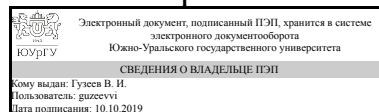


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Машиностроения



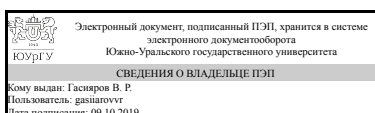
В. И. Гузеев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
к ОП ВО от 26.06.2019 №084-2173**

**дисциплины В.1.12 Электрические машины  
для направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
уровень бакалавр тип программы Прикладной бакалавриат  
профиль подготовки Мехатронные системы в автоматизированном производстве  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Мехатроника и автоматизация**

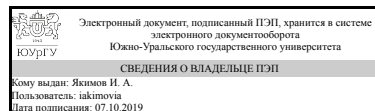
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.03.2015 № 206

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н.



В. Р. Гасияров

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



И. А. Якимов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса «Электрические машины» является изучение различных электромеханических преобразователей энергии и подготовка студентов по направлению 15.03.06 "Мехатроника и робототехника" к самостоятельной профессиональной деятельности в области современных мехатронных систем в автоматизированном производстве. Задачами курса «Электрические машины» являются: 1. Получение информационных сведений об электрических машинах по принципу действия, устройству, физическим явлениям и их закономерностям, новым перспективным направлениям развития и применения электрических машин; 2. Изучение методов теоретического и экспериментального исследования, расчета и проектирования электрических машин; 3. Выработать умение применять полученные знания при изучении дальнейших курсов и в будущей самостоятельной профессиональной деятельности.

## Краткое содержание дисциплины

Курс данной дисциплины раскрывает принцип действия, основные характеристики и параметры электрических генераторов, двигателей постоянного тока, общие вопросы теории машин переменного тока, в том числе асинхронные и синхронные двигатели. Также рассматривается принцип действия и основные законы работы трансформаторов их режимы и свойства.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОПК-6 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знать: принцип действия современных типов электрических машин постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики.
	Уметь: использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электрических машин.
	Владеть: навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электрических машин
ПК-28 способностью участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	Знать: рабочую и техническую документацию ввода в эксплуатацию электрических машин мехатронных систем и комплексов
	Уметь: осуществлять анализ электромеханических и механических характеристик, энергетических параметров электрических машин
	Владеть: навыками инженерного расчета основных параметров и характеристик электрических машин

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
ДВ.1.08.01 Материаловедение, Б.1.21 Электротехника, Б.1.10 Алгебра и геометрия, Б.1.13 Физика	ДВ.1.04.02 Мехатронные системы в автоматизированном производстве (в металлургии), В.1.16 Электрические и гидравлические приводы мехатронных устройств, ДВ.1.04.01 Мехатронные системы в автоматизированном производстве (в машиностроении), Производственная практика (6 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.13 Физика	Студент должен обладать знаниями в области основных физических законов электромагнетизма и электродинамики. Должен обладать умениями и навыками аналитически мыслить и грамотно применять имеющиеся знания по отношению к новому объекту познаний
ДВ.1.08.01 Материаловедение	Студент должен знать основные свойства материалов в качестве компонентов электротехнического и электроэнергетического оборудования. Уметь объяснять физическую сущность явлений при электрическом пробое, потерь в диэлектриках их эксплуатационные свойства. Должен владеть навыками анализа физических процессов в магнитных материалах, иметь представления о потерях активной мощности и способах их снижения
Б.1.21 Электротехника	Студент должен знать основные понятия и законы теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей, методы анализа и расчёта линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока в стационарных и переходных режимах. Студент должен уметь выбирать соответствующие методы расчёта электрических цепей, выявлять физическую сущность явлений и процессов в различных электротехнических устройствах и выполнять применительно к ним простые технические расчёты, применять компьютерную технику для выполнения технических расчётов. Студент должен обладать навыками и методами расчёта переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях, навыками лабораторных исследований, навыками работы с основными электроизмерительными приборами, навыками работы с компьютерной техникой и

	программами для электротехнических расчётов
Б.1.10 Алгебра и геометрия	Студент должен знать определение функции, её способы задания, определения точек экстремума и экстремумов функции, уметь находить их для изученных функций, владеть методами построения графиков функций, уметь объяснить понятие решения системы уравнений, определение синуса, косинуса, тангенса и котангенса любого угла. Знать, уметь выводить и применять основные тригонометрические формулы

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60	
Подготовка к выполнению, написание отчета и подготовка к защите лабораторных работ	21	21	
Проработка лекционного материала	8	8	
Подготовка к экзамену	18	18	
Конспектирование теоретического материала вынесенного на самостоятельное изучение	13	13	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Краткая история развития электрических машин	2	2	0	0
2	Электрические машины постоянного тока	12	8	0	4
3	Трансформаторы	12	8	0	4
4	Электрические машины переменного тока	16	12	0	4
5	Специальные электрические машины	6	2	0	4

