии. (ОПК-1; ОПК-5)

Раздел 2. Асинхронные машины

1. Режимы работы, области применения и конструкции асинхронных машин. Назначение, области применения и принцип действия асинхронных машин. (ОПК-1; ОПК-5)
2. Устройство активной части и конструктивных элементов. (ОПК-1; ОПК-5)
3. Исполнение асинхронных машин по степени защиты. (ОПК-1; ОПК-5)
4. Особенности устройства двигателей единых серий. (ОПК-1; ОПК-5)
5. Асинхронная машина – обобщенный трансформатор. Преобразование вида энергии, величины напряжения, частоты напряжения, фазы напряжения и числа фаз. (ОПК-1; ОПК-5)
6. Векторная диаграмма и схемы замещения асинхронной машины. Параметры асинхронной машины (ОПК-1; ОПК-5)
7. Уравнения равновесия напряжений и МДС. Векторная диаграмма Т-образная и Г-образная электрические схемы замещения, параметры схем. (ОПК-1; ОПК-5)
8. Опыты холостого хода и короткого замыкания асинхронной машины. (ОПК-1; ОПК-5)
9. Характеристики холостого и короткого замыкания. Опытное определение параметров схемы замещения. Разделение потерь холостого хода. (ОПК-1; ОПК-5)
10. Круговая диаграмма и рабочие характеристики асинхронной машины. Энергетическая диаграмма. (ОПК-1; ОПК-5)
11. Построение круговой диаграммы по данным опытов холостого хода и короткого замыкания. Определение рабочих характеристик по круговой диаграмме. Распределение активной мощности. (ОПК-1; ОПК-5)
12. Электромагнитный момент асинхронной машины. Зависимость момента от скольжения. Перегрузочная способность двигателя. (ОПК-1; ОПК-5)
13. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя. (ОПК-1; ОПК-5)
14. Пуск двигателей с фазным ротором и с короткозамкнутым типа «беличья клетка» (ОПК-1; ОПК-5).
15. Регулирующие свойства двигателя и способы регулирования частоты вращения. (ОПК-1; ОПК-5)
16. Генераторный, тормозной и трансформаторный режимы работы асинхронной машины. (ОПК-1; ОПК-5)
17. Работа асинхронного генератора в автономной системе. Условия самовозбуждения. Режим противовключения. (ОПК-1; ОПК-5)
18. Индукционный регулятор, фазорегулятор. (ОПК-1; ОПК-5)

19. Способы создания пускового момента. (ОПК-1; ОПК-5)
20. Однофазный конденсаторный двигатель. (ОПК-1; ОПК-5)
21. Трехфазный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором. (ОПК-1; ОПК-5)
22. Асинхронные машины автоматических устройств. (ОПК-1; ОПК-5)
23. Исполнительные двигатели. (ОПК-1; ОПК-5)
24. Тахогенератор. (ОПК-1; ОПК-5)
25. Сельсины. (ОПК-1; ОПК-5)
26. Поворотные трансформаторы. (ОПК-1; ОПК-5)
27. Серии асинхронных двигателей и эксплуатационные требования. (ОПК-1; ОПК-5)
28. Характеристика единых серий А и АО, А2 и АО2, 4А, АИ, РА, 5А и др. Обозначение типов двигателей. (ОПК-1; ОПК-5)

