

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»**

«УТВЕРЖДАЮ»
Декаан агроинженерного факультета
Оробинский В.И.



«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.06 «**Электрические машины**»
для направления 35.03.06 «**Агроинженерия**»,
профиль «**Электрооборудование и электротехнологии в АПК**» –
прикладной бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Факультет агроинженерный

Кафедра электротехники и автоматики

Преподаватели, подготовившие рабочую программу:

к.т.н., доцент Прибылова Н.В.

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2015г. № 1172 и зарегистрированным в Министерстве юстиции Российской Федерации 12 ноября 2015 г, регистрационный номер №39687.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры электротехники и автоматики (протокол № 010113-01 от 30 августа 2017 г.)

Заведующий кафедрой



Д.Н. Афоничев

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией агроинженерного факультета (протокол № 010100-01 от 30 августа 2017 г.)

Председатель методической комиссии



О.М. Костиков

Рецензент:

старший научный сотрудник ЗАО «МЭЛ»,
кандидат технических наук **Хомяк Виктор Андреевич**

1. Предмет. Цели и задачи дисциплины, её место в структуре образовательной программы

Предмет дисциплины - электромеханические преобразователи энергии, которые составляют основное оборудование при электрификации и автоматизации технологических процессов, как в промышленности, так и в сельском хозяйстве.

Цель дисциплины: формирование у студентов теоретической базы по современным электромеханическим преобразователям энергии, которая позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины: знакомство с конструкцией и принципом действия электрических машин и трансформаторов, изучение физической сущности процессов, происходящих при различных режимах работы, особенностей различного рода электрических машин, трансформаторов и их эксплуатационных свойств.

Место дисциплины в структуре образовательной программы – Б1.В.06.

Данная дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части образовательной программы по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК»).

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-5	Готовность к участию в проектировании технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов	<ul style="list-style-type: none"> - знать общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии и тенденции развития электрических машин как основного электрооборудования в АПК; - уметь рассчитывать и анализировать параметры и основные характеристики электрических машин и трансформаторов применительно к потребностям агропромышленного комплекса; - иметь навыки работы со справочной и нормативно-технической документацией применительно к электрическим машинам и трансформаторам как основному электрооборудованию в АПК.
ПК-8	Готовность к профессиональной эксплуатации машин, технологического оборудования и электроустановок	<ul style="list-style-type: none"> - знать конструктивные исполнения, параметры и режимы работы электрических машин, основные характеристики электрических двигателей, генераторов и преобразователей, эксплуатационные требования к ним; - уметь самостоятельно решать задачи, возникающие в процессе эксплуатации электромеханических преобразователей энергии – основного электрооборудования в АПК; - иметь навыки подключения, расчета и выбора электрических машин и трансформаторов для реализации технологий сельскохозяйственного производства.

3. Объём дисциплины и виды учебной работы

Виды работ	Очная форма обучения			Заочная форма обучения
	всего зач.ед./ часов	объём часов		всего часов
		4 семестр	5 семестр	
Общая трудоёмкость дисциплины	5/180	3/108	2/72	5/180
Общая контактная работа*	77,4	50,65	26,75	21,4
Общая самостоятельная работа (по учебному плану)	102,6	57,35	45,25	158,6
Контактная работа** при проведении учебных занятий, в т.ч.	77	50,5	26,5	21
лекции	32	18	14	8
практические занятия				
лабораторные работы	44	32	12	12
групповые консультации	1	0,5	0,5	1
Самостоятельная работа при проведении учебных занятий ***	76	48,5	27,5	132
Контактная работа текущего контроля, в т.ч.				
защита контрольной работы				
защита расчетно-графической работы				
Самостоятельная работа текущего контроля, в т.ч.				
выполнение контрольной работы				
Выполнение расчетно-графической работы				
Контактная работа промежуточной аттестации обучающихся (КТР), в т.ч.	0,4	0,15	0,25	0,4
курсовая работа				
курсовой проект				
зачет	0,15	0,15		0,15
экзамен	0,25		0,25	0,25
Самостоятельная работа при промежуточной аттестации, в т.ч.	26,6	8,85	17,75	26,6
выполнение курсового проекта				
Выполнение курсовой работы				
подготовка к зачету	8,85	8,85		8,85
подготовка к экзамену	17,75		17,75	17,75
Вид промежуточной аттестации (зачёт, экзамен, курсовой проект (работа))	зачёт, экзамен	зачёт	экзамен	зачёт, экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план)