##### 5.1. Лекции

№	№	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-
---	---	---------------------------------------------------------	------

лекции	раздела		во часов
1	1	Введение. Краткая история развития электрических машин. Предмет курса «Электрические машины», его место в системе электротехнического образования. Связь курса со смежными дисциплинами. Краткие исторические сведения об электрических машинах и трансформаторах. Вклад в электротехнику и в электромашиностроение отечественных и зарубежных ученых. Классификация и основные виды электрических машин.	2
2	2	Общие вопросы электрических машин постоянного тока. Коллекторная машина постоянного тока и основные элементы ее конструкции. Магнитная цепь машины постоянного тока. Кривая намагничивания и магнитная характеристика машины. Понятие насыщения магнитной системы. (С использованием инновационной образовательной технологии "Лекция-консультация")	2
3	2	Генераторы постоянного тока. Классификация генераторов по способу возбуждения. Энергетическая диаграмма и уравнения генератора. Условия самовозбуждения. Характеристики генераторов.	2
4	2	Двигатели постоянного тока. Преобразование электрической энергии в механическую. Принцип обратимости электрических машин. Энергетическая диаграмма и уравнение ЭДС двигателя. Электро – механические характеристики двигателей. Условия устойчивой работы. (С использованием инновационной образовательной технологии "Лекция-консультация")	2
5	2	Пуск в ход и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Понятие коммутации в машинах постоянного тока с коллекторно-щеточным аппаратом. Влияние коммутации на допустимые пределы регулирования частоты вращения. Потери и к.п.д. машин постоянного тока. (С использованием инновационной образовательной технологии "Лекция-консультация")	2
6	3	Однофазные трансформаторы. Назначение, области применения трансформаторов. Классификация и конструкция трансформаторов. Принцип действия трансформатора. Процессы в трансформаторе при холостом ходе. Характеристика намагничивания. Форма кривой намагничивающего тока. Потери холостого хода. (С использованием инновационной образовательной технологии "Проблемная лекция")	2
7	3	Работа трансформатора в режиме короткого замыкания. Работа трансформатора под нагрузкой. Внешние характеристики и изменение вторичного напряжения трансформатора.	2
8	3	Трехфазные трансформаторы. Магнитные системы трехфазных трансформаторов. ЭДС трехфазных обмоток. Схемы и группы соединения трансформаторов, параллельная работа трансформаторов. (С использованием инновационной образовательной технологии "Проблемная лекция")	2
9	3	Особенности холостого хода трехфазных трансформаторов. Автотрансформаторы. Трансформаторы с плавным регулированием напряжения. Сварочные трансформаторы. Испытательные трансформаторы. Многообмоточные трансформаторы.	2
10	4	Общие вопросы машин переменного тока. Классификация, конструкция, принцип действия машин переменного тока. ЭДС обмоток машин переменного тока. Индуктивные сопротивления обмоток переменного тока.	2
11	4	Электромагнитные процессы в асинхронной машине при неподвижном и вращающемся роторе. Режим работы асинхронной машины, при заторможенном роторе. Основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения.	2
12	4	Электромагнитные мощность и момент. Механические и скоростные характеристики асинхронного двигателя. Рабочие характеристики при	2

		полном и пониженном напряжении. Построение рабочих характеристик с помощью круговых диаграмм.	
13	4	Пуск и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя. Способы пуска асинхронных двигателей. Пусковые характеристики двигателей. Двигатели с улучшенными пусковыми характеристиками. Способы регулирования частоты вращения ротора. Электромагнитные процессы и характеристики при разных способах регулирования. Тормозные режимы асинхронных двигателей. (С использованием инновационной образовательной технологии "Проблемная лекция")	2
14	4	Электромагнитные процессы в синхронной машине при холостом ходе. Электромагнитные процессы в синхронной машине при симметричной нагрузке. Реакция якоря синхронной машины. Поперечное и продольное поле якоря. Влияние поля якоря на форму кривой напряжения синхронного генератора. Параметры обмотки статора при установившемся симметричном режиме нагрузки. Векторные диаграммы синхронных генераторов. Характеристики синхронных генераторов. Условия включения синхронных генераторов на параллельную работу и методы синхронизации.	2
15	4	Статическая перегружаемость синхронных машин, понятие о статической устойчивости. U – образные характеристики синхронных машин. Синхронный двигатель. Основные энергетические соотношения и векторные диаграммы синхронного двигателя. Рабочие характеристики синхронных двигателей. Реактивные синхронные двигатели. Регулирование активной и реактивной мощности. Синхронные компенсаторы	2
16	5	Специальные электрические машины. Исполнительные двигатели постоянного и переменного тока. Тахогенераторы постоянного и переменного тока. Тихоходные двигатели с электромагнитной редукцией частоты вращения. Электродвигатели малой мощности для систем автоматики.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Лабораторная работа №1. Исследование машин постоянного тока. (С использованием инновационной технологии "Компьютерная симуляция" и "Работа в команде")	2
2	2	Защита лабораторной работы №1	2
3	3	Лабораторная работа №2. Исследование работы трансформаторов. (С использованием инновационной технологии "Компьютерная симуляция" и "Работа в команде")	2
4	3	Защита лабораторной работы №2	2
5	4	Лабораторная работа №3. Исследование машин переменного тока. (С использованием инновационной технологии "Компьютерная симуляция")	2
6	4	Защита лабораторной работы №3	2
7	5	Лабораторная работа №4. Исследование линейного двигателя. (С использованием инновационной технологии "Компьютерная симуляция")	2
8	5	Защита лабораторной работы №4	2