Раздел 3. Синхронные машины

1. Режимы работы, области применения и конструкции синхронных машин. (ОПК-1; ОПК-5)
2. Назначение, области применения и принцип действия синхронных машин. (ОПК-1; ОПК-5)
3. Устройство активной части и конструктивных элементов. Системы возбуждения. (ОПК-1; ОПК-5)
4. Особенности устройства явнополусных и неявнополусных синхронных машин. (ОПК-1; ОПК-5)
5. Магнитное поле синхронной машины при холостом ходе и нагрузке. Реакция якоря. (ОПК-1; ОПК-5)
6. Магнитное поле обмотки возбуждения. Результирующее магнитное поле при различном характере нагрузки. (ОПК-1; ОПК-5)
7. Параметры синхронных машин в установившемся режиме и характеристики синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку. (ОПК-1; ОПК-5)
8. Индуктивные сопротивления явнополусной и неявнополусной синхронной машины. (ОПК-1; ОПК-5)
9. Характеристика холостого хода, индукционная нагрузочная, внешняя, регулировочная и характеристика короткого замыкания. (ОПК-1; ОПК-5)
10. Векторные диаграммы явнополусных и неявнополусных синхронных генераторов. (ОПК-1; ОПК-5)
11. Параллельная работа синхронных машин. Включение на параллельную работу синхронных генераторов с сетью бесконечно большой мощности. (ОПК-1; ОПК-5)
12. Особенности работы генератора с сетью. (ОПК-1; ОПК-5)
13. Параллельная работа синхронных генераторов соизмеримой мощности. (ОПК-1; ОПК-5)
14. Характеристики синхронного генератора, работающего параллельно с сетью бесконечно большой мощности. (ОПК-1; ОПК-5)
15. Угловая характеристика. U-образные характеристики. (ОПК-1; ОПК-5)
16. Регулирование активной и реактивной мощности. (ОПК-1; ОПК-5)
17. Синхронные двигатели и синхронный компенсатор. (ОПК-1; ОПК-5)
18. Угловая характеристика и U-образные характеристики двигателя. (ОПК-1; ОПК-5)
19. Рабочие характеристики двигателя. (ОПК-1; ОПК-5)
20. Сопоставление асинхронного и синхронного двигателей. (ОПК-1; ОПК-5)
21. Назначение и U-образная характеристика компенсатора. (ОПК-1; ОПК-5)
22. Переходные процессы в синхронных машинах. Несимметричные короткие замыкания. (ОПК-1; ОПК-5)

23. Переходный процесс при симметричном трехфазном коротком замыкании. (ОПК-1; ОПК-5)
24. Параметры синхронной машины по продольной и поперечной осям. (ОПК-1; ОПК-5)
25. Ударное значение тока короткого замыкания. (ОПК-1; ОПК-5)
26. Влияние реакции якоря при несимметричных коротких замыканиях. (ОПК-1; ОПК-5)
27. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей синхронной машины. (ОПК-1; ОПК-5)
28. Специальные синхронные машины. Синхронные генераторы для дизель-генераторных установок. (ОПК-1; ОПК-5)
29. Автомобильные и тракторные генераторы. (ОПК-1; ОПК-5)
30. Индукторный генератор. (ОПК-1; ОПК-5)
31. Шаговый, реактивный и гистерезисный двигатели. (ОПК-1; ОПК-5)
32. Серии синхронных машин и эксплуатационные требования. Технические данные турбогенераторов, гидрогенераторов, генераторов общего назначения, синхронных компенсаторов и синхронных двигателей. (ОПК-1; ОПК-5)