№ п/п	Раздел дисциплины	Л	СЗ	ПЗ	ЛР	СР
очная форма обучения						
1.	Трансформаторы	10	–	–	12	22
2.	Асинхронные машины	10	–	–	12	22
3.	Синхронные машины	8	–	–	12	18
4.	Машины постоянного тока	4	–	–	8	14
заочная форма обучения						
1.	Трансформаторы	2	–	–	2	36
2.	Асинхронные машины	2	–	–	4	38
3.	Синхронные машины	2	–	–	4	32
4.	Машины постоянного тока	2	–	–	2	26

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение в электромеханику. Значение электрических машин и трансформаторов для электрификации и автоматизации сельского хозяйства и для электроэнергетики в целом. Краткая история развития электрических машин и трансформаторов и задачи электромашиностроения на современном этапе. Материалы, применяемые в электромашиностроении. Основные типы электрических машин и общие принципы их устройства. Электромеханическое преобразование энергии в электрической машине. Преобразование электрической энергии в трансформаторе. Основные законы электротехники, в соответствии с которыми осуществляется электромеханическое преобразование энергии.

4.2.1. Трансформаторы

Области применения и конструкции трансформаторов. Назначение, области применения, принцип действия и номинальные данные трансформаторов. Устройство магнитных систем, обмоток, баков и других элементов конструкции трансформаторов. Особенности устройства трансформаторов малой и большой мощности.

Процессы в трансформаторе при холостом ходе. Основное магнитное поле и поле рассеяния. Формулы для ЭДС. Характеристика намагничивания. Магнитные потери. Сопротивление взаимной индукции.

Процессы в трансформаторе при нагрузке. Магнитное поле при нагрузке. Индуктивности рассеяния обмоток. Намагничивающий ток и уравнение равновесия МДС. Уравнения равновесия напряжений обмоток. Приведение вторичных величин к первичной обмотке. Электрическая схема замещения трансформатора и векторная диаграмма. Определение параметров и потерь из опытов холостого хода и короткого замыкания.

Эксплуатационные характеристики трансформаторов при нагрузке. Зависимость напряжения и КПД от нагрузки. Регулирование напряжения трансформаторов с отключением от сети и при нагрузке.

Схемы и группы соединения трансформаторов. Явления, возникающие при намагничивании магнитопроводов трансформаторов. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов. Формы кривых намагничивающего тока, потока, ЭДС и напряжений. Процессы в трехфазном трансформаторе при симметричной нагрузке.

Параллельная работа трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. Оценка возможных уравнивающих токов, распределение нагрузки между трансформаторами.

Автотрансформаторы. Конструктивные особенности и схемы автотрансформаторов. Преимущества и недостатки автотрансформаторов по сравнению с обычными трансформаторами. Области применения.

Многообмоточные трансформаторы. Уравнения равновесия напряжений и МДС. Схема замещения и векторная диаграмма. Изменение вторичных напряжений. Соотношение между мощностями обмоток. Области применения трансформаторов.

Несимметричные режимы трансформаторов. Токи и потоки нулевой последовательности в трансформаторах с различной конструкцией магнитопровода. Схема замещения и сопротивление трансформатора для токов нулевой последовательности. Работа трансформатора с различными схемами соединения обмоток при несимметричной нагрузке.

Переходные процессы в трансформаторах. Особенности работы трансформатора при переходном процессе. Включение в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой. Внезапное короткое замыкание на зажимах вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Электродинамические силы, возникающие при внезапном коротком замыкании. Витковое короткое замыкание в трансформаторе. Нагревание и охлаждение трансформаторов.

Трансформаторы специального назначения. Измерительные трансформаторы. Трансформаторы для преобразования частоты и числа фаз. Трансформаторы с плавным регулированием напряжения. Трансформаторы для дуговой электросварки. Трансформаторы для выпрямительных установок.

Технические данные и тенденции развития силовых трансформаторов. Стандартизация в трансформаторостроении. Технические данные и тенденции развития трансформаторов.

4.2.2. Асинхронные машины

Режимы работы, области применения и конструкции асинхронных машин. Назначение, области применения и принцип действия асинхронных машин. Устройство активной части и конструктивных элементов. Исполнение асинхронных машин по степени защиты. Особенности устройства двигателей единых серий. Асинхронная машина – обобщенный трансформатор. Преобразование вида энергии, величины напряжения, частоты напряжения, фазы напряжения и числа фаз.