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к выполнению, написание отчета и подготовка к защите лабораторных работ	Основная литература: 1-2; Дополнительная литература: 1-4; Электронная учебно-методическая документация: 1-3	21
Конспектирование теоретического материала вынесенного на самостоятельное изучение	Основная литература: 1-2; Дополнительная литература: 1-4; Электронная учебно-методическая документация: 1-3	13
Подготовка к экзамену	Основная литература: 1-2; Дополнительная литература: 1-4; Электронная учебно-методическая документация: 1-3	18
Проработка лекционного материала	Основная литература: 1-2; Дополнительная литература: 1-4; Электронная учебно-методическая документация: 1-3	8

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Компьютерная симуляция	Лабораторные занятия	Имитация работы и изучение характеристик электрических машин	8
Лекции – консультации	Лекции	На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.	6
Проблемные лекции	Лекции	Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки вопроса и поиска путей его решения.	6
Работа в команде	Лабораторные занятия	Совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности.	4

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Электрические машины постоянного тока	ПК-28 способностью участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	Текущий (защита лабораторной работы)	Л.Р. №1. Задания №№1-21
Трансформаторы	ОПК-6 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Текущий (защита лабораторной работы)	Л.Р. №2. Задания №№1-27
Электрические машины переменного тока	ПК-28 способностью участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	Текущий (защита лабораторной работы)	Л.Р. №3. Задания №№1-42
Специальные электрические машины	ПК-28 способностью участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	Текущий (защита лабораторной работы)	Л.Р. №4. Задания №№1-10
Все разделы	ОПК-6 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Промежуточный(экзамен)	Экзамен. Задания №№1-45
Все разделы	ПК-28 способностью участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	Промежуточный(экзамен)	Экзамен. Задания №№46-90

## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Текущий (защита лабораторной работы)	С целью контроля знаний студентов по теме лабораторной работы и развития технически грамотной речи, преподавателем проводится личная беседа по содержанию работы, ее основных понятиях и	Зачтено: Оценка «зачтено» ставится на зачете студентам, которые верно ответили на более чем 50 % заданных вопросов, при этом уровень знаний которых соответствовал бы следующим требованиям: 1. Полное знание



	<p>закономерностях. К процедуре защиты лабораторной работы допускаются студенты, которые ее выполнили и оформили в соответствии с требованиями отчет и предоставили его к защите. Каждому студенту должно быть задано не менее трех вопросов на тему лабораторной работы. Процедура защиты лабораторных работ № 1, 2 проходит с использованием инновационной образовательной технологии "Работа в команде", остальные лабораторные работы - в традиционной форме устного опроса каждого студента.</p>	<p>лекционного материала по теме работы. 2. Знание рекомендованной литературы по теме работы. 3. Знание концептуально-понятийного аппарата по теме работы. 4. Способность самостоятельно критически оценивать основные положения. 5. Соотносить теорию с практикой. Не зачтено: Оценка «не зачтено» ставится студентам, которые ответили менее чем на 50 % заданных вопросов, при этом имеющим существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившим принципиальные ошибки при изложении материала.</p>
	<p>проводится в четвертом семестре, в форме устного ответа студента по теме вопросов, которые указаны в экзаменационном билете. К экзамену допускаются студенты, выполнившие, предоставившие отчеты и защитившие все лабораторные работы.</p>	<p>Отлично: ставится студенту, ответившему правильно на более 85 % заданных вопросов, ответ которого содержит: 1. Глубокое знание программного материала и лекционного курса. 2. Знание концептуально-понятийного аппарата всего курса. 3. Хорошее ориентирование в литературе по курсу. 4. Способность самостоятельно критически оценивать основные положения курса. 5. Хорошо соотносить теорию с практикой. Хорошо: ставится студенту, ответившему правильно на более 75 % заданных вопросов, ответ которого свидетельствует о правильном, но не всегда точным и аргументированным изложении материала, а именно: 1. О полном знании материала по программе курса. 2. О знании рекомендованной литературы. Удовлетворительно: ставится студенту, ответившему правильно на более 60 % заданных вопросов, ответ которого содержит: 1. Поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса. 2. Затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса. 3. Отмечено стремление логически четко построить ответ, а также свидетельствует о возможности последующего обучения Неудовлетворительно: ставится студенту, ответившему правильно менее чем на 60 % заданных вопросов, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала. Не даны ответы на дополнительные вопросы преподавателя, отсутствуют навыки решения стандартных задач в области</p>