Раздел 4. Машины постоянного тока

1. Назначение, области применения и принцип действия машин постоянного тока. (ОПК-1; ОПК-5)
2. Устройство активной части и принцип действия машин постоянного тока. Устройство активной части и конструктивных элементов. (ОПК-1; ОПК-5)
3. Коллектор – механический преобразователь частоты. (ОПК-1; ОПК-5)
4. Обмотка якорей машин постоянного тока. Радиальная, развернутая и электрическая схемы обмоток. (ОПК-1; ОПК-5)
5. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент. (ОПК-1; ОПК-5)
6. Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и нагрузке. Реакция якоря. (ОПК-1; ОПК-5)
7. Магнитное поле обмотки возбуждения. Магнитное поле обмотки якоря. Результирующее поле. Действие реакции якоря при различном положении щеток на коллекторе. (ОПК-1; ОПК-5)
8. Коммутация и способы ее улучшения. Прямолинейная и криволинейная коммутация. Реактивная ЭДС и ЭДС вращения. (ОПК-1; ОПК-5)
9. Способы уменьшения добавочного тока коммутируемой секции обмотки якоря. (ОПК-1; ОПК-5)
10. Характеристики генераторов постоянного тока. Энергетическая диаграмма. (ОПК-1; ОПК-5)
11. Схемы возбуждения генераторов. (ОПК-1; ОПК-5)
12. Энергетическая диаграмма. Характеристика холостого хода, нагрузочная, внешняя, регулировочная и характеристика короткого замыкания. (ОПК-1; ОПК-5)
13. Параллельная работа генераторов. (ОПК-1; ОПК-5)
14. Характеристики генераторов постоянного тока. Энергетическая диаграмма. Механическая характеристика и устойчивость работы (ОПК-1; ОПК-5)
15. Энергетическая диаграмма. Рабочие характеристики. Механическая характеристика при различных способах возбуждения и устойчивость работы. (ОПК-1; ОПК-5)
16. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. (ОПК-1; ОПК-5)
17. Прямой пуск, пуск с помощью пускового реостата и при пониженном напряжении. (ОПК-1; ОПК-5)

18. Регулирование частоты вращения изменением напряжения, введением сопротивления в цепь обмотки якоря и изменением потока возбуждения. (ОПК-1; ОПК-5)
19. Сопротивление двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей. (ОПК-1; ОПК-5)
20. Специальные машины постоянного тока. Универсальный коллекторный двигатель. (ОПК-1; ОПК-5)
21. Исполнительные двигатели постоянного тока. (ОПК-1; ОПК-5)
22. Магнитогидродинамический генератор. (ОПК-1; ОПК-5)
23. Тахогенератор. (ОПК-1; ОПК-5)
24. Электромашинный усилитель. (ОПК-1; ОПК-5)
25. Униполярный генератор. (ОПК-1; ОПК-5)
26. Вентильные двигатели. (ОПК-1; ОПК-5)
27. Серии машин постоянного тока и эксплуатационные требования (ОПК-1; ОПК-5)
28. Характеристика серий двигателей постоянного тока общего назначения 2П и 4П и др. Обозначение типов двигателей. (ОПК-1; ОПК-5)

Раздел 5. Общие сведения об электроприводе

1. Назначение и структура электропривода. Классификация электроприводов по различным признакам.
2. Регулирование координат и принципы управления электроприводами. Основные показатели регулирования скорости.
3. Замкнутая, разомкнутая схемы управления. Обратные связи: положительная, отрицательная, жесткая, мягкая, линейная, нелинейная.
4. Элементы схем управления: датчики, регуляторы.

Раздел 6. Механика и динамика электропривода

1. Основные соотношения механики. Виды статической нагрузки (активная и реактивная) и механические характеристики производственных механизмов.
2. Приведение моментов и сил сопротивления, моментов инерции и инерционных масс к валу двигателя. Совмещение механических характеристик электродвигателя и механизма, жесткость характеристик, статическая устойчивость электроприводов.
3. Уравнения движения электропривода, режимы работы.

Раздел 7. Электроприводы с двигателями постоянного тока (ДПТ)

1. Область применения. Основные соотношения для ДПТ.
2. Двигатели постоянного тока с независимым, параллельным и последовательным возбуждением. Механические и рабочие характеристики ДПТ в различных режимах работы.
3. Энергетические режимы работы ДПТ. Особенности механических характеристик ДПТ последовательного и смешанного возбуждения.
4. *Регулирование скорости, тока и момента ДПТ.* Регулирование тока и момента при пуске, торможении и реверсе.
5. Регулирование скорости ДПТ с помощью резисторов в цепи якоря: схема, реализация, уравнение, естественная и искусственные механические характеристики, оценка реостатного способа регулирования, энергетические показатели.
6. *Регулирование скорости ДПТ изменением магнитного потока:* схема реализации, уравнение, естественная и искусственные механические характеристики, энергетические показатели.
7. Особенности способа регулирования для ДПТ последовательного возбуждения. Диапазон регулирования.
8. *Регулирование скорости ДПТ изменением подводимого к якорю напряжения.* Электропривод по системе «генератор – двигатель», «управляемый выпрямитель – двигатель», «широтно-импульсный преобразователь – двигатель»: схемы реализации,

уравнения, естественная и искусственные механические характеристики, энергетические показатели, основные достоинства и недостатки. Диапазон регулирования скорости.