Векторная диаграмма и схемы замещения асинхронной машины. Параметры асинхронной машины. Уравнения равновесия напряжений и МДС. Векторная диаграмма. Т-образная и Г-образная электрические схемы замещения, параметры схем.

Опыты холостого хода и короткого замыкания асинхронной машины. Характеристики холостого хода и короткого замыкания. Опытное определение параметров схемы замещения. Разделение потерь холостого хода.

Круговая диаграмма и рабочие характеристики асинхронной машины. Энергетическая диаграмма. Построение круговой диаграммы по данным опытов холостого хода и короткого замыкания. Определение рабочих характеристик по круговой диаграмме. Распределение активной мощности.

Электромагнитный момент асинхронной машины. Устойчивость работы асинхронного двигателя. Механическая характеристика асинхронной машины. Зависимость момента от скольжения. Перегрузочная способность двигателя.

Пуск и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя. Пуск двигателей с фазным ротором и с короткозамкнутым типа "беличья клетка". Регулировочные свойства двигателя и способы регулирования частоты вращения.

Генераторный, тормозной и трансформаторный режимы работы асинхронной машины. Работа асинхронного генератора в автономной системе. Условия самовозбуждения. Режим противовключения. Индукционный регулятор, фазорегулятор.

Однофазные двигатели. Способы создания пускового момента. Однофазный конденсаторный двигатель. Трехфазный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором.

Асинхронные машины автоматических устройств. Исполнительные двигатели. Тахогенератор. Сельсины. Поворотные трансформаторы.

Серии асинхронных двигателей и эксплуатационные требования. Характеристика единых серий: А и АО, А2 и АО2, 4А, АИ, РА, 5А и др. Обозначение типов двигателей.

4.2.3. Синхронные машины

Режимы работы, области применения и конструкции синхронных машин. Назначение, области применения и принцип действия синхронных машин. Устройство активной части и конструктивных элементов. Системы возбуждения. Особенности устройства явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин.

Магнитное поле синхронной машины при холостом ходе и нагрузке. Реакция якоря. Магнитное поле обмотки возбуждения. Результирующее магнитное поле при различном характере нагрузки.

Параметры синхронных машин в установившемся режиме и характеристики синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку. Индуктивные сопротивления явнополюсной и неявнополюсной синхронной машины. Характеристика холостого хода, индукционная нагрузочная, внешняя, регулировочная и характеристика короткого замыкания.

Векторные диаграммы синхронных генераторов. Векторные диаграммы явнополюсных и неявнополюсных синхронных генераторов.

Параллельная работа синхронных машин. Включение на параллельную работу синхронных генераторов с сетью бесконечно большой мощности. Особенности работы генератора с сетью. Параллельная работа синхронных генераторов соизмеримой мощности.

Характеристики синхронного генератора, работающего параллельно с сетью бесконечно большой мощности. Угловая характеристика. U -образные характеристики. Регулирование активной и реактивной мощности.

Синхронные двигатели и синхронный компенсатор. Угловая характеристика и U -образные характеристики двигателя. Рабочие характеристики двигателя. Сопоставление асинхронного и синхронного двигателей. Назначение и U -образная характеристика компенсатора.

Переходные процессы в синхронных машинах. Несимметричные короткие замыкания. Переходный процесс при симметричном трехфазном коротком замыкании. Параметры синхронной машины по продольной и поперечной осям. Ударное значение тока короткого замыкания. Влияние реакции якоря при несимметричных коротких замыканиях. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей синхронной машины.

Специальные синхронные машины. Синхронные генераторы для дизель-генераторных установок. Автомобильные и тракторные генераторы. Индукторный генератор. Шаговый, реактивный и гистерезисный двигатели.

Серии синхронных машин и эксплуатационные требования. Технические данные турбогенераторов, гидрогенераторов, генераторов общего назначения, синхронных компенсаторов и синхронных двигателей.

4.2.4. Машины постоянного тока

Режимы работы, области применения и конструкции машин постоянного тока. Назначение, области применения и принцип действия машин постоянного тока. Устройство активной части и конструктивных элементов. Коллектор – механический преобразователь частоты.

Обмотки якорей машин постоянного тока. Радиальная, развернутая и электрическая схемы обмоток. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент.

Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и нагрузке. Реакция якоря. Магнитное поле обмотки возбуждения. Магнитное поле обмотки якоря. Результирующее поле. Действие реакции якоря при различном положении щеток на коллекторе.

Коммутация и способы ее улучшения. Прямолинейная и криволинейная коммутация. Реактивная ЭДС и ЭДС вращения. Способы уменьшения добавочного тока в коммутируемой секции обмотки якоря.

Характеристики генераторов постоянного тока. Энергетическая диаграмма. Схемы возбуждения генераторов. Энергетическая диаграмма. Характеристика холостого хода, нагрузочная, внешняя, регулировочная и характеристика короткого замыкания. Параллельная работа генераторов.

Характеристики двигателей постоянного тока. Энергетическая диаграмма. Механическая характеристика и устойчивость работы. Энергетическая диаграмма. Рабочие характеристики. Механическая характеристика при различных способах возбуждения и устойчивость работы.

Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Прямой пуск, пуск с помощью пускового реостата и при пониженном напряжении. Регулирование частоты вращения изменением напряжения, введением сопротивления в цепь обмотки якоря и изменением потока возбуждения. Сопоставление двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей.

Специальные машины постоянного тока. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительные двигатели постоянного тока. Магнетогидродинамический генератор. Тахогенератор. Электромашинный усилитель. Униполярный генератор. Вентильные двигатели.

Серии машин постоянного тока и эксплуатационные требования. Характеристика серий двигателей постоянного тока общего назначения 2П и 4П и др. Обозначение типов двигателей.

Особенности развития электромашиностроения на современном этапе.

4.3. Перечень тем лекций

№ п/п	Тема лекции	Объём, ч	
		форма обучения	
		очная	заочная
1. Трансформаторы			
1.	Введение. Основные законы электромеханики. Принцип действия и устройство трансформаторов.	2	0,5
2.	Основные уравнения трансформатора. Приведённый трансформатор и схема замещения. Векторная диаграмма.	2	0,5
3.	Опытное определение параметров трансформатора. Внешние характеристики. Потери и КПД.	2	0,5
4.	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения обмоток. Параллельная работа трансформаторов.	2	0,5
5.	Специальные типы трансформаторов. Технические данные и тенденции развития.	2	-
2. Асинхронные машины			
6.	Назначение, устройство и принцип действия АД. Основные уравнения АД. Векторная диаграмма и схема замещения.	2	0,5
7.	Потери и КПД АД. Электромагнитный момент и механические характеристики АД. Рабочие характеристики.	2	0,5
8.	Способы пуска и регулирования частоты вращения АД.	2	0,5
9.	Режимы работы асинхронной машины. Однофазные и конденсаторные АД.	2	0,5
10.	АМ специального назначения. Основные типы серийно выпускаемых АД.	2	-
3. Синхронные машины			
11.	Принцип действия и устройство синхронных машин. Системы возбуждения. Реакция якоря.	2	1
12.	Характеристики СГ, работающего на индивидуальную нагрузку. Потери и КПД.	2	0,5
13.	Параллельная работа синхронных генераторов.	2	0,5
14.	Синхронный двигатель и синхронный компенсатор.	2	-
4. Машины постоянного тока			
15.	Принцип действия и устройство машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент вращения МПТ.	2	1
16.	Реакция якоря МПТ. Коммутация в машинах постоянного тока.	2	1
Всего		32	8

4.4. Перечень практических занятий (семинаров)

Не предусмотрены.

