

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Физический факультет**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Электрические машины**

Кафедра *«Инженерная физика»* факультета *физического*

Образовательная программа бакалавриата

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Направленность (профиль) программы

**Возобновляемые источники энергии и гидроэлектростанции**

Форма обучения

**очная**

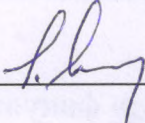
Статус дисциплины: входит в обязательную часть (Б1.О.04.04)

**Махачкала, 2022 год**

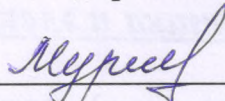
Рабочая программа дисциплины «Электрические машины» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника от «28» февраля 2018 г. № 144 (изменения в ФГОС ВО, утвержденные приказом Минобрнауки России от «26» ноября 2020 г. № 1456 и от «08» февраля 2021 г. № 83 ).

Разработчик(и): кафедра «Инженерная физика»  
Акаева А.И. – канд.физ.-мат.наук, доцент

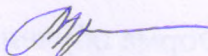
Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры Инженерная физика от «22» 03 2022г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23»  
03 2022 г., протокол № 7 .

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «30» марта 2022 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Электрические машины» входит в обязательную часть ОПОП бакалавриата по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Дисциплина реализуется на факультете физическом кафедрой Инженерная физика.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием знаний и умений, получаемых при изучении современных электромеханических преобразователей энергии.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума, контрольной работы и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 6 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Очная форма обучения

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе зачет, дифференцированный зачет, экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	...	...			
6	216	82	28	-	54			98+36	экзамен

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Электрические машины» являются формирование у студентов общепрофессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, получаемых при изучении теоретической базы по современным электромеханическим преобразователям энергии, которая позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электрических машин.

В задачу дисциплины входит научить студентов классифицировать электрические машины; изучить состав и назначение электромеханических преобразователей энергии; научить описывать процессы, происходящие при электромеханическом преобразовании энергии; самостоятельно проводить расчеты по определению параметров и характеристик электрических машин; проводить элементарные испытания электрических машин.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Электрические машины» входит в обязательную часть ОПОП бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Для освоения дисциплины «Электрические машины» обучающие используют знания, умения и навыки, сформированные в ходе изучения предшествующих дисциплин: математики, электротехники, теоретических основ электротехники, общей энергетики.

Указанная дисциплина является одной из основополагающих, имеет как самостоятельное значение, так и является базой для ряда профилирующих дисциплин: «Энергетическое оборудование установок нетрадиционной энергетики», «Электроснабжение», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети», «Эксплуатация электротехнического оборудования гидроэлектростанций (ГЭС и ГАЭС)».

После изучения дисциплины студент должен **иметь представление:**

- об устройстве, принципе действия, применении электромеханических преобразователей и тенденциях развития электромашиностроения;
- о методах расчета и проектирования; внедрения в эксплуатацию трансформаторов и электрических машин.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения и процедура освоения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения



ОПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Применяет средства информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации.	<p><b>Знает:</b> современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации;</li> <li>- решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современными интерактивными технологиями поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных;</li> <li>- методами представления информации в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата, письменная контрольная работа
	ОПК-1.2. Демонстрирует знание требований к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов.	<p><b>Знает:</b> современные интерактивные программные комплексы для выполнения и редактирования текстов, изображений и чертежей.</p> <p><b>Умеет:</b> использовать современные средства автоматизации разработки и выполнения конструкторской документации.</p> <p><b>Владеет:</b> современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации.</p>	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1. Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной.	<p><b>Знает:</b> математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной, необходимый для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p><b>Умеет:</b> применять математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками использования математических методов, необходимых для решения поставленной задачи</p>	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
	ОПК-3.2. Применяет математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного	<p><b>Знает:</b> математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного</p>	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата

	переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений.	для решения задач профессиональной деятельности. <b>Умеет:</b> применять математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. <b>Владеет:</b> навыками использования математических методов, необходимых для решения поставленной задачи.	
	ОПК-3.3. Применяет математический аппарат теории вероятностей и математической статистики.	<b>Знает:</b> математический аппарат теории вероятностей и математической статистики, необходимый для решения задач профессиональной деятельности. <b>Умеет:</b> применять математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. <b>Владеет:</b> навыками использования математических методов, необходимых для решения поставленной задачи.	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
	ОПК-3.4. Применяет математический аппарат численных методов.	<b>Знает:</b> математический аппарат численных методов. <b>Умеет:</b> применять математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. <b>Владеет:</b> навыками использования математических методов, необходимых для решения поставленной задачи.	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
	ОПК-3.5. Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма.	<b>Знает:</b> физический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности. <b>Умеет:</b> выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности. <b>Владеет:</b> навыками находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
	ОПК-3.6. Демонстрирует знание элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики.	<b>Знает:</b> основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности. <b>Умеет:</b> применять физические законы для решения задач теоретического и прикладного характера. <b>Владеет:</b> навыками критического анализа элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики в сфере профессиональной деятельности.	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и	ОПК-4.1. Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей	<b>Знает:</b> методы анализа и моделирования процессов в линейных и нелинейных цепях постоянного тока.	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата, коллоквиум

электрических машин	постоянного и переменного тока.	<p><b>Умеет:</b> использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного тока для расчета параметров цепи.</p> <p><b>Владеет:</b> компьютерными и информационными технологиями для анализа и моделирования процессов в линейных и нелинейных цепях постоянного тока.</p>	
	ОПК-4.2. Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока.	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теорию физических явлений при переходных процессах в электрических цепях постоянного и переменного тока;</li> <li>- методы расчета параметров схем замещения.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b> широко использовать физико-математического аппарат в методах расчета параметров схем замещения при переходных процессах в электрических цепях.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками применения цифровых информационных технологий в методах расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока.</p>	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
	ОПК-4.3. Применяет знания основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами.	<p><b>Знает:</b> основы теории электромагнитного поля цепей с распределенными параметрами и их основные характеристики.</p> <p><b>Умеет:</b> применять основы теории электромагнитного поля для расчета дифференциальных уравнений однородной линии.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками применения знаний основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами на объектах профессиональной деятельности.</p>	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата
	ОПК-4.4. Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств.	<p><b>Знает:</b> основные сведения о полупроводниковых приборах; усилителях тока; операционных усилителях; генераторах; запоминающих устройствах.</p> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать принципы работы основных полупроводниковых приборов и их основные характеристики и параметры;</li> <li>- использовать принципы работы электронных цифровых измерительных приборов;</li> <li>- использовать методы и устройства для измерения электрических величин;</li> <li>- разбираться в электронных схемах усилителей и генераторов электрических сигналов.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p>	Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата, письменная контрольная работа

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- опытом обращения с различными электронными приборами, осциллографами;</li> <li>- навыками использования экспериментальных методов осциллографических измерений тока, напряжения, частоты, фазы и т.д.</li> </ul>	
	<p>ОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик.</p>	<p><b>Знает:</b> характеристики и режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин при установившихся процессах.</p> <p><b>Умеет:</b> исследовать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различного типа, используя физико-математический аппарат, анализировать и изучать их характеристики.</p> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа установившихся режимов работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов;</li> <li>- компьютерными и информационными технологиями для исследования характеристик трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов.</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата</p>
	<p>ОПК-4.6. Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории и физических явлений в электрических и электронных аппаратах;</li> <li>- конструкции и принципы действия электрических аппаратов кинематической и статической коммутации;</li> <li>- основные режимы работы электрических и электронных аппаратов;</li> <li>- методы обоснованного выбора электрических аппаратов различного функционального назначения.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов при их выборе;</li> <li>- использовать стандарты и правила построения и чтения чертежей и схем;</li> <li>- работать со справочной литературой и другими нормативными материалами;</li> <li>- обосновывать конкретные технические решения при проектировании систем распределения электрической энергией.</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос, выполнение самостоятельного задания, написание реферата, коллоквиум</p>



		<b>Владеет:</b> - навыками применения знаний функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов при их эксплуатации; - информацией о возможностях современных электрических аппаратов; - навыками проектирования электротехнических объектов и систем, выбора электрических аппаратов и электрооборудования; - навыками расчетов основных узлов электрических и электронных аппаратов для проведения проектно-конструкторских работ.	
--	--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельная работа в т.ч. экзамен	
<b>Модуль 1. Основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электромагнитных полей.</b>								
1	Тема 1. Электрический ток и магнитное поле. Основные параметры магнитного поля.	6	2	2	-	-	8	Текущий контроль: коллоквиум, контрольная работа (6 семестр) Промежуточная аттестация: экзамен (6 семестр)
2	Тема 2. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии.	6	1	2	-	-	8	Контрольная работа
3	Тема 3. Явления электромагнитной индукции, самоиндукции, взаимной индукции.	6	2	4	-	-	7	
<i>Итого по модулю 1:</i>			5	8			23	
<b>Модуль II. Машины постоянного тока.</b>								
1	Тема 4. Принцип действия и устройство.	6	2	2	-	-	6	