9. Схема широтно-импульсного преобразователя. Отличия этих систем по показателям управления скоростью.

Раздел 8. Электроприводы с асинхронными двигателями (АД)

1. Схемы замещения и основные соотношения для АД. Энергетические диаграммы асинхронной машины в режимах двигателя и генератора.

2. Механические и рабочие характеристики АД: формула Клосса, характерные точки при различных режимах работы.

3. Области применения электрических машин с короткозамкнутым и фазным ротором.

4. *Способы пуска АД с короткозамкнутым и фазным ротором.*

5. Тормозные режимы АД, характеристики.

6. *Регулирование скорости АД.* Регулирование скорости изменением жёсткости механической характеристики: изменением сопротивления в цепи обмотки ротора, регулированием напряжения.

7. *Регулирование изменением синхронной скорости: изменением числа пар полюсов и частоты питающего напряжения.* Частотное регулирование скорости АД.

8. Преобразователи частоты (ПЧ) с автономным инвертором напряжения и автономным инвертором тока. Структура ПЧ-АД. Законы регулирования.

9. Вопросы электромагнитной совместимости в приводах по системе ПЧ-АД.

10. Области применения частотного регулирования, экономичность способа регулирования. Диапазон регулирования скорости.

Раздел 9. Выбор электродвигателя по мощности

1. Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор двигателя.

2. Проверка выбранного двигателя по условиям пуска и перегрузки. Проверка выбранного двигателя по нагреву. Факторы, определяющие мощность электродвигателя.

3. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Уравнение теплового баланса.

4. Классы изоляции. Допустимая температура нагрева. Классификация режимов работы по условиям нагрева.

5. Выбор мощности двигателя, проверка по теплоте двигателя методами средних потерь, эквивалентного тока, момента и мощности.

6. Особенности проверки двигателей, работающих в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы.

7. Допустимая частота включений АД с короткозамкнутым ротором.

6.3 Шкала оценочных средств

Уровни сформированности компетенций	Критерии оценивания	Оценочные средства (кол-во баллов)
Продвинутый (75 -100 баллов) «зачтено»	Отлично анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, отлично осуществляет декомпозицию задачи Успешно находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Успешно рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки. Очень грамотно, логично,	тестовые задания (37-50 баллов); Вопросы для зачета, (38-50 баллов);

	аргументировано формирует собственные суждения и оценки. Быстро отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников Успешно определяет и оценивает последствия возможных решений задачи. Полностью успешно может рассчитывать режимы работы оборудования для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Использует современные методы восстановления изношенных деталей машин и дает экспертную оценку полученных результатов	
Базовый (50 -74 балла) «зачтено»	Хорошо анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, хорошо осуществляет декомпозицию задачи Достаточно быстро находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Достаточно быстро рассматривает возможные варианты решения задачи, четко оценивая их достоинства и недостатки. Достаточно грамотно, логично, аргументировано формирует собственные суждения и оценки. Хорошо отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности Хорошо определяет и оценивает последствия возможных решений задачи. Успешно, но не систематически может рассчитывать режимы работы оборудования для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Самостоятельно использует современные методы восстановления изношенных деталей машин	тестовые задания (25-37 баллов); Вопросы для зачета (25-37 баллов)
Пороговый (35 - 49 баллов) «зачтено»	Слабо анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, слабо осуществляет декомпозицию задачи Не достаточно четко находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Слабо рассматривает возможные варианты решения задачи, чтобы оценить их достоинства и недостатки.	тестовые задания (17-24 баллов); Вопросы для зачета (18-24 балла)