4.5. Перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Тема лабораторной работы	Объём, ч	
		форма обучения	
		очная	заочная
Трансформаторы			
1.	Изучение устройства и принципа действия трансформатора	2	–
2.	Исследование однофазного двухобмоточного трансформатора методом холостого хода и короткого замыкания	2	2
3.	Исследование однофазного трансформатора при нагрузке	2	–
4.	Опытное определение групп соединения трёхфазного двухобмоточного трансформатора	2	–
5.	Исследование параллельной работы трёхфазных двухобмоточных трансформаторов	2	–
Асинхронные машины			
6.	Изучение конструкции и принципа действия трёхфазного асинхронного двигателя	2	–
7.	Определение рабочих характеристик и механической характеристики трёхфазного АД с короткозамкнутым ротором	2	2
8.	Определение рабочих характеристик и механической характеристики трёхфазного АД с фазным ротором	2	–
9.	Снятие и определение характеристик холостого хода и короткого замыкания трёхфазного АД с к.з. ротором	2	–
10.	Исследование способов пуска трёхфазных АД с короткозамкнутым ротором	2	-
11.	Исследование способов регулирования частоты вращения АД с короткозамкнутым ротором	2	2
Синхронные машины			
12.	Устройство и принцип действия синхронных машин	2	2
13.	Испытание трёхфазного синхронного генератора	2	2
14.	Подключение к сети трёхфазного синхронного генератора методом точной синхронизации и самосинхронизации	4	–
15.	Снятие угловых характеристик трёхфазного синхронного генератора	2	–
16.	Снятие U-образной характеристики трёхфазного синхронного двигателя	2	–
Машины постоянного тока			
17.	Изучение устройства и принципа действия машин постоянного тока	2	2
18.	Определение рабочих характеристик и механической характеристики ДПТ с независимым возбуждением	4	–
19.	Определение характеристик генератора постоянного тока независимого возбуждения	4	–
Всего		44	12

4.6. Виды самостоятельной работы студентов и перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

4.6.1. Подготовка к аудиторным занятиям

Подготовка к аудиторным занятиям по дисциплине заключается в закреплении и расширении полученных знаний и навыков.

Необходимые методические материалы и специальная литература имеются в библиотеке университета.

4.6.2. Перечень тем курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

4.6.3. Перечень тем рефератов, расчётно-графических работ

№ п/п	Тема реферата
1.	Несимметричные режимы трансформаторов
2.	Переходные процессы в трансформаторах
3.	Многообмоточные трансформаторы
4.	Трансформаторы специального назначения
5.	Обмотки электрических машин переменного тока
6.	Индукционный регулятор и фазорегулятор
7.	АМ автоматических устройств: исполнительные двигатели, тахогенераторы, сельсины, поворотные трансформаторы
8.	Системы возбуждения синхронных машин
9.	Характеристики синхронного двигателя. Назначение и U-образная характеристика синхронного компенсатора
10.	Переходные процессы в синхронных машинах. Несимметричные короткие замыкания
11.	Специальные синхронные машины: автомобильные и тракторные генераторы, индукторный генератор, шаговый реактивный и гистерезисный двигатели
12.	Якорные обмотки машин постоянного тока
13.	Способы пуска ДПТ
14.	Способы регулирования частоты вращения ДПТ
15.	Специальные машины постоянного тока

4.6.4. Перечень тем и учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Объём, ч	
			форма обучения	
1	2	3	4	5
1. Трансформаторы				
1.	Введение. Основные законы электромеханики. Принцип действия и устройство трансформаторов	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: Учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 . С.9-13, 63-72.		2
2.	Процессы в трансформаторе при холостом ходе	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: Учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 74-78.	2	2
3.	Основные уравнения трансформатора. Приведённый трансформатор и схема замещения. Векторная диаграмма	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 151-162.	4	6
4.	Опытное определение параметров трансформатора. Опыты холостого хода и короткого замыкания	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 74-84.		2
5.	Внешние характеристики. Потери и КПД	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 87-91.		2
6.	Явления, возникающие при намагничивании магнитопроводов трансформаторов	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 194-199.	2	2
7.	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения обмоток. Параллельная работа трансформаторов	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 162-164, 189-194, 204-206.		4

1	2	3	4	5
8.	Несимметричные режимы трансформаторов	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 96-102.	4	4
9.	Переходные процессы в трансформаторах	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 231-241.	4	4
10.	Многообмоточные трансформаторы	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 206-213.	2	2
11.	Трансформаторы специального назначения	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С.102-108.	4	6
2. Асинхронные машины				
12.	Общие вопросы машин переменного тока	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 108-128.	2	2
13.	Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 128-134.	2	2
14.	Обмотки электрических машин переменного тока	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 282-289.	4	4
15.	Векторная диаграмма и схемы замещения АМ	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 289-299.	2	4

1	2	3	4	5
16.	Круговая диаграмма АМ. Рабочие характеристики	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 299-314.	4	4
17.	Электромагнитный момент и механические характеристики АД	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 139-146.		2
18.	Пуск асинхронных двигателей	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 146-149.		2
19.	Регулирование скорости АД. Особенности работы АД при питании от преобразователя частоты	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 149-161.		4
20.	Работа асинхронных двигателей при ненормальных условиях. Несимметричные режимы работы АД	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 161-165.	2	4
21.	Однофазные и конденсаторные АД	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 165-169.		2
22.	АМ автоматических устройств: исполнительные двигатели, тахогенераторы, сельсины, поворотные трансформаторы	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 396-406.	4	6
23.	Линейные асинхронные двигатели	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 169-179.	2	2