	Конструктивное исполнение, параметры и режимы работы машин.							
2	Тема 5. Генераторы постоянного тока и его характеристики.	6	1	2	-	-	6	
3	Тема 6. Двигатели постоянного тока и их характеристики.	6	1	2	-	-	6	
4	Тема 7. Потери и к.п.д. машины постоянного тока.	6	1	2	-	-	5	Коллоквиум
	<i>Итого по модулю 2:</i>		5	8			23	
<b>Модуль III. Якорные обмотки. Коммутация.</b>								
1	Тема 8. Якорные обмотки барабанного типа. Полусное деление, секция.	6	1	2	-	-	4	
2	Тема 9. Простая петлевая обмотка. Простая волновая обмотка. Комбинированные обмотки.	6	1	2	-	-	4	
3	Тема 10. Коммутация в машинах постоянного тока. Меры борьбы с ней.	6	1	2	-	-	4	Контрольная работа
4	Тема 11. Реакция якоря.	6	1	2	-	-	4	
5	Тема 12. Влияние реакции якоря на распределение напряжений между коллекторными пластинами. Меры борьбы с влиянием поперечной реакции якоря.	6	1	2	-	-	5	
	<i>Итого по модулю 3:</i>		5	10			21	
<b>Модуль IV. Трансформаторы.</b>								
1	Тема 13. Однофазные трансформаторы. Холостой ход трансформатора. Работа трансформатора под нагрузкой.	6	1	2	-	-	6	
2	Тема 14. Векторные диаграммы. Схемы замещения.	6	1	2	-	-	6	
3	Тема 15. Трехфазные трансформаторы	6	1	2	-	-	6	
4	Тема 16. Специальные трансформаторы	6	1	2	-	-	6	Коллоквиум
	<i>Итого по модулю 4:</i>		4	8			24	
<b>Модуль V. Асинхронные машины. Синхронные машины. Электропривод и аппараты управления.</b>								

1	Тема 17. Основные виды машин переменного тока. Статорные обмотки.	6	1	2	-	-	1	
2	Тема 18. Принцип действия и конструкция асинхронной машины.	6	1	2	-	-	1	
3	Тема 19. Основные характеристики асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.	6	1	3	-	-	1	Контрольная работа
4	Тема 20. Способы пуска асинхронных двигателей.	6	1	2	-	-	1	
5	Тема 21. Принцип действия и конструкция синхронных машин.	6	1	2	-	-	1	
6	Тема 22. Реакция якоря синхронного генератора. Основные характеристики синхронного генератора.	6	1	3	-	-	1	
7	Тема 23. Синхронные двигатели. Переходные процессы в синхронных машинах.	6	1	2	-	-	1	
8	Тема 24. Электропривод - общие сведения. Понятие о выборе электродвигателей.	6	1	2	-	-		
9	Тема 25. Аппараты управления.	6	1	2	-	-		Коллоквиум
	<i>Итого по модулю 5:</i>		9	20			7	
<b>Модуль VI. Подготовка к экзамену</b>								
	Экзамен (подготовка, сдача)						36	экзамен
	<b>ИТОГО:</b>		28	54			98+36	Экзамен

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

**Модуль I. Основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электромагнитных полей.**

**Тема 1. Электрический ток и магнитное поле. Основные параметры магнитного поля.**

**Содержание темы:** Понятие магнитного поля. Первые опыты, связанные с открытием магнитного поля. Взаимосвязь электрических и магнитных полей. Магнитная индукция, напряженность магнитного поля. Закон полного тока. Взаимодействие проводников с током.

**Тема 2.** *Общие вопросы электромеханического преобразования энергии.*

**Содержание темы:** Закон магнитной цепи. Намагничивание ферромагнитных материалов. Магнитный поток. Магнитодвижущая сила. Магнитное сопротивление. Электромагниты.

**Тема 3.** *Явления электромагнитной индукции, самоиндукции, взаимоиндукции.*

**Содержание темы:** Открытие электромагнитной индукции Фарадеем. Самоиндукция. Закон Ампера. Закон Ленца. Явление взаимоиндукции. Индуктивность. Правило буравчика. Правило правой руки. Правило левой руки.

**Модуль II. Машины постоянного тока.**

**Тема 4.** *Принцип действия и устройство. Конструктивное исполнение, параметры и режимы работы машин.*

**Содержание темы:** Упрощенная физическая модель ЭМП и механизм преобразования энергии. Принцип обратимости. Принцип саморегулирования. Структура ЭМП и основные физические процессы в его конструктивных элементах. Основные электромагнитные соотношения.

**Тема 5.** *Генераторы постоянного тока и его характеристики.*

**Содержание темы:** Общие сведения о генераторах постоянного тока. Генераторы независимого возбуждения. Математическая модель электромагнитных процессов в генераторах постоянного тока. Нагрузочные характеристики. Внешние характеристики. Регулировочные характеристики. Генераторы параллельного возбуждения. Генераторы последовательного возбуждения. Генераторы смешанного возбуждения. Параллельная работа генератора постоянного тока.

**Тема 6.** *Двигатели постоянного тока и его характеристики.*

**Содержание темы:** Общие сведения о двигателях постоянного тока. Математическая модель электромеханических процессов в двигателях постоянного тока. Уравнение вращающихся моментов. Управление двигателями постоянного тока. Пуск двигателей постоянного тока. Регулирование частоты вращения и устойчивость работы двигателя. Характеристики двигателей постоянного тока. Двигатели параллельного возбуждения. Двигатели последовательного возбуждения. Двигатели смешанного возбуждения.

**Тема 7.** *Потери и к.п.д. машин постоянного тока.*

**Содержание темы:** Механические потери. Магнитные потери. Электрические потери. Нагревание и охлаждение ЭМП. Режимы работы ЭМП. Длительный режим. Кратковременный режим. Повторно-кратковременный режим. Установившийся режим. Переходной режим. Анормальный режим. Уравнение теплового баланса частей машины. Кривые нагревания и охлаждения электрических машин.

**Модуль III. Якорные обмотки. Коммутация.**

**Тема 8.** *Якорные обмотки барабанного типа. Полюсное деление, секция.*

**Содержание темы:** Обмотки кольцевого якоря и их недостатки. Якорные обмотки барабанного типа. Полюсное деление. Секции обмотки. Элементарный паз.

**Тема 9.** *Простая петлевая обмотка. Простая волновая обмотка. Комбинированные и сложные обмотки.*



**Содержание темы:** Простая петлевая обмотка. Первый частичный шаг. Секция. Реальный паз Простая волновая обмотка. Примеры выполнения простых якорных обмоток. Схемы обмоток. Условия симметрии. Уравнительные соединения. Понятие о комбинированной обмотке (лягушачья). Сложные обмотки. Условия симметрии обмоток. Уравнительные соединения.

**Тема 10.** *Коммутация в машинах постоянного тока. Меры борьбы с ней.*

**Содержание темы:** Общие сведения. Степени искрения. Причины искрения. Классическая теория коммутации. Реактивная ЭДС в коммутируемой секции. Уменьшение реактивной ЭДС.

**Тема 11.** *Реакция якоря.*

**Содержание темы:** ЭДС реакции якоря. Электромагнитный момент. Линейная нагрузка. Плотность тока. Реакция якоря. Поперечная и продольная реакция якоря. Влияние реакции якоря на магнитный поток машины. Определение МДС продольного размагничивающего действия поперечной реакции якоря.

**Тема 12.** *Влияние реакции якоря на распределение напряжения между коллекторными пластинами. Меры борьбы с влиянием поперечной реакции якоря.*

**Содержание темы:** Влияние реакции якоря на распределение напряжения между коллекторными пластинами. Меры борьбы с влиянием поперечной реакции якоря. Компенсационная обмотка.

**Модуль IV. Трансформаторы.**

**Тема 13.** *Однофазные трансформаторы. Холостой ход трансформатора. Работа трансформатора под нагрузкой.*

**Содержание темы:** Принцип действия и конструкция однофазного трансформатора. Магнитопроводы трансформаторов. Виды магнитопроводов. Понятие идеального трансформатора. Э.д.с. обмоток трансформатора.

**Тема 14.** *Векторные диаграммы. Схемы замещения.*

**Содержание темы:** Векторные диаграммы трансформатора при активной и полной нагрузках. Схемы замещения. Расчет параметров схемы замещения.

**Тема 15.** *Трехфазные трансформаторы.*

**Содержание темы:** Конструкция трехфазного трансформатора. Холостой ход трехфазных трансформаторов. Схемы и группы соединения обмоток. Регулирование напряжения трансформатора. Потери и коэффициент полезного действия трансформатора. Работа трансформаторов при несимметричной нагрузке. Параллельная работа двухобмоточных трансформаторов.

**Тема 16.** *Специальные трансформаторы.*

**Содержание темы:** Многообмоточные трансформаторы. Автотрансформаторы. Измерительные трансформаторы. Трансформатор тока, напряжения. Силовые трансформаторы.

**Модуль V. Асинхронные машины. Синхронные машины. Электропривод и аппараты управления.**

**Тема 17.** *Основные виды машин переменного тока. Статорные обмотки.*

**Содержание темы:** Области применения машин переменного тока. Особенности работы и физические процессы, лежащие в основе работы машин переменного тока. Виды обмоток, принцип формирования трехфазной обмотки. Принцип наведения и действующие значения ЭДС. Вращающееся круговое и эллиптическое поле. Условия создания вращающегося магнитного поля.

**Тема 18.** *Принцип действия и конструкция асинхронной машины.*

**Содержание темы:** Физические процессы, лежащие в основе работы асинхронных машин. Конструктивные особенности. Векторные диаграммы асинхронного двигателя. Построение схемы замещения. Г- и Т-образные схемы замещения. Характеристика вращающего момента асинхронного двигателя. Зависимость вращающего момента от параметров сети.

**Тема 19.** *Основные характеристики асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.*

**Содержание темы:** Естественная механическая характеристики асинхронной машины. Рабочие характеристики асинхронного двигателя. Реостатное регулирование, изменение числа полюсов, регулирование подводимого напряжения, частотное регулирование.

**Тема 20.** *Способы пуска асинхронных двигателей.*

**Содержание темы:** Электродвижущие силы статора и ротора. Сопротивление и ток обмотки ротора. Влияние механической нагрузки на ток, потребляемый двигателем. Условия пуска асинхронных двигателей и его схемные решения. Регулирование пускового момента.

**Тема 21.** *Принцип действия и конструкция синхронных машин.*

**Содержание темы:** Основные конструктивные элементы синхронной машины. Обмотка возбуждения, пусковая обмотка Принцип действия синхронного генератора и двигателя.