	Не достаточно грамотно, логично, аргументировано формирует собственные суждения и оценки. Слабо отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности Слабо определяет и оценивает последствия возможных решений задачи. Частично может рассчитывать режимы работы оборудования для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Использует современные методы восстановления изношенных деталей машин с применением справочной литературы	
Низкий (допороговый) (компетенция не сформирована) (0-34 балла) – «незачтено»	Не может анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие, не осуществляет декомпозицию задачи Не может находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Не может рассмотреть возможные варианты решения задачи и оценить их достоинства и недостатки. Не может грамотно, логично, аргументировано сформировать собственные суждения и оценки. Не отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности Не может определить и оценить последствия возможных решений задачи. Не может рассчитывать показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости для обоснования надежности сельскохозяйственных машин и оборудования Частично и очень поверхностно использует современные методы восстановления изношенных деталей машин	тестовые задания (0-17 баллов); Вопросы для зачета (0-17 баллов)

Все комплекты оценочных средств (контрольно-измерительных материалов), необходимых для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины (модуля) подробно представлены в документе «Фонд оценочных средств дисциплины (модуля)».

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная учебная литература:

1. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 1 : учебник для академического бакалавриата / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 267 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7434-8. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/794F6583-3AA5-4A70-ACFF-C588ED65E1B8>
2. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 2: учебник для академического бакалавриата / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 407 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7436-2. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/0E104E98-A099-4380-92C0-03E0279FE8441>. Епифанов А.П. Электрические машины: Учебник. – СПб: Лань, 2006.
3. Шичков, Л. П. Электрический привод: учебник и практикум для академического бакалавриата / Л. П. Шичков. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 330 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-9755-2. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/4186A334-31A4-4D6B-BF16-C0D8F3260AC7>

7.2 Дополнительная учебная литература:

1. Епифанов А.П., Гущинский А.Г., Малайчук Л.М. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие - СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 224 с.: ил. КолосС, 2003. – 344 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Основы электрического привода. Краткий курс. - М. КолосС, 2007. – 252 с.: ил.-(Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

7.3 Методические указания по освоению дисциплины

Гурьянов Д.В., Дроздов Д.В. Электрические машины. Часть 1. Машины постоянного тока и трансформаторы. Лабораторный практикум по дисциплине «Электрические машины» для студентов инженерного факультета специальности 110302 – «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Мичуринск, МичГАУ, 2008

7.4 Информационные и цифровые технологии (программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы)

Учебная дисциплина (модуль) предусматривает освоение информационных и цифровых технологий. Реализация цифровых технологий в образовательном пространстве является одной из важнейших целей образования, дающей возможность развивать конкурентоспособные качества обучающихся как будущих высококвалифицированных специалистов.

Цифровые технологии предусматривают развитие навыков эффективного решения задач профессионального, социального, личностного характера с использованием различных видов коммуникационных технологий. Освоение цифровых технологий в рамках данной дисциплины (модуля) ориентировано на способность безопасно и надлежащим образом получать доступ, управлять, интегрировать, обмениваться, оценивать и создавать информацию с помощью цифровых устройств и сетевых технологий. Формирование цифровой компетентности предполагает работу с данными, владение инструментами для коммуникации.