1	2	3	4	5
3. Синхронные машины				
24.	Принцип действия и устройство синхронных машин	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 416-435.		2
25.	Системы возбуждения синхронных машин	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 512-516.	4	4
26.	Реакция якоря в синхронных машинах	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 443-447.	2	4
27.	Векторные диаграммы СГ	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 191-194.	2	4
28.	Характеристики СГ, работающего на индивидуальную нагрузку.	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 194-197.		2
29.	Параллельная работа синхронных генераторов	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 197-203.	2	6
30.	Синхронный двигатель. Синхронный компенсатор	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 203-210.	2	4

1	2	3	4	5
31.	Специальные синхронные машины: автомобильные и тракторные генераторы, индукторный генератор, шаговый реактивный и гистерезисный двигатели	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblionline.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 516-529.	6	6
4. Машины постоянного тока				
32.	Принцип действия и устройство машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент вращения МПТ	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 210-217, 227-229.		2
33.	Реакция якоря МПТ. Коммутация в машинах постоянного тока	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 217-227, 229-232.		4
34.	Якорные обмотки машин постоянного тока	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblionline.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 553-559.	2	2
35.	Генераторы постоянного тока	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 232-236.	4	6
36.	Двигатели постоянного тока	Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]: учебник / А.П. Епифанов. – Москва: издательство «Лань», 2006. – 272 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591 С. 236-246.	4	6
37.	Специальные машины постоянного тока	Копылов, И.П. Электрические машины: [электронный ресурс]: Учебник / Копылов И.П. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 675. Режим доступа: http://www.biblionline.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub С. 609-625.	4	6
Всего:			76	132

4.6.5. Другие виды самостоятельной работы студентов

Не предусмотрены.

4.7. Перечень тем и видов занятий, проводимых в интерактивной форме

Таблица 6 – Перечень тем и видов занятий, проводимых в интерактивной форме

№ п/п	Форма занятия	Тема занятия	Интерактивный метод	Объём, ч
<i>Интерактивные методы на лекциях</i>				
1	Лекция	В начале каждой темы	Разминка	2
2.	Лекция	Устройство, принцип действия и режимы работы трехфазных асинхронных электродвигателей	Лекция с обратной связью	2
3.	Лекция	Устройство и принцип действия трансформаторов	Просмотр и обсуждение видеофильмов	2
4.	Лекция	См. подраздел 6.2.3.	Презентация с обсуждением	22
5.	Лекция	Реакция якоря МПТ. Коммутация в машинах постоянного тока	Лекция с заранее объявленными ошибками	2
<i>Интерактивные методы в лабораторном практикуме</i>				
6.	Лабораторная работа	В начале каждой лабораторной работы	Разминка	2
7.	Лабораторная работа	Исследование параллельной работы трёхфазных двухобмоточных трансформаторов	Моделирование производственных процессов и ситуаций	2
8.	Лабораторная работа	Изучение устройства и принципа действия машин постоянного тока	Коллективные решения творческих задач	2

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Полное описание фонда оценочных средств текущей и промежуточной аттестации обучающихся с перечнем компетенций, описанием показателей и критериев оценивания компетенций, шкал оценивания, типовые контрольные задания и методические материалы представлены в фонде оценочных средств по данной дисциплине (в виде отдельного документа).

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№ п/п	Автор	Заглавие	Гриф издания	Издательство	Год издания	Кол-во экз. в библи.
1.	Епифанов, А.П.	Электрические машины [электронный ресурс]: учебник http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=591	УМО	М.: изд. Лань	2006	
2.	Копылов, И.П.	Электрические машины: [электронный ресурс]: учебник http://www.biblio-online.ru/thematic/?id=urait.content.B151CA8C-E848-4C61-AD69-C545F42C1C5F&type=c_pub	УМО ВО	М.: изд. Юрайт	2016	
3.	Встовский, Л.А.	Электрические машины [электронный ресурс]: учеб. пособие http://znanium.com/go.php?id=492153	УМО	Красноярск: Сиб. федер. ун-т	2013	
4.	Муравьев, В.М.	Электрические машины [электронный ресурс]: сборник тестовых задач http://znanium.com/go.php?id=404479	УМО	МГАВТ	2005	