**Тема 22.** *Реакция якоря синхронного генератора. Основные характеристики синхронного генератора.*

**Содержание темы:** Продольная и поперечная реакция якоря при различных видах нагрузки. Компенсация действия реакции якоря. Векторные диаграммы явнополюсного и неявнополюсного генератора. Расчет индуктивных сопротивлений.

**Тема 23.** *Синхронные двигатели. Переходные процессы в синхронных машинах.*

**Содержание темы:** Внешние и регулировочные характеристики синхронного генератора при различных видах нагрузки. Условия включения синхронных генераторов в параллельную работу. Ламповый и стрелочный синхроноскопы. Короткое замыкание и резкое изменение нагрузки синхронного генератора. Переходные процессы в обмотках.

**Тема 24.** *Электропривод - общие сведения. Понятие о выборе электродвигателей.*

**Содержание темы:** Общие сведения. Что называется электроприводом. Однодвигательный привод. Многодвигательный привод. Понятие о выборе электродвигателей. Длительный режим работы. Кратковременный и по-

вторно-кратковременный режимы работы. Взрывозащищенные электродвигатели. Взрывонепроницаемые электродвигатели. Электродвигатели рудничного исполнения.

**Тема 25. Аппараты управления.**

**Содержание темы:** Рубильники  $P$  и рубильники  $PP$ , переключающие. Пакетные переключатели. Пакетно-кулачковые выключатели. Контактторы. Магнитные пускатели. Реостаты. Кнопки управления.

#### **4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.**

**Темы практических и/или семинарских занятий.**

**(форма проведения семинар, решение задач)**

**Модуль I. Основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электромагнитных полей.**

**Тема1. Электрический ток и магнитное поле. Основные параметры магнитного поля.**

**Вопросы по теме: (семинар)**

1. Электромагнетизм. Основные параметры магнитного поля.
2. Что называется напряженностью магнитного поля?
3. Что показывает относительная магнитная проницаемость среды?
4. Закон полного тока.
5. Проводник с током в магнитном поле. Взаимодействие проводников с током
6. Закон магнитной цепи.
7. Электромагнитная индукция.
8. Объясните процесс намагничивания и перемагничивания ферромагнитных материалов.
9. Что называется магнитным потоком и потокосцеплением? Назовите единицы их измерения.
10. Чем отличаются магнитотвердые материалы от магнитномягких, и где применяются те и другие?
11. Как устроены электромагниты и каков принцип их работы?

**Тема2. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии.**

**Вопросы по теме: (семинар)**

1. Почему проводник с током, отнесенный в магнитное поле, испытывает механическое усилие? Как определяются величина и направление этого усилия?
2. Для чего применяется правило левой руки и как оно читается?
3. Почему проводники с токами механически действуют друг на друга? Как определяются величина и направление этого взаимодействия?
4. Объясните принцип действия электродвигателя постоянного тока.
5. В чем заключаются явления самоиндукции и взаимной индукции?
6. Наблюдаются ли явления самоиндукции и взаимной индукции в цепях постоянного тока
7. Для чего применяется правило правой руки и как оно формулируется?
8. От чего зависит величина и направление индуктированной ЭДС?

9. Как читается правило Ленца, устанавливающее направление индуцированной ЭДС?
10. Объясните принцип действия трансформатора.
11. Объясните принцип действия генератора.

**Тема 3. Явления электромагнитной индукции, самоиндукции, взаимной индукции.**

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

**Модуль II. Машины постоянного тока.**

**Тема 4. Принцип действия и устройство. Конструктивное исполнение, параметры и режимы работы машин.**

**Вопросы по теме: (семинар)**

1. ЭМП-генераторы.
2. ЭМП-двигатели.
3. ЭМП специального назначения.
4. Структура ЭМП и основные физические процессы в его конструктивных элементах.
5. Потери энергии и КПД ЭМП.
6. Нагревание и охлаждение ЭМП.
7. Режимы работы ЭМП.
8. Достоинства и недостатки машин постоянного тока.
9. Устройство машин постоянного тока.

**Тема 5. Генераторы постоянного тока и его характеристики.**

**Вопросы по теме: (семинар)**

1. Условия самовозбуждения генераторов постоянного тока.
2. Характеристики генераторов с независимым возбуждением.
3. Характеристики генераторов с параллельным возбуждением.
4. Характеристики генераторов со смешанным возбуждением.
5. Параллельная работа генераторов, условия включения на параллельную работу.
6. Классификация генераторов по способу возбуждения.
7. Уравнение ЭДС генератора постоянного тока, электромагнитный момент.

**Тема 6. Двигатели постоянного тока и его характеристики.**

**Вопросы по теме: (семинар)**

1. Двигатели постоянного тока. Энергетическая диаграмма.
2. Уравнения напряжений, скоростей, моментов двигателя постоянного тока.
3. Пуск в ход двигателя постоянного тока.
4. Пусковые характеристики двигателя постоянного тока.
5. Уравнения напряжений двигателя постоянного тока.
6. Принципы регулирования частоты вращения двигателей.



7. Двигатель с параллельным возбуждением.
8. Двигатель с последовательным возбуждением.
9. Двигатель со смешанным возбуждением.
10. Конструкция статора двигателя постоянного тока.
11. Конструкция ротора двигателя постоянного тока.
12. Назначение коллектора в машинах постоянного тока.

#### **Тема 7. Потери и к.п.д. машины постоянного тока.**

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

#### **Модуль III. Якорные обмотки. Коммутация.**

#### **Тема 8. Якорные обмотки барабанного типа. Полюсное деление, секция.**

##### **Вопросы по теме: (семинар)**

1. Общие сведения о якорных обмотках барабанного типа.
2. Что называется полюсным делением?
3. Чему равна ширина витка?
4. Что называется коэффициентом полюсного перекрытия и шириной полюсного наконечника?
5. Что называется секцией обмотки?
6. Что называется пазом?
7. Типы обмоток якоря.
8. Изобразите на схеме секцию барабанного якоря и укажите на ней основные ее характеристики.

#### **Тема 9. Простая петлевая обмотка. Простая волновая обмотка. Комбинированные обмотки.**

##### **Вопросы по теме: (семинар)**

1. Изобразите простую петлевую обмотку.
2. Изобразите простую волновую обмотку.
3. Что называется первым частичным шагом, вторым частичным шагом и результирующим шагом в простой петлевой обмотке?
4. Что называется первым частичным шагом, вторым частичным шагом и результирующим шагом в простой волновой обмотке?
5. Пример выполнения простой обмотки.
6. Пример выполнения простой волновой обмотки.
7. Вычертить развернутую схему двухслойной трехфазной петлевой обмотки по следующим данным: а)  $2p=2, q=6, y=1-16, a=1$ , соединение Y; б)  $Z=48, q=4, y=1-11, a=2$ , соединение Δ.
8. Понятие о комбинированной обмотке (лягушачьей).
9. Изобразите на схеме комбинированную обмотку и назовите ее характеристики.
10. Что называется параллельной ветвью?
11. Сложные обмотки.

12. Условия симметрии обмоток.
13. Уравнительные соединения.
14. Общее число катушек трехфазной двухслойной шестиполусной обмотки равно 36. Определить число пазов на полюс и фазу. Сколько катушечных групп содержит обмотка при ее соединении в петлевою? Чему равно максимально возможное число  $a$  параллельных ветвей обмотки?

#### **Тема 10. Коммутация в машинах постоянного тока. Меры борьбы с ней.**

##### **Вопросы по теме: (семинар)**

1. Что называется коммутацией?
2. Степени искрения.
3. Классы коммутации.
4. Причины искрения.
5. Классическая теория коммутации.
6. Реактивная ЭДС в коммутируемой секции.
7. Уменьшение реактивной ЭДС.
8. Сущность коммутационного процесса.
9. Основы теории коммутации.
10. Законы коммутации.

#### **Тема 11. Реакция якоря.**

##### **Вопросы по теме: (семинар)**

1. ЭДС реакции якоря.
2. Электромагнитный момент.
3. Линейная нагрузка якоря.
4. Плотность тока.
5. Реакция якоря. Поперечная и продольная.
6. Физическая и геометрическая нейтраль.
7. Влияние реакции якоря на распределение напряжения между коллекторными пластинами.
8. Меры борьбы с влиянием поперечной реакции якоря.

#### **Тема 12. Влияние реакции якоря на распределение напряжения между коллекторными пластинами. Меры борьбы с влиянием поперечной реакции якоря.**

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

#### **Раздел IV. Трансформаторы.**

#### **Тема 13. Однофазные трансформаторы. Холостой ход трансформатора. Работа трансформатора под нагрузкой.**

##### **Вопросы по теме: (семинар)**

1. Роль и значение трансформаторов в современной технике и энергетике.
2. История развития трансформаторов.



3. Назначение и роль трансформаторов в энергетике.
4. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.
5. Физические процессы в трансформаторе при холостом ходе.
6. Принцип работы трансформатора под нагрузкой.
7. Уравнение ЭДС для однофазного трансформатора.
8. Коэффициент трансформации.
9. Приведенный трансформатор.
10. Работа трансформатора под нагрузкой.
11. Векторные диаграммы трансформатора.
12. Параметры холостого хода трансформатора
13. Опытное определение параметров трансформатора.
14. Потери и КПД трансформатора.

**Тема 14. Векторные диаграммы. Схемы замещения.**

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

**Тема 15. Трехфазные трансформаторы.**

**Вопросы по теме: Семинар:**

1. Устройство трехфазных трансформаторов.
2. Схемы соединения обмоток трансформатора, группы.
3. Параллельная работа трансформаторов.
4. Регулирование напряжения трансформаторов.
5. Особенности холостого хода трехфазных трансформаторов.
6. Работа трансформатора под нагрузкой.