7.4.1 Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ООО «ЭБС ЛАНЬ» (<https://e.lanbook.ru/>) (договор на оказание услуг от 03.04.2024 № б/н (Сетевая электронная библиотека)
2. База данных электронных информационных ресурсов ФГБНУ ЦНСХБ (договор по обеспечению доступа к электронным информационным ресурсам ФГБНУ ЦНСХБ через терминал удаленного доступа (ТУД ФГБНУ ЦНСХБ) от 09.04.2024 № 04-УТ/2024)
3. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»: Коллекции «Базовый массив» и «Колос-с. Сельское хозяйство» (<https://rucont.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа от 26.04.2024 № 1901/БП22)
4. ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (<https://urait.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» от 07.05.2024 № 6555)
5. Электронно-библиотечная система «Вернадский» (<https://vernadsky-lib.ru>) (договор на безвозмездное использование произведений от 26.03.2020 № 14/20/25)
6. База данных НЭБ «Национальная электронная библиотека» (<https://rusneb.ru/>) (договор о подключении к НЭБ и предоставлении доступа к объектам НЭБ от 02.02.2024 № 101/НЭБ/4712-п)
7. Соглашение о сотрудничестве по оказанию библиотечно-информационных и социокультурных услуг пользователям университета из числа инвалидов по зрению, слабовидящих, инвалидов других категорий с ограниченным доступом к информации, лиц, имеющих трудности с чтением плоскочечного текста ТОГБУК «Тамбовская областная универсальная научная библиотека им. А.С. Пушкина» (<https://www.tambovlib.ru>) (соглашение о сотрудничестве от 16.09.2021 № б/н)

7.4.2 Информационные справочные системы

1. Справочная правовая система КонсультантПлюс (договор поставки, адаптации и сопровождения экземпляров систем КонсультантПлюс от 28.02.2025 № 12413 /13900/ЭС).
2. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ» (договор на услуги по сопровождению от 28.02.2025 № 194-01/2025).

7.4.3 Современные профессиональные базы данных

1. База данных нормативно-правовых актов информационно-образовательной программы «Росметод» (договор от 05.09.2024 № 512/2024)
2. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU – российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования - <https://elibrary.ru/>
3. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru/>
4. Открытые данные Федеральной службы государственной статистики - <https://rosstat.gov.ru/opendata>

7.4.4 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)	Реквизиты подтверждающего документа (при наличии)
1	Microsoft Windows,	Microsoft	Лицензионное	-	Лицензия

	Office Professional	Corporation			от 04.06.2015 № 65291651 срок действия: бессрочно
2	Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса	АО «Лаборатория Касперского» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/366574/?sp_hrase_id=415165	Сублицензионный договор с ООО «Софттекс» от 09.12.2024 № 6/н, срок действия: с 09.12.2024 по 09.12.2025
3	МойОфис Стандартный - Офисный пакет для работы с документами и почтой (myoffice.ru)	ООО «Новые облачные технологии» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301631/?sp_hrase_id=2698444	Контракт с ООО «Рубикон» от 24.04.2019 № 0364100000819000012 срок действия: бессрочно
4	Офисный пакет «Р7-Офис» (десктопная версия)	АО «Р7»	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/306668/?sp_hrase_id=4435041	Контракт с ООО «Софттекс» от 24.10.2023 № 0364100000823000007 срок действия: бессрочно
5	Операционная система «Альт Образование»	ООО "Базальт свободное программное обеспечение"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303262/?sp_hrase_id=4435015	Контракт с ООО «Софттекс» от 24.10.2023 № 0364100000823000007 срок действия: бессрочно
6	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат ВУЗ» (https://docs.antiplagiat.us.ru)	АО «Антиплагиат» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303350/?sp_hrase_id=2698186	Лицензионный договор с АО «Антиплагиат» от 23.05.2024 № 8151, срок действия: с 23.05.2024 по 22.05.2025
7	Acrobat Reader - просмотр документов PDF, DjVU	Adobe Systems	Свободно распространяемое	-	-
8	Foxit Reader - просмотр документов PDF, DjVU	Foxit Corporation	Свободно распространяемое	-	-

7.4.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. CDTOWiki: база знаний по цифровой трансформации <https://cdto.wiki/>

2. Официальный сайт МЧС России - <http://www.mchs.gov.ru/>
3. Охрана труда - <http://ohrana-bgd.ru/>