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Текущий (защита лабораторной работы)	<p>Контрольные вопросы к лабораторной работе №1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сравните скоростные (электромеханические) характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.</li> <li>2. Опишите процесс регулирования скорости: а) при изменении регулировочного сопротивления в цепи якоря <math>R_{pa}</math> при <math>M_c = const</math>. б) при изменении регулировочного сопротивления в цепи возбуждения <math>R_{pb}</math> при <math>M_c = const</math>.</li> <li>3. Зависит ли ток якоря двигателя независимого возбуждения при <math>M_c = const</math>: а) от напряжения <math>U_a</math>; б) от сопротивления в цепи якоря <math>R_a</math> в) от сопротивления в цепи возбуждения <math>R_b</math>?</li> <li>4. Зависит ли ток якоря двигателя параллельного возбуждения при <math>M_c = const</math>: а) от напряжения <math>U_c</math>; б) от сопротивления в цепи якоря <math>R_a</math>; в) от сопротивления в цепи возбуждения <math>R_b</math>?</li> <li>5. От чего зависит скорость холостого хода двигателя независимого возбуждения? Как она изменится при трех способах регулирования скорости?</li> <li>6. Почему двигатель последовательного возбуждения нельзя пускать в ход без нагрузки?</li> <li>7. Рассмотрите процесс преобразования энергии в генераторном и двигательном режимах машин постоянного тока. Для обоих режимов запишите уравнение баланса мощности.</li> <li>8. Выведите уравнение электрического состояния якорной цепи генератора и двигателя постоянного тока. На электрических схемах генератора и двигателя независимого возбуждения показать направление напряжения <math>U</math>, ЭДС <math>E</math> и тока якоря <math>I_a</math>.</li> <li>9. Провести анализ влияния изменения полярности напряжений <math>U</math> и <math>U_a</math> на величину и направление напряжения <math>U</math>, ЭДС <math>E</math> и тока якоря <math>I_a</math>, электромагнитного момента <math>M_{эм}</math> для генератора и двигателя постоянного тока.</li> <li>10. Изобразите внешние характеристики генераторов независимого и параллельного возбуждения. Объясните их различие.</li> <li>11. Как влияет способ соединения обмоток генератора смешанного возбуждения (согласное или встречное) на вид внешней характеристики генератора. Изобразите характеристики и объясните их различие</li> <li>12. Как изменится характеристика холостого хода генератора независимого возбуждения при уменьшении скорости его вращения в 2 раза по сравнению с номинальной скоростью. К каким последствиям может привести такое уменьшение скорости, в генераторе параллельного возбуждения;</li> <li>13. Прodelайте построение внешней характеристики генератора параллельного возбуждения с помощью характеристики холостого хода и характеристического треугольника</li> <li>14. Что такое характеристический треугольник, и каким образом он может быть построен?</li> <li>15. Изобразите внешнюю характеристику генератора независимого возбуждения. Показать, как изменяется эта характеристика при уменьшении скорости вращения, увеличении тока возбуждения и сопротивления цепи якоря?</li> <li>16. Объясните, можно ли изменить полярность щеток генераторов параллельного и независимого возбуждения, если при том же направлении вращения пересоединить концы обмоток возбуждения.</li> <li>17. Начертите на одном графике и обоснуйте вид внешней характеристики генератора независимого возбуждения при различных токах возбуждения</li> <li>18. Чем определяется установившаяся ток короткого замыкания генератора с</li> </ol>

параллельным возбуждением?

19. Как изменится напряжение на зажимах генератора с параллельным и последовательным возбуждением при одинаковых частотах вращения и сопротивлениях в цепи якоря если нагрузочный ток возрастает в 2 раза?

20. У какого генератора (с независимым возбуждением или с самовозбуждением) при возрастании частоты вращения якоря быстрее нарастает напряжение на зажимах?

21. Почему очень редко применяется генератор с последовательным возбуждением?

Контрольные вопросы к лабораторной работе №2

1. Рассмотреть классификацию трансформаторов и конструкцию магнитных систем.

2. Почему с ростом тока нагрузки (вторичного тока) увеличивается ток в первичной обмотке?

3. Дать анализ работы трансформатора при включении его на повышенное напряжение.

4. Что произойдет с трансформатором и как изменятся его параметры, если уменьшить число витков первичной обмотки?