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М : Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

**Тема 16. Специальные трансформаторы.**

**Вопросы по теме: Семинар:**

1. Многообмоточные трансформаторы.
2. Устройство и принцип действия автотрансформаторов.
3. Измерительные трансформаторы.
4. Сварочные и печные трансформаторы.
5. Выпрямительные трансформаторы.

**Раздел V. Асинхронные машины. Синхронные машины. Электропривод и аппараты управления.**

**Тема 17. Основные виды машин переменного тока. Статорные обмотки.**

**Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Роль машин переменного тока в генерировании и потреблении электрической энергии.
2. Принцип работы и устройство машин переменного тока.

3. ЭДС в обмотках машин переменного тока.
4. Обмоточный коэффициент. Способы уменьшения высших гармонических в кривой ЭДС.
5. Обмотки машин переменного тока: однослойные и двухслойные, с полным и укороченным шагом, петлевые и волновые с целым и дробным числом пазов на полюс и фазу.

### **Тема 18. Принцип действия и конструкция асинхронной машины.**

#### **Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Назначение, конструктивные элементы и принцип действия трехфазной асинхронной машины.
2. Вращающееся магнитное поле и его особенности.
3. Магнитодвижущая сила (МДС) обмоток машин переменного тока.
4. Конструкция роторов.
5. Трехфазная асинхронная машина при вращающемся роторе.
6. Уравнения напряжений для асинхронной машины.
7. Уравнения токов для асинхронной машины.
8. Аналогия в работе асинхронного двигателя и трансформатора
9. Достоинства и недостатки асинхронной машины с короткозамкнутым ротором.
10. Достоинства и недостатки асинхронной машины с фазным ротором.
11. Режимы работы трехфазной асинхронной машины.
12. Работа асинхронной машины в генераторном режиме.
13. Работа асинхронных двигателей в конденсаторном режиме.
14. Глубокопазные двигатели.

### **Тема 19. Основные характеристики асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.**

#### **Вопросы по теме: (Семинар)**

1. ЭДС и токи в обмотках статора и вращающегося ротора.
2. Преобразование энергии и КПД.
3. Коэффициент мощности.
4. Регулирование частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором.
5. Закон управления при постоянстве магнитного потока.
6. Регулирование путем изменения числа полюсов.
7. Регулирование путем включения реостата в цепь ротора.
8. Регулирование путем изменения, питающего напряжения.
9. Изменение направления вращения.
10. Системы частотного регулирования асинхронных двигателей.
11. Система преобразователя частоты.
12. Асинхронные каскады.
13. Использование трехфазных двигателей для работы от однофазной сети.
14. Общие сведения об однофазных асинхронных двигателях.
15. Режимы работы однофазной асинхронной машины.
16. Конденсаторный асинхронный двигатель.
17. Принцип действия двухфазного асинхронного двигателя.

18. Двухфазный исполнительный асинхронный двигатель с повышенным активным сопротивлением стержней «беличьей клетки» ротора.

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

**Тема 20. Способы пуска асинхронных двигателей.**

**Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Пуск в ход асинхронных двигателей с контактными кольцами.
2. Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
3. Прямой пуск.
4. Пуск при полном и пониженном напряжениях.
5. Пуск с помощью реостата в цепи ротора.
6. Короткозамкнутые асинхронные двигатели с повышенным пусковым моментом.
7. Переходные электромагнитные процессы при включении асинхронного двигателя в сеть. Токи и моменты в переходном процессе.
8. Пуск в ход однофазных асинхронных двигателей.

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

**Тема 21. Принцип действия и конструкция синхронных машин.**

**Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Области применения синхронных машин. Назначение и принцип действия синхронной машины.
2. Питание обмотки возбуждения.
3. Общие сведения об устройстве и принципе действия синхронного генератора.
4. Общие сведения об устройстве и принципе действия синхронного двигателя.
5. Назначение синхронного компенсатора
6. Характеристики синхронного компенсатора

**Тема 22. Реакция якоря синхронного генератора. Основные характеристики синхронного генератора.**

**Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Работа синхронного генератора при холостом ходе.
2. Магнитное поле возбуждения.
3. Работа синхронного генератора под нагрузкой.
4. Реакция якоря.
5. Уравнение напряжения для явнополюсных синхронных машин
6. Регулирование активной и реактивной мощностей синхронных машин, работающих с сетью бесконечно большой мощности.
7. Угловые и U-образные характеристики синхронной машины.
8. Векторные диаграммы синхронного генератора.



9. Внешние и регулировочные характеристики синхронного генератора.
10. Определение индуктивных сопротивлений синхронной машины.
11. Характеристики синхронных генераторов. Отношение короткого замыкания.
12. Работа синхронных генераторов параллельно с другими синхронными генераторами на общую сеть.
13. Условия включения генераторов на параллельную работу и синхронизации.
14. Регулирование активной мощности.
15. Регулирование реактивной мощности.
16. Режимы работы синхронного генератора при параллельной работе с сетью.

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

**Тема 23. Синхронные двигатели. Переходные процессы в синхронных машинах.**

**Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Синхронные двигатели. Особенности конструкции.
2. Пуск в ход СД.
3. Рабочие характеристики СД.
4. Регулирование частоты вращения синхронных двигателей. Вентильный двигатель.
5. Векторные диаграммы явно полюсных синхронных машин без учета и с учетом насыщения магнитной цепи по продольной оси.
6. Векторные диаграммы неявнополюсных и явно полюсных синхронных машин без учета насыщения магнитной цепи по продольной оси.
7. Векторные диаграммы неявнополюсных и явно полюсных синхронных машин с учетом насыщения магнитной цепи по продольной оси.
8. Достоинства и недостатки синхронного двигателя в сравнении с асинхронным.

**Тема 24. Электропривод - общие сведения. Понятие о выборе электродвигателей.**

**Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Что называется электроприводом?
2. Однодвигательный привод.
3. Многодвигательный привод.
4. Понятие о выборе электродвигателей.

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

**Тема 25. Аппараты управления.**

**Вопросы по теме: (Семинар)**

1. Выбор электродвигателей по мощности.
2. Продолжительный режим.
3. Кратковременный режим.
4. Повторно-кратковременный режим.
5. Перемежающийся режим.
6. Дополнительные номинальные режимы.
7. Работа при переменной нагрузке.
8. Метод эквивалентного тока.
9. Виды электродвигателей по способу защиты от воздействия окружающей среды.
10. Взрывозащищенные электродвигатели.
11. Электродвигатели рудничного исполнения ВР.
12. Рубильники Р и рубильники переключатели РП.
13. Пакетные выключатели.
14. Пакетно-кулачковые выключатели.
15. Контактторы.
16. Магнитные пускатели.
17. Реостаты.
18. Кнопки управления.

**Решение задач:** Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

#### ***4.3.3. Содержание лабораторных занятий по дисциплине.***

По учебному плану лабораторных занятий не предусмотрено.

### **5. Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Электрические машины» применяются следующие образовательные технологии: развивающее обучение, проблемное обучение, коллективная система обучения, лекционно-зачетная система обучения. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация.

В процессе обучения широко применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций).

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 20 часов аудиторных занятий.

На семинарских занятиях студенты решают задачи, указанные преподавателем. В течение семестра проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ и ответов на коллоквиуме.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской (ауд. 1-8 на 27 мест).

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Подготовить презентацию на тему: Работа силового трансформатора.
2. Подготовить презентацию на тему: Устройство и принцип действия машин постоянного тока.
3. Подготовить презентацию на тему: Устройство и принцип действия синхронного генератора переменного тока.
4. Подготовить презентацию на тему: Устройство и принцип действия асинхронных двигателей.
5. Подготовить презентацию на тему: Устройство и принцип действия автотрансформатора.
6. Подготовить презентацию на тему: Устройство и принцип действия сельсинов.

### **Задачи для домашнего задания:**

**Основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электромагнитных полей.**

**Задача 1.** Рамка, по которой проходит ток, равномерно вращается в однородном магнитном поле, индукция которого  $4 \text{ мТл}$ , с частотой  $20 \text{ с}^{-1}$ . Площадь рамки  $20 \text{ см}^2$ . Ось вращения рамки лежит в ее плоскости и перпендикулярна вектору индукции поля. Найти максимальный магнитный поток сквозь плоскость рамки и ЭДС индукции, возникающей в рамке при ее вращении. Построить графики зависимости магнитного поля и ЭДС индукции от времени.

**Задача 2.** Прямоугольная рамка площадью  $500 \text{ см}^2$ , состоящая из 200 витков провода, равномерно вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, проходящей через ее центр параллельно одной из ее сторон, с частотой  $10 \text{ с}^{-1}$ . При этом в рамке индуцируется ЭДС, максимальное значение которой  $150 \text{ В}$ . Найти индукцию магнитного поля.

**Задача 2.** В сеть переменного тока с действующим напряжением  $110 \text{ В}$  включены последовательно конденсатор емкостью  $50 \text{ мкФ}$ , катушка индуктивностью  $200 \text{ мГн}$  и активным сопротивлением  $4 \text{ Ом}$ . Определить амплитуду силы тока в цепи, если частота переменного тока  $100 \text{ Гц}$ , а также частоту переменного тока, при которой в данном контуре наступит резонанс напряжений.

**Машины постоянного тока:**



**Задача 1.** В четырехполюсной машине постоянного тока длина окружности якоря  $\pi D_a = 0.4$  м, активная длина проводника обмотки якоря  $l = 0.1$  м, магнитный поток обмотки возбуждения  $\Phi_B = 0.01$  Вб. Определить среднее значение магнитной индукции.

**Задача 2.** В шестиполусной машине постоянного тока поток возбуждения  $\Phi_B = 0.01$  Вб, якорь вращается с частотой  $n = 60$  об/мин. Определить среднее значение ЭДС, индуцируемой в проводнике обмотки якоря.