7.4.6. Цифровые инструменты, применяемые в образовательном процессе

1. LMS-платформа Moodle
2. Виртуальная доска Миро: miro.com
3. Виртуальная доска SBoard <https://sboard.online>
4. Облачные сервисы: Яндекс.Диск, Облако Mail.ru
5. Сервисы опросов: Яндекс Формы, MyQuiz
6. Сервисы видеосвязи: Яндекс телемост, Webinar.ru
7. Сервис совместной работы над проектами для небольших групп Trello <http://www.trello.com>

7.4.7. Цифровые технологии, применяемые при изучении дисциплины

№	Цифровые технологии	Виды учебной работы, выполняемые с применением цифровой технологии	Формируемые компетенции	ИДК
1	Облачные технологии	Лекции Практические занятия	ОПК-1. Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ИД-1 _{ОПК-1} Использует основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности
2	Большие данные	Лекции Практические занятия		
3	Технологии беспроводной связи	Лекции Практические занятия Самостоятельная работа	ОПК – 5. Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-5} Участвует в экспериментальных исследованиях электрооборудования и средств автоматизации

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для мультимедийного сопровождения чтения лекций на кафедре имеется аудитория для лекционных и практических занятий с оборудованием: ВАФ-А Вольтамперфазометр с двумя клещами (инв. №2101045320); Влагомер для почвы 46908 (инв. №2101045233); Дальномер проф. BOSCH (инв. №2101045234); Карманный компьютер (инв. №2101042441); Котроллер для систем отопления и горячего водоснабжения (ТРМ-32-Щ4,01) (инв. №2101045327); Микропроцессор (инв. №2101042412); Микроскоп (инв. №2101065254); Плоттер HP (инв. №2101045096); Прибор энергетика многофункциональный ПЭМ-02И с архивированием данных (3шт.) (инв. №2101045330); Прибор энергетика

многофункциональный ПЭМ-02И с архивированием данных (3шт.) (инв. №2101045331); Разработка-программы (инв.№2101062153); Проектор Epson EB-S 72 (инв №2101045098); Контроллер для систем отопления и горячего водоснабжения (ТРМ-32-Щ4,01) (инв.№2101045327); MPI-508 Измеритель параметров электробезопасности электроустановок. Прибор аналого-цифровой (инв.№2101045319); Принтер (инв. №2101042423); Холодильник "Samsung"SG 06 DCGWHN (инв.№210105328); Цифровой аппарат Olympus E-450 (инв.№2101065306); Экран на штативе Projecta (инв.№2101065233); Компьютер торнадо Core-2 (инв.№1101044319, 110104318, 110104317, 1101043116, 110104315, 110104314, 110104313, 110104312); Ноутбук NB (инв.№1101043285); Ноутбук Acer eME732G-373 G32 Mnk Ci3 370M/3G/320/512 Mb Rad HD5470/DVDRWWF/Cam (инв.№1101047359); Ноутбук Samsung NP-RV408-A01 T3500/2G/250G/iGMA/DVDRW/WiFi/W7HB/14HD LED (инв.№1101047357); Концентратор (инв.№1101060926); Спутниковая навигация Desay (инв.№110104311, 110104310, 110104309, 110104308, 110104307); Ноутбук Samsung NP-RV408-A01 T3500/2G/250G/iGMA/DVDRW/WiFi/W7HB/14HD LED (инв.№110107356, 110107355, 110107354, 110107353, 110107352, 110107351, 110107350); Конвектор "Edisson" S05 UB (инв. № 000000000012277); Счетчик воды МЕТЕР СВ-15 (горячей) (инв. № 000000000012009, 000000000012010); Счетчик воды МЕТЕР СВ-15 (холодной) (инв. № 000000000012007, 000000000012008); Увлажнитель воздуха "Polaris" PUN 1545 белый/синий 30W ультразвук (инв. № 000000000012280); ЭИ 5001 Фазоуказатель (инв. № 000000000011983); Бокорезы (инв. № 000000000015361); Перометр РТ-8811 (инв. № 000000000017574); Понетциометр (инв. № 000000000017567); Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий. Лабораторный стенд (инв. № 2101042429); Тахометр ТЭ-204 (инв. №2101042417); Автотрансформатор TDGC2-2кВт (ЛАТР) (инв. №2101045235); Стенд лабораторный(инв.№2101042437, 2101042435, 2101042434, 2101042433, 2101042431, 2101044207); Стенд "Сварочный трансформатор" (инв. №2101042425); Стенд на базе процессора (инв. №2101063178); Стенд № 63 для лабораторных работ (инв. №2101063138); Стенд № 64 для лабораторных работ (инв. №2101063139); Стенд № 171 для лабораторных работ (инв. №2101063136); Стенд № 172 для лабораторных работ (инв. №2101063137); Генератор выс.частоты (инв. №1101044303); Генератор сигнала (инв. №1101044304); Лабораторный стенд(инв.№1101044215, 1101044214, 1101044213, 1101044212, 1101044211, 1101044210, 1101044209, 1101044208); Лазерный излучатель ЛПУ-101 (инв. №1101060921); Манипулятор МП-9 (инв. №1101044171); Ноутбук Acer eME732G-373 G32 Mnk Ci3 370M/3G/320/512 Mb Rad HD5470/DVDRWWF/Cam (инв. №1101047358); Осцелограф С-1-112 (инв. №1101044301);. Осцелограф С-1-73 (инв. №1101044302); Внешний экран ,в комплекте с ПО Hot Find-L (инв. №2101045105); Компьютер Пентиум-3 (инв. №1101042563); Компьютер Р-4 (инв. №1101041463); Компьютер С-500 (инв. №2101041452); Объектив 24 L ST стандартный (инв. №2101045104); Ноутбук ASUS (инв. №2101045095); Тепловизор с видеокамерой ,без внешнего экрана HotFind (инв. №2101045106); Мегометр (инв. №2101062193); Компьютер в составе: процессор Intel 775 Core Duo E440, монитор 19" Acer (инв. № 2101045116, 2101045113)