6.1.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор	Заглавие	Издательство	Год издания
1.	Епифанов, А.П.	Электромеханические преобразователи энергии [электронный ресурс]: учеб. пособие http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=601	М.: изд. Лань	2004
2.	Алиев, И.И.	Справочник по электротехнике и электрооборудованию: учеб. пособие для студентов вузов	Ростов н/Д : Феникс	2002
3.		Журнал «Электричество»		
4.		Журнал «Техника и оборудование для села»		

6.1.3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

№ п/п	Номер заказа	Автор	Заглавие	Издательство	Год издания
1.	10371	Прибылова, Н. В., Коробов, Г. В., Титова, Л. А.	Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электрические машины" для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 35.03.06 (110800) - "Агроинженерия" для профиля "Электрооборудование и электротехнологии в АПК" и специальности 110302- "Электрификация и автоматизация сельского хозяйства", часть первая – «Трансформаторы»	Воронеж: ВГАУ	2014
2.	2094R	Титова, Л. А., Коробов, Г. В., Козлов, Д. Г.	Методические указания по лабораторным работам по дисциплине «Электрические машины» для студентов специальности 110302– «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» очной и заочной формы обучения, часть вторая	Воронеж: ВГАУ	2010
3.	5175	Титова, Л. А., Прибылова, Н. В., Коробов, Г. В.	Методические указания по лабораторным работам по дисциплине «Электрические машины» для студентов специальностей 110302 – «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» и 110304 – «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» очной и заочной форм обучения, часть третья – «Устройство и принцип действия электрических машин»	Воронеж: ВГАУ	2011
4.	10372	Прибылова, Н. В., Коробов, Г. В., Аксенов, И. И.	Методические указания по изучению курса и выполнению контрольной работы по дисциплине "Электрические машины" для студентов заочной формы обучения по направлению 35.03.06 (110800) - "Агроинженерия" для профиля "Электрооборудование и электротехнологии в АПК" и специальности 110302 - "Электрификация и автоматизация сельского хозяйства"	Воронеж: ВГАУ	2014

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

1. Механизация и электрификация сельского хозяйства. – URL: http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.21.8.

2. Техника в сельском хозяйстве. – URL: <http://ores.su/ru/journals/tehnika-v-selskom-hozyajstve>.

3. The Institute of Physics. – URL: <http://www.iop.org>.

4. Он-лайн библиотека: www.twirpx.com.

5. Патентно-информационные ресурсы Роспатента: www.fips.ru.

6. Электронные полнотекстовые ресурсы Научной библиотеки ВГАУ (<http://library.vsau.ru>):

Наименование ресурса	Сведения о правообладателе	Адрес в сети Интернет
ЭБС «Znanium.com»	ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»	http://znanium.com
ЭБС издательства «Лань»	ООО «Издательство Лань»	http://e.lanbook.com
ЭБС издательства «Перспектива науки»	ООО «Перспектива науки»	www.prospektnauki.ru
ЭБС «Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ»	ООО «ТРАНСЛОГ»	http://rucont.ru/
Электронные информационные ресурсы ФГБНУ ЦНСХБ (терминал удаленного доступа)	Федеральное гос. бюджетное учреждение «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека»	http://www.cnsbh.ru/terminal/
Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU	ООО «РУНЭБ»	www.elibrary.ru
Электронный архив журналов зарубежных издательств	НП «Национальный Электронно-Информационный Консорциум»	http://archive.neicon.ru/
Национальная электронная библиотека	Российская государственная библиотека	https://нэб.рф/

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

6.3.1. Компьютерные обучающие и контролирующие программы

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Функция программного обеспечения		
			контроль	моделирующая	обучающая
1.	Лабораторные занятия, лекции	PowerPoint, Word, Excel, ИСС Кодекс"/"Техэксперт"			+
2.	Самостоятельная работа	Internet Explorer, ИСС "Кодекс"/"Техэксперт"			+
3.	Промежуточный контроль	АСТ-Тест	+		