**Задача 3.** В четырехполюсной машине постоянного тока длина окружности якоря  $\pi D_a = 0.4$  м, активная длина проводника якорной обмотки  $l = 0.1$  м, индукция в воздушном зазоре  $B_\delta = 1$  Тл. Определить ЭДС якорной обмотки, если частота вращения ротора  $n = 60$  об/мин, обмотка имеет 460 проводников и одну пару параллельных ветвей.

**Задача 4.** Пластины коллектора движутся относительно щеток с линейной скоростью  $v = 25$  м/с, ширина щетки  $b_{щ} = 0.01$  м. Определить период коммутации.

**Задача 5.** Какой способ улучшения коммутации целесообразно использовать в мощных машинах постоянного тока при переменной нагрузке?

**Задача 6.** ЭДС генератора независимого возбуждения  $E_a = 240$  В, сопротивление якорной обмотки  $r_a = 0.1$  Ом. Определить напряжение на щетках генератора при токе нагрузки  $I_H = 100$  А.

### Трансформаторы

**Задача 1.** Определить номинальный ток вторичной обмотки  $I_{2H}$  однофазного трансформатора, если номинальная мощность  $S_H = 20$  кВА, номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1H} = 10$  кВ, коэффициент трансформации  $k = 15$ .

**Задача 2.** Определить номинальную мощность трехфазного трансформатора  $S_H$  и номинальный ток первичной обмотки  $I_{1H}$ , если номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1H} = 20$  кВ, номинальное напряжение вторичной обмотки  $U_{2H} = 0.4$  кВ, номинальный ток вторичной обмотки  $I_{2H} = 150$  А.

**Задача 3.** Найти действующие значения ЭДС в обмотках  $E_1$  и  $E_2$ , если максимальный магнитный поток  $\Phi_{\max} = 0.02$  Вб, частота тока  $f = 50$  Гц, числа витков первичной и вторичной обмоток соответственно  $W_1 = 100$ ,  $W_2 = 50$ .

**Задача 4.** Максимальный магнитный поток в сердечнике однофазного трансформатора  $\Phi_{\max} = 0.02$  Вб, число витков первичной обмотки  $W_1 = 500$ . Определить коэффициент трансформации  $k$  и подведенное напряжение  $U_1$ , если напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме холостом ходе  $U_{2o} = 127$  В, частота напряжения сети  $f = 50$  Гц.

**Задача 5.** Номинальное напряжение первичной обмотки однофазного трансформатора  $U_{1H} = 200$  В, мощность нагрузки  $P_2 = 1$  кВт, коэффициент мощности нагрузки  $\cos \varphi_2 = 0.8$ . Определить значение коэффициента трансформации  $k$ .

**Задача 6.** Определить приведенное значение тока вторичной обмотки  $I'_{2H}$ , если номинальный ток вторичной обмотки  $I_{2H} = 10$  А, номинальные напряжения первичной и вторичной обмоток соответственно  $U_{1H} = 10$  кВ и  $U_{2H} = 0.4$  кВ, обмотки соединены по схеме  $Y/\Delta$ .

### Асинхронные двигатели

**Задача 1.** Шесть катушек, оси которых сдвинуты в пространстве одна относительно другой на угол  $60^\circ$ , питаются трехфазным током частотой  $f = 50$  Гц. Определить частоту вращения магнитного поля  $n_1$ .

**Задача 2.** Магнитное поле, созданное трехфазным током частотой  $f = 50$  Гц, вращается с частотой  $n_1 = 3000$  об/мин. Сколько полюсов  $2p$  имеет это магнитное поле?

**Задача 3.** Три катушки обмотки статора асинхронной машины питаются от сети трехфазного тока частотой  $f = 50$  Гц. Ротор вращается с частотой  $n = 2850$  об/мин. Определить скольжение  $s$ .

**Задача 4.** Частота тока питающей сети увеличилась в 2 раза. Как изменится частота ЭДС в обмотке неподвижного ротора?

**Задача 5.** Частота тока питающей сети  $f = 50$  Гц. Скольжение асинхронного двигателя  $s = 2$  %. Определить частоту тока в обмотке ротора  $f_2$ .

**Задача 6.** Магнитное поле относительно ротора перемещается с частотой  $n_s = 60$  об/мин. Определить частоту тока в обмотке ротора  $f_2$ , если число пар полюсов  $p = 2$ .

**Задача 7.** При скольжении  $s = 2$  % электродвижущая сила в фазе

#### **Синхронные машины. Электропривод и аппараты управления.**

**Задача 1.** Ротор трехфазного синхронного генератора имеет 12 полюсов. Частота напряжения на зажимах генератора  $f = 50$  Гц. Полезная мощность приводного двигателя 5 кВт. Определить вращающий момент на валу генератора.

**Задача 2.** Трехфазный синхронный генератор вырабатывает напряжение частотой  $f = 50$  Гц. Число полюсов  $2p = 2$ . Приводной двигатель создает вращающий момент на валу  $M_1 = 29$  Нм. Определить полезную мощность приводного двигателя.

**Задача 3.** Трехфазный четырехполюсный синхронный двигатель имеет следующие данные: номинальная мощность  $P_H = 500$  кВт, номинальное напряжение  $U_H = 0.66$  кВ, коэффициент полезного действия  $\eta_H = 0.95$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi_H = 0.8$  (опережающий ток), частота тока  $f = 50$  Гц. Определить частоту вращения ротора, номинальный вращающий момент, активную и реактивную составляющие мощности, потребляемый из сети ток статора и его реактивную составляющую.

**Задача 4.** Трехфазный синхронный двигатель включен в сеть напряжением 380 В и развивает на валу мощность 75 кВт. КПД двигателя – 92 %, коэффициент мощности  $\cos\varphi = 0.8$ . Определить реактивную составляющую потребляемого из сети тока.

**Задача 5.** Полная мощность, потребляемая из сети синхронным двигателем,  $S_1 = 45$  кВА. Коэффициент мощности  $\cos\varphi = 0.8$ . Суммарные потери мощности  $\Sigma\Delta P = 4$  кВт. Определить коэффициент полезного действия двигателя.

**Задача 6.** Определить напряжение на зажимах трехфазного синхронного генератора, работающего в режиме холостого хода, при соединении обмотки статора по схеме «треугольник» и «звезда», если известно, что частота  $f = 50$  Гц, число последовательно соединенных витков фазы обмотки статора  $W_1 = 180$ , обмоточный коэффициент  $k_{o1} = 0.92$ , максимальное значение магнитного потока одной фазы  $\Phi_{\max} = 0.012$  Вб.

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

### **7.1. Типовые контрольные задания**

#### **Темы рефератов:**

1. Классификация электрических машин.
2. Конструкция и принцип работы электромеханических преобразователей.
3. Устройство и характеристики генераторов постоянного тока.
4. Устройство и характеристики двигателей постоянного тока.
5. Типы якорных обмоток.
6. Причины коммутации в машинах постоянного тока.
7. Виды трансформаторов и их назначение в энергетической отрасли.
8. Устройство асинхронных машин и их применение.
9. Однофазные и двухфазные асинхронные двигатели, и их применение.
10. Устройство синхронных машин и их применение.

11. Электропривод и автоматы управления.
12. Применение сельсинов и магнесинов.
13. Применение электрических машин малой мощности.

### **Контрольные вопросы к модулю I.**

#### **Основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электромагнитных полей.**

1. Основные параметры магнитного поля.
2. Закон полного тока. Проводник с током в магнитном поле.
3. Взаимодействие проводников с током.
4. Закон магнитной цепи.
5. В чем состоит закон электромагнитной индукции, самоиндукции, взаимной индукции.
6. Закон Ампера. Закон Ленца.
7. В чем состоит правило буравчика, правило левой руки, правило правой руки.

### **Контрольные вопросы к модулю II.**

#### **Машины постоянного тока**

1. Принцип действия и общее устройство двигателей постоянного тока.
2. Электродвижущая сила двигателя.
3. Какую роль выполняет коллектор в машинах постоянного тока?
4. Какие типы обмоток существуют в машинах постоянного тока?
5. Какие типы полюсов применяются в машинах постоянного тока?
6. Какую роль выполняют главные полюса в машинах постоянного тока?
7. Какую роль выполняют дополнительные полюса в машинах постоянного тока?
8. Какую роль в машинах постоянного тока играет станина?
9. Какой ток течет в обмотке ротора машин постоянного тока (машина нормального исполнения): постоянный или переменный?
10. Из чего выполнен магнитопровод магнитной цепи машин постоянного тока?
11. Почему магнитопровод машин постоянного тока шихтован?
12. Что такое шунтовая машина?
13. На чем основан процесс самовозбуждения в машинах постоянного тока?
14. Какие вы знаете основные характеристики генераторов постоянного тока?
15. Как определяется КПД генераторов постоянного тока?
16. Как включить генератор постоянного тока на параллельную работу с сетью?
17. Расскажите принцип работы двигателей постоянного тока?
18. Какие бывают способы пуска двигателей постоянного тока?
19. Какие существуют способы регулирования двигателей постоянного тока?
20. Какой двигатель постоянного тока допускает плавное регулирование?
21. Какие существуют основные характеристики у двигателей постоянного тока?
22. Какие существуют способы торможения двигателей постоянного тока?

23. Как определяется КПД двигателей постоянного тока?

24. На правиле какой руки основан принцип работы двигателя и генератора постоянного тока?