Компьютерная техника подключена к сети «Интернет» и обеспечена доступом в ЭИОС университета.

Программа разработана в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (уровень бакалавриата) от 23.08.2017 г. № 813.

Авторы: доцент кафедры агроинженерии и электроэнергетики, к.т.н., Гурьянов Д.В.

Рецензент:

доцент кафедры стандартизации, метрологии и технического сервиса, к.т.н. Астапов С.Ю.

Программа рассмотрена на заседании кафедры агроинженерии и электроэнергетики, протокол № 9 от 15 апреля 2019 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 9 от 22 апреля 2019г.

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета протокол № 8 от 25 апреля 2019г.

Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Программа рассмотрена на заседании кафедры агроинженерии и электроэнергетики, протокол № 7 от 7 апреля 2020 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 9 от 13 апреля 2020 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета протокол № 8 от 23 апреля 2020 г.

Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Программа рассмотрена на заседании кафедры агроинженерии и электроэнергетики, протокол № 8 от 15 марта 2021 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 9 от 5 апреля 2021г.

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета протокол № 8 от 22 апреля 2021 г.

Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Программа рассмотрена на заседании кафедры агроинженерии и электроэнергетики, протокол № 9 от 10 июня 2021 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 11 от 15 июня 2021г.

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета протокол № 12 от 30 июня 2021 г.

Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Программа рассмотрена на заседании кафедры агроинженерии и электроэнергетики. Протокол № 9 от 6 июня 2023 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 10 от 19 июня 2023 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета протокол № 10 от 22 июня 2023 г.

Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Программа рассмотрена на заседании кафедры агроинженерии и электроэнергетики. Протокол № 10 от 13 мая 2024 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 9 от 20 мая 2024 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета протокол № 18 от 28 мая 2024 г.

Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Программа рассмотрена на заседании кафедры агроинженерии и электроэнергетики, протокол № 8 от 7 апреля 2025 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 8 от 14 апреля 2025 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета протокол № 8 от 23 апреля 2025 г.

Оригинал документа хранится на кафедре агроинженерии и электроэнергетики.