5. Что произойдет с трансформатором, если подключить его к сети с удвоенной частотой?

6. Как изменится  $\cos\phi$  при холостом ходе трансформатора, если увеличить приложенное напряжение?

7. Почему при чисто активной нагрузке трансформатор потребляет из сети отстающий реактивный ток?

8. При каких условиях вторичное напряжение увеличивается с ростом нагрузки?

9. К первичной обмотке трансформатора подведено синусоидальное напряжение. Почему в однофазном трансформаторе кривая тока холостого хода несинусоидальна, а в трехфазных трансформаторах может быть несинусоидальным и магнитный поток?

10. Дать характеристику электромеханических сталей, применяемых для изготовления сердечника трансформатора

11. Что понимается под операцией приведения обмоток трансформатора?

12. Дать характеристику потерям холостого хода трансформатора.

13. В чем заключается особенность схемы замещения трансформатора при холостом ходе?

14. Объяснить внешнюю характеристику трансформатора и зависимость от характера нагрузки.

15. Когда достигается максимальный КПД трансформатора?

16. Объяснить правомерность использования соотношения

17.  $E_1 / E_2 = I_1 / I_2$  в теории трехфазных трансформаторов.

18. Почему соединение обмоток  $Y/Y$  стараются не применять для трехфазного группового трансформатора?

19. Как распределяются токи нагрузки трансформаторов при их параллельной работе?

20. Как изменяется кратность тока короткого замыкания при переходе от трансформаторов малой мощности к большой?

21. Оценить возможность включения на параллельную работу трансформаторов с различными группами соединения.

22. Что понимается под группой соединения трансформаторов?

23. Охарактеризовать действие уравнительного тока при холостом ходе трансформаторов с различными коэффициентами трансформации, включенных на параллельную работу.

24. Охарактеризовать преимущества и недостатки автотрансформатора перед обычным трансформатором.

25. Объяснить особенности работы трехфазного трансформатора при схеме

Y/Y и нулевой схеме выпрямления.

26. Объяснить физический смысл всех элементов схемы замещения трансформатора.

27. Какова форма сечения сердечника и ярма трансформатора малой и большой мощности?

Контрольные вопросы к лабораторной работе №3

1. Начертить T-образную и точную Г-образную схемы замещения.

2. Для чего T-образную схему замещения преобразуют в Г-образную?

3. Каким образом опытным путем у асинхронного двигателя определяются параметры схемы замещения?

4. Зависит ли синхронная скорость асинхронной машины от напряжения  $U_1$ , момента на валу, числа пар полюсов?

5. Какое влияние высшие гармонические МДС могут оказать на кривую  $M = f(S)$ ?

6. При каком соотношении параметров пусковой момент достигает максимального?

7. От каких величин зависит максимальный момент и критическое скольжение?

8. Объяснить повышение энергетических показателей (КПД и  $\cos \varphi$ ) при понижении напряжения в области малых нагрузок.

9. Опишите последовательность процессов в асинхронном двигателе при изменении нагрузки на валу.

10. По каким экспериментальным данным строят упрощенную круговую диаграмму?

11. С какой целью в процессе пуска выводится добавочное сопротивление  $R_d$  из цепи ротора?

12. Почему пусковые свойства асинхронного двигателя с фазным ротором лучше, чем у асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?

13. Как улучшить пусковые свойства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?

14. Зависит ли пусковой момент  $M_p$  асинхронного двигателя от напряжения?

Построить механические характеристики при  $U = U_{ном}$  и  $U < U_{ном}$ . Во сколько раз снизится  $M_p$  при снижении  $U_1$  на 10 %?

15. Как зависит  $M_p$  и  $M_{макс}$  асинхронного двигателя от величины активного сопротивления в цепи ротора?

16. Нарисуйте рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их вид.

17. Почему при холостом ходе  $\cos \varphi$  меньше, чем при номинальной нагрузке?

18. Во сколько раз  $E_2$  при  $S = 1$  больше  $E_2$  при  $n_n = 950$  об/мин?

19. С какой целью переключают обмотку статора с "треугольника" на "звезду" при малых нагрузках?

20. Может ли асинхронный генератор работать автономно?

21. Указать некоторые практические случаи применения режима электромагнитного тормоза.

22. В каком режиме асинхронная машина работает при  $S = 0$ ?

23. Почему в двигателях с фазным ротором практически не используют переключения числа пар полюсов?

24. Как перевести асинхронный двигатель в генераторный режим работы?

25. Объяснить влияние высших гармонических магнитного поля на форму кривой

26. Нарисуйте рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их вид.

27. Почему при холостом ходе  $\cos \varphi$  меньше, чем при номинальной нагрузке?

28. Во сколько раз  $E_2$  при  $S = 1$  больше  $E_2$  при  $n_n = 950$  об/мин?