### **Контрольные вопросы к модулю III.**

#### **Якорные обмотки. Коммутация.**

1. Какие применяются типы обмоток в машинах постоянного тока?
2. Какая обмотка называется волновой?
3. Какая обмотка называется лягушечьей?
4. Что собой представляет простая петлевая обмотка?
5. Чему равен результирующий шаг простой петлевой обмотки?
6. Что такое результирующий шаг обмотки?
7. Какая обмотка называется обмоткой с постоянным шагом?
8. Какая обмотка называется обмоткой с укороченным шагом и удлиненным шагом?
9. Что такое уравнивающие соединения (роль, назначение)?
10. Какие бывают уравнивающие соединения?
11. Какого рода уравниватели применяются в некоторых обмотках?
12. К чему приводят реакции якоря в машинах постоянного тока?
13. Для чего служат дополнительные полюса в машинах постоянного тока?
14. Что называется коммутацией?
15. Причины искрения.
16. Классическая теория коммутации.
17. Реактивная ЭДС в коммутируемой секции.
18. Уменьшение реактивной ЭДС.
19. Какое время называется периодом коммутации?
20. Что такое линейная, ускоренная и замедленная коммутация?
21. Какая часть машин постоянного тока служит якорем?
22. Что называется реакцией якоря?
23. Какая обмотка в машинах постоянного тока служит для компенсации реакции якоря?

### **Контрольные вопросы к модулю IV.**

#### **Трансформаторы.**

1. На чем основан принцип работы трансформатора?
2. Какие бывают обмотки у трансформатора?
3. Что такое ярмо, стержни трансформатора?
4. В чем измеряется мощность трансформатора (по паспорту)?
5. Для чего строится схема замещения трансформатора?
6. Что такое простейший, реальный трансформатор?
7. Что такое опыт короткого замыкания трансформатора?
8. Что такое опыт холостого хода трансформатора?
9. Что такое режим короткого замыкания трансформатора?
10. Какие параметры трансформатора определяются на основе опытов короткого замыкания и холостого хода?
11. Что такое изменение напряжения трансформатора?
12. При каких условиях трансформатор имеет максимальный КПД?

13. Какие существуют схемы включения обмоток трехфазных трансформаторов (основные соотношения)?
14. Что такое и как определяется группа соединений обмоток трехфазных трансформаторов?
15. Какие бывают условия параллельной работы трансформаторов?
16. Какие существуют способы регулирования трансформаторов?
17. Какие вы знаете особенности сварочного трансформатора и автотрансформатора?
18. Как определяется КПД трансформатора?
19. Что такое потери на вихревые токи?
20. Для чего шихтуют магнитопровод трансформатора?

#### **Контрольные вопросы к модулю V.**

#### **Асинхронные машины. Синхронные машины. Электропривод и аппараты управления.**

1. На чем основан принцип работы асинхронного двигателя?
2. В каких режимах могут работать асинхронные машины?
3. Что такое пульсационные потери?
4. В каких пределах меняется скольжение асинхронного двигателя?
5. В каких пределах меняется скольжение в режиме асинхронного генератора?
6. Что такое скольжение?
7. В каких пределах меняется скольжение в режиме асинхронного тормоза?
8. Какой знак имеет скольжение в режиме асинхронного двигателя?
9. Какой знак имеет скольжение в режиме асинхронного генератора?
10. В асинхронном двигателе пусковой момент может ли быть равным максимальному?
11. Что такое добавочные потери?
12. Какие вы знаете способы пуска в асинхронных двигателях?
13. В какую обмотку включаются добавочные элементы при пуске асинхронного двигателя с фазным ротором?
14. Какие преимущества имеет асинхронный двигатель с фазным ротором по сравнению с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором?
15. Какие вы знаете отличительные особенности двухклеточного двигателя?
16. Какие вы знаете отличительные особенности глубокопазного двигателя?
17. Чем отличаются характеристики глубокопазного и двухклеточного двигателя от соответствующих характеристик двигателя с нормальными пазами?
18. Какие вы знаете способы торможения асинхронных двигателей?
19. Какие вы знаете способы регулирования асинхронных двигателей?
20. Какой способ пуска однофазного асинхронного двигателя наиболее предпочтительный?
21. Как можно перевести трехфазный асинхронный двигатель в однофазный режим?
22. Начертите механическую характеристику асинхронного двигателя:
  - а) с короткозамкнутым ротором;
  - б) с фазным ротором.

23. Какие имеют преимущества и недостатки асинхронные двигатели по сравнению с двигателями постоянного тока?
24. Что такое двигатель двойного питания?
25. Что собой представляют сельсины?
26. Обрисуйте области применения асинхронных двигателей?
27. Опишите принцип работы синхронного двигателя.
28. Объясните принцип работы синхронного генератора.
29. На сколько отличается скорость вращения поля статора в синхронной машине от скорости вращения ротора?
30. Что такое реакция якоря в синхронной машине (продольная, поперечная, смешанная)?
31. Какие вы знаете конструктивные исполнения ротора синхронной машины?
32. Какая разница между турбо- и гидро-генераторами?
33. Чему равен коэффициент продольной реакции якоря в явнополюсной синхронной машине?
34. Чему равен коэффициент поперечной реакции якоря в явнополюсной синхронной машине?
35. Начертите основную диаграмму ЭДС синхронного генератора.
36. Что такое отношение короткого замыкания?
37. Начертите характеристику холостого хода синхронного генератора?
38. Что такое характеристика короткого замыкания синхронного генератора?
39. Начертите и объясните U-образную характеристику.
40. Какие возможны варианты совместной работы синхронного генератора с сетью?
41. Какой вариант совместной работы синхронного генератора с сетью наиболее предпочтительный и почему?
42. Перечислите условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью.
43. Что такое схема на потухание огня?
44. Что такое схема на вращение света?
45. Что такое самосинхронизация?
46. Какой способ включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью преимущественно используется на практике?
47. Что такое статическая устойчивость синхронного генератора?
48. Как можно увеличить предел статической устойчивости синхронного генератора?
49. Как можно регулировать развиваемую активную мощность синхронного генератора, работающего параллельно с сетью?
50. Опишите принцип работы синхронного двигателя.
51. Опишите как устроен синхронный двигатель.
52. Какие вы знаете способы пуска синхронного двигателя?
53. Какие вы знаете преимущества и недостатки синхронного двигателя?
54. Что выполняет роль «пусковой клетки» в турбомашине?
55. Какую мощность вырабатывает синхронный компенсатор?

56. Что надо делать, чтобы перевести синхронный двигатель в режим синхронного компенсатора?
57. Чему равен момент на валу синхронного компенсатора?
58. Расскажите про U-образную характеристику.
59. Как можно по U-образной характеристике определить коэффициент мощности (величину и знак)?
60. Какие вы знаете специальные синхронные машины?
61. Что такое синхронный гистерезисный двигатель?
62. Что такое синхронный редукторный двигатель?
63. Что называется электроприводом? Общие сведения.
64. Понятие о выборе электродвигателей.
65. Выбор электродвигателей по мощности.
66. Виды электродвигателей по способу защиты от воздействия окружающей среды.
67. Аппараты управления.
68. Пожарная опасность электродвигателей и аппаратов управления.
69. Что такое шаговый двигатель?
70. Механическая характеристика какого двигателя называется абсолютно жесткой?
71. Какие вы знаете преимущества и недостатки асинхронного двигателя с фазным ротором?
72. В каких областях народного хозяйства наиболее широко применяются синхронные двигатели?
73. В каких областях народного хозяйства наиболее широко применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым и фазным ротором?
74. Какой из известных вам двигателей наиболее дешевый, простой, надежный в работе?
75. Какой из известных вам двигателей наиболее просто, надежно и дешево регулируется?
76. Что такое трансформатор – это электрическая машина или электромагнитный аппарат?
77. Электропривод и аппараты управления.
78. Применение электроприводов с частотными регуляторами (ЧРП).

### **ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ:**

#### **Модуль II. Машины постоянного тока.**

**Задача 1.** В четырехполюсной машине постоянного тока длина окружности якоря  $\pi D_a = 0.4$  м, активная длина проводника обмотки якоря  $l = 0.1$  м, магнитный поток обмотки возбуждения  $\Phi_b = 0.01$  Вб. Определить среднее значение магнитной индукции.

**Задача 2.** В шестиполусной машине постоянного тока поток возбуждения  $\Phi_b = 0.01$  Вб, якорь вращается с частотой  $n = 60$  об/мин. Определить среднее значение ЭДС, индуцируемой в проводнике обмотки якоря.

**Задача 3.** В четырехполюсной машине постоянного тока длина окружности якоря  $\pi D_a = 0.4$  м, активная длина проводника якорной обмотки  $l = 0.1$  м, индукция в воздушном

зазоре  $B_{\delta} = 1$  Тл. Определить ЭДС якорной обмотки, если частота вращения ротора  $n = 60$  об/мин, обмотка имеет 460 проводников и одну пару параллельных ветвей.

**Задача 4.** Пластины коллектора движутся относительно щеток с линейной скоростью  $v = 25$  м/с, ширина щетки  $b_{щ} = 0.01$  м. Определить период коммутации.

**Задача 5.** Какой способ улучшения коммутации целесообразно использовать в мощных машинах постоянного тока при переменной нагрузке?

**Задача 6.** ЭДС генератора независимого возбуждения  $E_a = 240$  В, сопротивление якорной обмотки  $r_a = 0.1$  Ом. Определить напряжение на щетках генератора при токе нагрузки  $I_H = 100$  А.

**Задача 7.** Напряжение на зажимах генератора параллельного возбуждения  $U_H = 220$  В, сопротивление якорной обмотки  $r_a = 0.1$  Ом, сопротивление обмотки возбуждения  $r_b = 100$  Ом. Определить ЭДС обмотки якоря, если известно, что ток нагрузки  $I_H = 100$  А.

**Задача 8.** Возбудится ли генератор параллельного возбуждения, если изменить направление вращения якоря?

**Задача 9.** Мощность, потребляемая генератором постоянного тока от приводного двигателя,  $P_1 = 50$  кВт, суммарные потери мощности в генераторе  $\Sigma \Delta P = 5$  кВт. Определить коэффициент полезного действия генератора.

**Задача 10.** Как изменятся электрические потери в обмотке якоря генератора независимого возбуждения при увеличении нагрузки генератора в два раза?