6.3.2. Аудио- и видеопособия

№ п/п	Вид пособия	Наименование пособия
1.	Видео-пособие	Комплект электронных плакатов по курсу «Электрические машины»
2.	Видео-пособие	Учебный фильм «Трёхфазные асинхронные двигатели»
3.	Видео-пособие	Учебный фильм «Линейные электродвигатели»
4.	Видео-пособие	Учебный фильм «Шаговые электродвигатели»
5.	Видео-пособие	Учебный фильм «Электромагнитная индукция»
6.	Видео-пособие	Учебный фильм «Трансформаторы»
7.	Видео-пособие	Учебный фильм «Применение электромагнитных устройств»

6.2.3. Компьютерные презентации учебных курсов

№ п/п	Тема лекции
1.	Основные законы электромеханики. Принцип действия и устройство трансформаторов
2.	Основные уравнения трансформатора. Приведённый трансформатор и схема замещения. Векторная диаграмма
3.	Внешние характеристики трансформаторов. Потери и КПД
4.	Назначение, устройство и принцип действия АД. Схема замещения
5.	Потери и КПД АД. Рабочие характеристики
6.	Принцип действия и устройство синхронных машин. Реакция якоря
7.	Характеристики СГ, работающего на индивидуальную нагрузку
8.	Принцип действия и устройство машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент вращения МПТ
9.	Реакция якоря МПТ. Коммутация в машинах постоянного тока
10.	Характеристики ГПТ независимого (параллельного) возбуждения
11.	Характеристики ДПТ независимого (параллельного) возбуждения. Пуск и регулирование частоты вращения ДПТ

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий	Перечень основного оборудования, приборов и материалов
1	Лекционная аудитория (№124, мод.)	Видеопроекционное оборудование для презентаций, средства звуковоспроизведения, экран.
2	Аудитория для проведения лабораторных и практических занятий (№224, модуль)	Лабораторные стенды по электрическим машинам, электродвигатели, комплекты плакатов
3	Аудитории для текущего контроля и промежуточной аттестации (№309, м.к.)	15 компьютеров в каждой аудитории с программой промежуточного и текущего тестирования AST-TestPlayer 3.1.3
4	Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций (ауд. №308 м.к., №222, 223 мод.)	6 компьютеров, 2 принтера, 2 сканера
5	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (№309 м.к., читальный зал ауд. 232а, читальный зал научной библиотеки)	50 компьютеров с выходом в локальную сеть и Интернет, с доступом в электронную информационно-образовательную среду Университета, профессиональным базам данных ИСС "Кодекс"/"Техэксперт", Гарант, Консультант+, Компас, электронным учебно-методическим материалам, библиотечному электронному каталогу.
6	Помещение для хранения и профилактического обслуживания уч. оборудования (№301а м.к., 123 мод; отдел оперативного обеспечения учебного процесса ауд. 115а)	Специализированное оборудование для обслуживания и ремонта учебного оборудования; специализированное оборудование для ремонта компьютеров и оргтехники

8. Междисциплинарные связи**Протокол**

согласования рабочей программы с другими дисциплинами специальности

Наименование дисциплины, с которой проводилось согласование	Кафедра, с которой проводилось согласование	Предложения об изменениях в рабочей программе. Заключение об итогах согласования
ТОЭ	Электротехники и автоматики	Нет Согласовано
Конструкции электрооборудования	Электротехники и автоматики	Нет Согласовано
Электропривод	Электротехники и автоматики	Нет Согласовано

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Лист периодических проверок рабочей программы

Должностное лицо, проводившее проверку: Ф.И.О., должность, подпись	Дата	Перечень компонентов рабочей программы, требующих корректировки	Вид корректировки
Афоничев Д.Н., зав. кафедрой электротехники и автоматики 	30.08.2017	Нет Рабочая программа актуализирована для 2017-2018 учебного года	нет
Афоничев Д.Н., зав. кафедрой электротехники и автоматики 	27.06.2018	Нет Рабочая программа актуализирована для 2018-2019 учебного года	нет
Афоничев Д.Н., зав. кафедрой электротехники и автоматики 	28.05.2019	Нет Рабочая программа актуализирована для 2019-2020 учебного года	нет
Афоничев Д.Н., зав. кафедрой электротехники и автоматики 	27.05.2020	Нет Рабочая программа актуализирована для 2020-2021 учебного года	нет
Афоничев Д.Н., зав. кафедрой электротехники и автоматики 	27.05.2021	Нет Рабочая программа актуализирована для 2021-2022 учебного года	нет
Афоничев Д.Н., зав. кафедрой электротехники и автоматики 	13.05.2022	Нет Рабочая программа актуализирована для 2022-2023 учебного года	нет