29. С какой целью переключают обмотку статора с "треугольника" на "звезду" при малых

	<p>30. Как осуществляется асинхронный пуск синхронного двигателя?</p> <p>31. Что представляет собой одноосный эффект при асинхронном пуске синхронного двигателя? Для чего в обмотку возбуждения синхронного двигателя вводят гасящее сопротивление?</p> <p>32. Что представляет собой синхронный компенсатор?</p> <p>33. Как с помощью синхронного компенсатора увеличить <math>\cos \phi</math> сети?</p> <p>34. Как с помощью синхронного компенсатора удается стабилизировать напряжение сети?</p> <p>35. Какие процессы возникают в синхронном генераторе при внезапном коротком замыкании обмоток статора?</p> <p>36. Какие процессы возникают в синхронной машине, работающей параллельно с сетью при резких изменениях нагрузки?</p> <p>37. Каковы принцип действия и устройство реактивной синхронной машины?</p> <p>38. Какие ЭДС наводят в обмотке статора явно полюсного синхронного генератора магнитные потоки реакции якоря и каким индуктивным сопротивлениям эти ЭДС эквивалентны?</p> <p>39. Почему характеристика короткого замыкания синхронной машины имеет вид прямой линии?</p> <p>40. Какие виды потерь имеют место в синхронной машине и от чего они зависят?</p> <p>41. Почему при внезапном коротком замыкании уменьшается индуктивное сопротивление обмотки статора по продольной оси?</p> <p>42. Чем объясняется затухающий характер тока при внезапном коротком замыкании?</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторной работе №4</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и области применения электрических линейных машин</li> <li>2. Преимущества линейного двигателя.</li> <li>3. Перегрузочная способность линейного двигателя.</li> <li>4. Сравнительный анализ линейного и вращающегося двигателя с точки зрения эксплуатационных качеств.</li> <li>5. Основные характеристики линейного двигателя</li> <li>6. Особенности исполнения статорной обмотки.</li> <li>7. Механическая характеристика.</li> <li>8. Способы регулирования скорости.</li> <li>9. Особенности исполнения и расположения.</li> <li>10. Недостатки линейного двигателя.</li> </ol>
	<p>Вопросы к экзамену</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассмотреть классификацию трансформаторов и конструкцию магнитных систем.</li> <li>2. Почему с ростом тока нагрузки (вторичного тока) увеличивается ток в первичной обмотке?</li> <li>3. Дать анализ работы трансформатора при включении его на повышенное напряжение.</li> <li>4. Что произойдет с трансформатором и как изменятся его параметры, если уменьшить число витков первичной обмотки?</li> <li>5. Что произойдет с трансформатором, если подключить его к сети с удвоенной частотой?</li> <li>6. Как изменится <math>\cos \phi</math> при холостом ходе трансформатора, если увеличить приложенное напряжение?</li> <li>7. Почему при чисто активной нагрузке трансформатор потребляет из сети отстающий реактивный ток?</li> <li>8. При каких условиях вторичное напряжение увеличивается с ростом нагрузки?</li> <li>9. К первичной обмотке трансформатора подведено синусоидальное напряжение. Почему в однофазном трансформаторе кривая тока холостого хода несинусоидальна, а в трехфазных трансформаторах может быть</li> </ol>