**Задача 11.** Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения при напряжении  $U = 110$  В, частоте вращения  $n = 1000$  об/мин, коэффициенте полезного действия  $\eta = 0.85$  развивает мощность на валу  $P_2 = 5$  кВт. Определить значение пускового момента, если значение пускового тока  $I_H$ , ограниченного пусковым реостатом, равно 160 А. Насыщением магнитной системы и реакцией якоря пренебречь.

**Задача 12.** Определить силу, действующую на проводник якоря четырехполюсной машины постоянного тока, если диаметр якоря  $D_a = 0.04$  м, активная длина проводника якорной обмотки  $l = 0.05$  м, поток возбуждения  $\Phi_B = 0.01$  Вб, ток в проводнике  $I_{пр} = 10$  А.

**Задача 13.** Определить вращающий момент четырехполюсного двигателя, если диаметр якоря  $D_a = 0.05$  м, активная длина проводника якорной обмотки  $l = 0.04$  м, индукция в воздушном зазоре  $B_{\delta} = 1$  Тл, ток якоря  $I_a = 10$  А, число проводников простой петлевой обмотки якоря  $N = 200$ .

**Задача 14.** Как изменится вращающий момент двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при увеличении тока обмотки якоря в два раза?

**Задача 15.** При частоте вращения  $n = 975$  об/мин двигатель постоянного тока отдает полезную мощность  $P_2 = 5$  кВт. Определить полезный момент двигателя.

**Задача 16.** При напряжении  $U_H = 220$  В двигатель постоянного тока потребляет из сети ток  $I_H = 20$  А. Мощность на валу двигателя  $P_2 = 3.3$  кВт. Определить суммарные потери мощности в двигателе.

**Задача 17.** При напряжении  $U_H = 220$  В двигатель параллельного возбуждения потребляет ток  $I_H = 20$  А и вращается с частотой  $n = 1400$  об/мин. Определить частоту вращения двигателя после введения добавочного сопротивления в цепь якоря  $r_d = r_a$ , если известно, что  $r_a = 0.1$  Ом, а сопротивление обмотки возбуждения  $r_b = 100$  Ом.

**Задача 18.** Для генератора постоянного тока независимого возбуждения известны технические данные: номинальное напряжение  $U_H = 230$  В, потребляемая мощность  $P_1 = 45$  кВт, ток возбуждения  $I_B = 20$  А, сопротивление обмотки возбуждения и якоря соответственно  $r_b = 100$  Ом и  $r_a = 0.12$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0.86$ .



Определить ЭДС якорной обмотки  $E_a$ , электромагнитную мощность  $P_{эм}$ , потери в обмотке возбуждения  $P_{эл.в}$ , суммарные потери мощности  $\Sigma \Delta P$ .

**Задача 19.** Для генератора постоянного тока независимого возбуждения известны технические данные: номинальная мощность  $P_H = 40$  кВт, номинальное напряжение  $U_H = 230$  В, сопротивление цепи якоря при рабочей температуре  $r_a = 0.12$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0.86$ , номинальная частота вращения  $n = 1470$  об/мин. Определить: номинальный ток генератора  $I_H$ , сопротивление нагрузки  $r_H$ , ЭДС генератора  $E_a$ , суммарные потери мощности  $\Sigma \Delta P$ , электромагнитную мощность  $P_{эм}$ , электромагнитный момент  $M_{эм}$ .

**Задача 20.** Генератор параллельного возбуждения работает на сеть напряжением  $U_H = 120$  В. Сопротивления обмоток якоря и возбуждения в рабочем режиме  $r_a = 0.08$  Ом,  $r_b = 18$  Ом, сопротивление нагрузки  $r_H = 1.2$  Ом. Определить: ток нагрузки генератора, ток в цепи возбуждения, ток якоря, ЭДС генератора, полезную мощность, потери в цепи якоря, потери в цепи возбуждения.

**Задача 21.** Для генератора постоянного тока параллельного возбуждения известны технические данные: номинальное напряжение  $U_H = 115$  В, номинальный ток  $I_H = 20$  А, сопротивление цепи якоря работающей машины  $r_a = 0.4$  Ом, сопротивление цепи возбуждения работающей машины  $r_b = 145$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0.8$ , частота вращения  $n = 2850$  об/мин. Определить: номинальную мощность генератора, мощность первичного двигателя, ток якоря, электромагнитную мощность, ЭДС генератора, электромагнитный момент.

**Задача 22.** Напряжение на зажимах генератора параллельного возбуждения  $U_H = 120$  В, сопротивление нагрузки  $r_H = 4$  Ом, сопротивления обмоток якоря и возбуждения при рабочей температуре  $r_a = 0.25$  Ом,  $r_b = 60$  Ом. Определить: ток якоря, номинальную мощность генератора, ЭДС генератора, электромагнитную мощность генератора.

**Задача 23.** Для генератора постоянного тока смешанного возбуждения известны технические данные: номинальная мощность  $P_H = 10$  кВт, номинальное напряжение  $U_H = 220$  В, ЭДС  $E_a = 230$  В, ток возбуждения  $I_b = 2$  А, сопротивление последовательной обмотки возбуждения  $r_{в.с} = 0.15$  Ом, частота вращения  $n = 1470$  об/мин. Определить: ток якоря, сопротивление якорной цепи, сопротивление цепи возбуждения (параллельной), электромагнитную мощность, электромагнитный момент.

**Задача 24.** Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения известны технические данные: номинальная мощность  $P_H = 10$  кВт, номинальное напряжение  $U_H = 220$  В, сопротивление цепи якоря при рабочей температуре  $r_a = 0.3$  Ом, сопротивление цепи возбуждения при рабочей температуре  $r_b = 85$  Ом, КПД двигателя  $\eta = 0.795$ . Определить: потребляемую мощность, ток якоря, ЭДС, электрические потери в цепи якоря, потери в цепи возбуждения, суммарные потери мощности, потери холостого хода.

**Задача 25.** Тяговый двигатель постоянного тока последовательного возбуждения имеет номинальную мощность  $P_H = 52$  кВт, коэффициент полезного действия  $\eta = 81\%$ , частоту вращения  $n = 650$  об/мин, номинальное напряжение  $U_H = 550$  В, общее сопротивление обмоток якоря и возбуждения  $r_a + r_b = 0.095$  Ом. Определить: потребляемую мощность, ток двигателя, полезный момент на валу, ЭДС, суммарные потери мощности.

**Задача 26.** Двигатель постоянного тока смешанного возбуждения имеет следующие технические данные: номинальная мощность  $P_H = 25$  кВт, номинальное напряжение  $U_H = 220$  В, сопротивление якорной цепи  $r_a = 0.111$  Ом, сопротивление последовательной обмотки возбуждения  $r_{в.с} = 0.0048$  Ом, сопротивление параллельной обмотки возбуждения  $r_{в.п} = 48.4$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0.86$ . Определить: номинальный ток

двигателя, ток якоря, потребляемую мощность, ЭДС, электрические потери в параллельной обмотке возбуждения.

#### Модуль IV. Трансформаторы.

**Задача 27.** Определить номинальный ток вторичной обмотки  $I_{2н}$  однофазного трансформатора, если номинальная мощность  $S_n = 20$  кВА, номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1н} = 10$  кВ, коэффициент трансформации  $k = 15$ .

**Задача 28.** Определить номинальную мощность трехфазного трансформатора  $S_n$  и номинальный ток первичной обмотки  $I_{1н}$ , если номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1н} = 20$  кВ, номинальное напряжение вторичной обмотки  $U_{2н} = 0.4$  кВ, номинальный ток вторичной обмотки  $I_{2н} = 150$  А.

**Задача 29.** Найти действующие значения ЭДС в обмотках  $E_1$  и  $E_2$ , если максимальный магнитный поток  $\Phi_{max} = 0.02$  Вб, частота тока  $f = 50$  Гц, числа витков первичной и вторичной обмоток соответственно  $W_1 = 100$ ,  $W_2 = 50$ .

**Задача 30.** Максимальный магнитный поток в сердечнике однофазного трансформатора  $\Phi_{max} = 0.02$  Вб, число витков первичной обмотки  $W_1 = 500$ . Определить коэффициент трансформации  $k$  и подведенное напряжение  $U_1$ , если напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме холостого хода  $U_{2o} = 127$  В, частота напряжения сети  $f = 50$  Гц.

**Задача 31.** Номинальное напряжение первичной обмотки однофазного трансформатора  $U_{1н} = 200$  В, мощность нагрузки  $P_2 = 1$  кВт, коэффициент мощности нагрузки  $\cos \varphi_2 = 0.8$ . Определить значение коэффициента трансформации  $k$ .

**Задача 32.** Определить приведенное значение тока вторичной обмотки  $I'_{2н}$ , если номинальный ток вторичной обмотки  $I_{2н} = 10$  А, номинальные напряжения первичной и вторичной обмоток соответственно  $U_{1н} = 10$  кВ и  $U_{2н} = 0.4$  кВ, обмотки соединены по схеме  $Y/\Delta$ .

**Задача 33.** Число витков первичной обмотки однофазного трансформатора  $W_1 = 100$ , магнитный поток в сердечнике  $\Phi = 0.01$  Вб. Определить ЭДС  $E_1$ , если частота тока питающей сети  $f = 50$  Гц.

**Задача 34.** Трансформатор включен в сеть переменного тока промышленной частоты. Индуктивность рассеяния первичной обмотки  $L_{\sigma 1} = 0.001$  Гн. Определить индуктивное сопротивление рассеяния первичной обмотки  $x_{\sigma 1}$ .

**Задача 35.** Известно, что вторичная обмотка трансформатора соединена по схеме «треугольник», ток нагрузки  $I_2 = 100$  А. На какой ток должны быть рассчитаны катушки фаз вторичной обмотки?