- несинусоидальным и магнитный поток?
10. Дать характеристику электромеханических стале, применяемых для изготовления сердечника трансформатора
  11. Что понимается под операцией приведения обмоток трансформатора?
  12. Дать характеристику потерям холостого хода трансформатора.
  13. В чем заключается особенность схемы замещения трансформатора при холостом ходе?
  14. Объяснить внешнюю характеристику трансформатора и зависимость от характера нагрузки.
  15. Когда достигается максимальный КПД трансформатора?
  16. Объяснить правомерность использования соотношения
  17.  $E_1 / E_2 =$  в теории трехфазных трансформаторов.
  18. Почему соединение обмоток  $Y/Y$  стараются не применять для трехфазного группового трансформатора?
  19. Как распределяются токи нагрузки трансформаторов при их параллельной работе?
  20. Как изменяется кратность тока короткого замыкания при переходе от трансформаторов малой мощности к большой?
  21. Оценить возможность включения на параллельную работу трансформаторов с различными группами соединения.
  22. Что понимается под группой соединения трансформаторов?
  23. Охарактеризовать действие уравнительного тока при холостом ходе трансформаторов с различными коэффициентами трансформации, включенных на параллельную работу.
  24. Охарактеризовать преимущества и недостатки автотрансформатора перед обычным трансформатором.
  25. Объяснить особенности работы трехфазного трансформатора при схеме  $Y/Y$  и нулевой схеме выпрямления.
  26. Объяснить физический смысл всех элементов схемы замещения трансформатора.
  27. Какова форма сечения сердечника и ярма трансформатора малой и большой мощности?
  28. Сравните скоростные (электромеханические) характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.
  29. Опишите процесс регулирования скорости: а) при изменении регулировочного сопротивления в цепи якоря  $R_{pa}$  при  $M_c = const$ . б) при изменении регулировочного сопротивления в цепи возбуждения  $R_{pb}$  при  $M_c = const$ .
  30. Зависит ли ток якоря двигателя независимого возбуждения при  $M_c = const$ : а) от напряжения  $U_a$ ; б) от сопротивления в цепи якоря  $R_a$  в) от сопротивления в цепи возбуждения  $R_b$ ?
  31. Зависит ли ток якоря двигателя параллельного возбуждения при  $M_c = const$ : а) от напряжения  $U_c$ ; б) от сопротивления в цепи якоря  $R_a$ ; в) от сопротивления в цепи возбуждения  $R_b$ ?
  32. От чего зависит скорость холостого хода двигателя независимого возбуждения? Как она изменится при трех способах регулирования скорости?
  33. Почему двигатель последовательного возбуждения нельзя пускать в ход без нагрузки?
  34. Рассмотрите процесс преобразования энергии в генераторном и двигательном режимах машин постоянного тока. Для обоих режимов запишите уравнение баланса мощности.
  35. Выведите уравнение электрического состояния якорной цепи генератора и двигателя постоянного тока. На электрических схемах генератора и двигателя независимого возбуждения показать направление напряжения  $U$ , ЭДС  $E$  и тока якоря  $I_a$ .
  36. Провести анализ влияния изменения полярности напряжений  $U$  и  $U_a$  на

величину и направление напряжения  $U$ , ЭДС  $E$  и тока якоря  $I_a$ , электромагнитного момента  $M_{эм}$  для генератора и двигателя постоянного тока.

37. Изобразите внешние характеристики генераторов независимого и параллельного возбуждения. Объясните их различие.

38. Как влияет способ соединения обмоток генератора смешанного возбуждения (согласное или встречное) на вид внешней характеристики генератора. Изобразите характеристики и объясните их различие

39. Как изменится характеристика холостого хода генератора независимого возбуждения при уменьшении скорости его вращения в 2 раза по сравнению с номинальной скоростью. К каким последствиям может привести такое уменьшение скорости, в генераторе параллельного возбуждения;

40. Прodelайте построение внешней характеристики генератора параллельного возбуждения с помощью характеристики холостого хода и характеристического треугольника

41. Что такое характеристический треугольник, и каким образом он может быть построен?

42. Изобразите внешнюю характеристику генератора независимого возбуждения. Показать, как изменяется эта характеристика при уменьшении скорости вращения, увеличении тока возбуждения и сопротивления цепи якоря?

43. Объясните, можно ли изменить полярность щеток генераторов параллельного и независимого возбуждения, если при том же направлении вращения пересоединить концы обмоток возбуждения.

44. Начертите на одном графике и обоснуйте вид внешней характеристики генератора независимого возбуждения при различных токах возбуждения

45. Чем определяется установившийся ток короткого замыкания генератора с параллельным возбуждением?

46. Как изменится напряжение на зажимах генератора с параллельным и последовательным возбуждением при одинаковых частотах вращения и сопротивлениях в цепи якоря если нагрузочный ток возрастает в 2 раза?

47. У какого генератора (с независимым возбуждением или с самовозбуждением) при возрастании частоты вращения якоря быстрее нарастает напряжение на зажимах?

48. Почему очень редко применяется генератор с последовательным возбуждением?

49. Начертить Т-образную и точную Г-образную схемы замещения.

50. Для чего Т-образную схему замещения преобразуют в Г-образную?

51. Каким образом опытным путем у асинхронного двигателя определяются параметры схемы замещения?

52. Зависит ли синхронная скорость асинхронной машины от напряжения  $U_1$ , момента на валу, числа пар полюсов?

53. Какое влияние высшие гармонические МДС могут оказать на кривую  $M = f(S)$ ?

54. При каком соотношении параметров пусковой момент достигает максимального?

55. От каких величин зависит максимальный момент и критическое скольжение?

56. Объяснить повышение энергетических показателей (КПД и  $\cos \varphi$ ) при понижении напряжения в области малых нагрузок.

57. Опишите последовательность процессов в асинхронном двигателе при изменении нагрузки на валу.

58. По каким экспериментальным данным строят упрощенную круговую диаграмму?

59. С какой целью в процессе пуска выводится добавочное сопротивление  $R_d$  из цепи ротора?

60. Почему пусковые свойства асинхронного двигателя с фазным ротором

- лучше, чем у асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?
61. Как улучшить пусковые свойства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?
  62. Зависит ли пусковой момент  $M_p$  асинхронного двигателя от напряжения? Построить механические характеристики при  $U = U_{ном}$  и  $U < U_{ном}$ . Во сколько раз снизится  $M_p$  при снижении  $U$  на 10 %?
  63. Как зависит  $M_p$  и  $M_{макс}$  асинхронного двигателя от величины активного сопротивления в цепи ротора?
  64. Нарисуйте рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их вид.
  65. Почему при холостом ходе  $\cos \phi$  меньше, чем при номинальной нагрузке?
  66. Во сколько раз  $E_2$  при  $S = 1$  больше  $E_2$  при  $n_n = 950$  об/мин?
  67. С какой целью переключают обмотку статора с "треугольника" на "звезду" при малых нагрузках?
  68. Может ли асинхронный генератор работать автономно?
  69. Указать некоторые практические случаи применения режима электромагнитного тормоза.
  70. В каком режиме асинхронная машина работает при  $S = 0$ ?
  71. Почему в двигателях с фазным ротором практически не используют переключения числа пар полюсов?
  72. Как перевести асинхронный двигатель в генераторный режим работы?
  73. Объяснить влияние высших гармонических магнитного поля на форму кривой
  74. Нарисуйте рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их вид.
  75. Почему при холостом ходе  $\cos \phi$  меньше, чем при номинальной нагрузке?
  76. Во сколько раз  $E_2$  при  $S = 1$  больше  $E_2$  при  $n_n = 950$  об/мин?
  77. С какой целью переключают обмотку статора с "треугольника" на "звезду" при малых
  78. Как осуществляется асинхронный пуск синхронного двигателя?
  79. Что представляет собой одноосный эффект при асинхронном пуске синхронного двигателя? Для чего в обмотку возбуждения синхронного двигателя вводят гасящее сопротивление?
  80. Что представляет собой синхронный компенсатор?
  81. Как с помощью синхронного компенсатора увеличить  $\cos \phi$  сети?
  82. Как с помощью синхронного компенсатора удастся стабилизировать напряжение сети?
  83. Какие процессы возникают в синхронном генераторе при внезапном коротком замыкании обмоток статора?
  84. Какие процессы возникают в синхронной машине, работающей параллельно с сетью при резких изменениях нагрузки?
  85. Каковы принцип действия и устройство реактивной синхронной машины?
  86. Какие ЭДС наводят в обмотке статора явно полюсного синхронного генератора магнитные потоки реакции якоря и каким индуктивным сопротивлениям эти ЭДС эквивалентны?
  87. Почему характеристика короткого замыкания синхронной машины имеет вид прямой линии?
  88. Какие виды потерь имеют место в синхронной машине и от чего они зависят?
  89. Почему при внезапном коротком замыкании уменьшается индуктивное сопротивление обмотки статора по продольной оси?
  90. Чем объясняется затухающий характер тока при внезапном коротком замыкании?

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины



## Печатная учебно-методическая документация

### а) основная литература:

1. Беспалов, В. Я. Электрические машины Учеб. пособие для вузов по направлению 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец. - М.: Академия, 2006. - 312, [1] с. ил.
2. Копылов, И. П. Электрические машины Учеб. для вузов по электромех. и электроэнергет. специальностям. - 2-е изд., перераб. - М.: Высшая школа: Логос, 2000. - 606,[1] с. ил.

### б) дополнительная литература:

1. Вольдек, А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы Текст учебник для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" А. И. Вольдек, В. В. Попов. - СПб. и др.: Питер, 2008. - 319 с. ил.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока Текст учебник для вузов по направлениям "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" А. И. Вольдек, В. В. Попов. - СПб. и др.: Питер, 2010. - 349 с. ил.
3. Гольдберг, О. Д. Электромеханика Текст учеб. для вузов по направлению 140200 "Электроэнергетика" О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская ; под ред. О. Д. Гольдберга. - М.: Академия, 2007. - 511, [1] с. ил.
4. ГОСТ Р 52776-2007 (МЭК 60034-1-2004) : Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и характеристики : утв. и введ. в действие 31.10.07 Текст Федер. агентство по техн. регулированию и метрологии. - М.: Стандартинформ, 2008. - 68 с.

### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине "Электрические машины"

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

2. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине "Электрические машины"

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Методические пособия для самостоятельной	Методические указания для выполнения лабораторных	Учебно-методические	Интернет / Авторизованный

работы студента	работ по дисциплине "Электрические машины"	материалы кафедры	
-----------------	-----------------------------------------------	-------------------	--

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Microsoft-Windows(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(28.02.2017)
2. -Стандартинформ(бессрочно)

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	815 (3б)	1. Персональный компьютер. 2. Проектор. 3. Интерактивная доска. 4. Программное обеспечение MS Office, Windows.
Лабораторные занятия	812-2 (3б)	1. Персональный компьютер. 2. Проектор. 3. Интерактивная доска. 4. Программное обеспечение MS Office, Windows.