**Задача 36.** Обмотки трехфазного трансформатора соединены по схеме  $Y/\Delta$ , число витков каждой фазы первичной обмотки  $W_1 = 1000$ , вторичной обмотки  $W_2 = 200$ . Определить линейное напряжение на выходе трансформатора, если линейное напряжение питающей сети  $U_1 = 1000$  В.

**Задача 37.** В режиме холостого хода трансформатор потребляет мощность  $P_0 = 3.6$  Вт, в режиме короткого замыкания –  $P_k = 2$  Вт, масса стали сердечника трансформатора  $G = 3$  кг. Определить удельные потери в стали  $p_0$ .

**Задача 38.** Определить активную составляющую тока холостого хода  $I_{оа}$  однофазного трансформатора, если его номинальная мощность  $S_n = 100$  ВА, номинальный первичный ток  $I_{1н} = 1$  А, потери холостого хода  $P_0 = 10$  Вт.

**Задача 39.** Первичная обмотка одного трехфазного трансформатора соединена по схеме «звезда», другого – «треугольник». Оба трансформатора присоединены к сети с одинаковым напряжением и имеют одинаковые магнитные потоки. Как отличаются числа витков первичных обмоток трансформаторов?

**Задача 40.** На щитке трансформатора обозначено:  $U_{1H} = 110$  кВ,  $U_K = 10\%$ . Какое напряжение следует подать на первичную обмотку, чтобы в режиме короткого замыкания в обмотках протекали номинальные токи?

**Задача 41.** Потери короткого замыкания трансформатора  $P_K = 3$  кВт, номинальная мощность трансформатора  $S_H = 100$  кВА. Определить активную составляющую напряжения короткого замыкания  $U_{ка}$  в процентах.

**Задача 42.** В опыте короткого замыкания однофазного трансформатора вольтметр показывает значение 5 В, амперметр – 1 А, ваттметр – 3 Вт. Определить сопротивления схемы замещения  $z_K$  и  $x_K$ .

**Задача 43.** При замкнутой накоротко вторичной обмотке на вход трансформатора подано напряжение  $U_K = 10$  В, что составляет 5 % от номинального значения, при этом токи в обмотках  $I_{1K} = I_{1H} = 2.5$  А,  $I_{2K} = I_{2H} = 10$  А. Определить мощность однофазного трансформатора и напряжение на выходе при номинальной нагрузке.

**Задача 44.** При номинальном режиме работы трансформатора потери в стали магнитопровода составляют 400 Вт. Определить потери в стали при опыте короткого замыкания, если напряжение короткого замыкания  $U_K = 5\%$ .

**Задача 45.** Ток холостого хода однофазного трансформатора  $I_0 = 1$  А, первичная обмотка имеет 100 витков. Определить значение МДС при холостом ходе трансформатора.

**Задача 46.** Ваттметр, подключенный к зажимам источника питания трансформатора, показывает значения: при холостом ходе 50 Вт, при коротком замыкании 50 Вт, при номинальной нагрузке 1 кВт. Определить КПД трансформатора.

**Задача 47.** Номинальная мощность на выходе трансформатора  $P_{2H} = 0.97$  кВт. В режиме холостого хода ваттметр показывает 10 Вт, в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках – 20 Вт. Определить КПД трансформатора при номинальной нагрузке.

**Задача 48.** Чему равно значение напряжения на зажимах трансформатора, если изменение вторичного напряжения  $\Delta U = 4\%$ , коэффициент нагрузки  $k_H = 0.5$ , номинальное напряжение вторичной обмотки  $U_{2H} = 400$  В?

**Задача 49.** Номинальное первичное напряжение  $U_{1H} = 6$  кВ, коэффициент трансформации  $k = 15$ . Определить изменение вторичного напряжения трансформатора  $\Delta U_H$  в процентах, если при номинальной нагрузке  $U_2 = 380$  В.

**Задача 50.** Определить напряжение на зажимах вторичной обмотки при активной номинальной нагрузке, если активная составляющая напряжения короткого замыкания  $U_{ка} = 2\%$ , номинальное вторичное напряжение  $U_{2H} = 400$  В.

**Задача 51.** Мощность, потребляемая однофазным понижающим трансформатором,  $S_1 = 500$  ВА. Напряжение сети  $U_c = 100$  В. Коэффициент трансформации  $k = 10$ . Определить ток нагрузки.

**Задача 52.** Изменение вторичного напряжения однофазного трансформатора при номинальной нагрузке и коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2 = 1$  составляет 1.97 %. Определить электрические потери в обмотках, если номинальная мощность трансформатора  $S_H = 100$  кВА.

**Задача 53.** Чему равен угол между векторами одноименных линейных напряжений обмоток трансформатора, если их схема и группа соединения – Y/Y-8?

**Задача 54.** Какие группы можно получить при соединении обмоток трехфазного трансформатора по схеме Y/Δ?

**Модуль V. Асинхронные двигатели. Синхронные машины. Электропривод и аппараты управления.**

**Задача 55.** Шесть катушек, оси которых сдвинуты в пространстве одна относительно другой на угол  $60^\circ$ , питаются трехфазным током частотой  $f = 50$  Гц. Определить частоту вращения магнитного поля  $n_1$ .

**Задача 56.** Магнитное поле, созданное трехфазным током частотой  $f = 50$  Гц, вращается с частотой  $n_1 = 3000$  об/мин. Сколько полюсов  $2p$  имеет это магнитное поле?

**Задача 57.** Три катушки обмотки статора асинхронной машины питаются от сети трехфазного тока частотой  $f = 50$  Гц. Ротор вращается с частотой  $n = 2850$  об/мин. Определить скольжение  $s$ .

**Задача 58.** Частота тока питающей сети увеличилась в 2 раза. Как изменится частота ЭДС в обмотке неподвижного ротора?

**Задача 59.** Частота тока питающей сети  $f = 50$  Гц. Скольжение асинхронного двигателя  $s = 2\%$ . Определить частоту тока в обмотке ротора  $f_2$ .

**Задача 60.** Магнитное поле относительно ротора перемещается с частотой  $n_s = 60$  об/мин. Определить частоту тока в обмотке ротора  $f_2$ , если число пар полюсов  $p = 2$ .

**Задача 61.** При скольжении  $s = 2\%$  электродвижущая сила в фазе обмотки ротора  $E_{2s} = 1$  В. Чему равна ЭДС этой обмотки  $E_2$  при неподвижном роторе?

**Задача 62.** Активное сопротивление фазы обмотки неподвижного ротора  $r_2 = 10$  Ом, индуктивное сопротивление рассеяния  $x_2 = 150$  Ом. Как изменятся величины этих сопротивлений при скольжении  $s = 10\%$ ?

**Задача 63.** Изменяется ли угол между векторами тока и ЭДС фазы обмотки ротора при изменении частоты его вращения в диапазоне  $n \in (0; n_H]$ ?

**Задача 64.** Напряжение на зажимах асинхронного двигателя уменьшилось в 2 раза. Как изменится его вращающийся момент?

**Задача 65.** На заводской табличке асинхронного двигателя указано:  $U_H = 380\text{В}/220\text{В}$ . Двигатель подключают к сети напряжением  $U_{\text{Д}} = 220\text{В}$ . Какой должна быть схема обмотки статора?

**Задача 66.** Две катушки, сдвинутые в пространстве на угол  $90^\circ$ , питаются двухфазным током частотой  $f = 50$  Гц. Определить частоту вращения магнитного поля.

**Задача 67.** Известно, что токи в фазах двухфазной обмотки изменяются по закону:  $i_A = I_{\text{max}} \cos \omega t$ ,  $i_B = I_{\text{max}} \sin \omega t$ . Чему равны значения токов  $i_A$ ,  $i_B$  в моменты времени  $t = T/4$  и  $t = T/2$  ( $T$  – период тока)?

**Задача 68.** На какой угол повернется за четверть периода: а) двухполюсное вращающееся магнитное поле; б) шестиполюсное вращающееся магнитное поле?

**Задача 69.** Частота трехфазного тока обмотки статора  $f = 50$  Гц. Определить частоту вращения: а) двухполюсного магнитного поля; б) шестиполюсного магнитного поля.

**Задача 70.** Сколько катушек, питаемых трехфазным током, необходимо для получения шестиполюсного вращающегося магнитного поля?

**Задача 71.** Активное сопротивление обмотки ротора увеличено в два раза. Как изменится величина максимального вращающего момента двигателя при прочих равных условиях?

**Задача 72.** При скольжении  $s = 1$  вращающий момент  $M_{\text{П}} = 1$  Нм, момент нагрузки на валу двигателя  $M_{\text{с}} = 1.5$  Нм, опрокидывающий момент  $M_{\text{max}} = 2$  Нм. Можно ли запустить этот двигатель под нагрузкой?

**Задача 73.** На какую мощность должен быть рассчитан генератор, питающий асинхронный двигатель, который развивает на валу механическую мощность  $P_2 = 5$  кВт, если известно, что коэффициент мощности двигателя  $\cos \phi = 0.8$ , а его коэффициент полезного действия  $\eta = 0.9$ ?

**Задача 74.** Пусковой момент асинхронного двигателя при номинальном напряжении  $M_{\Pi} = 100$  Нм. Возможен ли запуск двигателя при снижении напряжения на 10 %, если момент нагрузки на валу  $M_c = 90$  Нм?

**Задача 75.** Максимальный момент асинхронного двигателя  $M_{\max} = 100$  Нм, номинальный –  $M_H = 50$  Нм. Как изменится перегрузочная способность двигателя при снижении напряжения на 10 %?

**Задача 76.** Сопротивление фазы ротора трехфазного асинхронного двигателя с контактными кольцами  $r_2' = 0.01$  Ом. Определить сопротивление пускового реостата, обеспечивающее при включении в цепь ротора запуск двигателя с максимально возможным моментом, если известно, что критическое скольжение  $s_k = 0.2$  о.е.

**Задача 77.** Паспортные данные асинхронного двигателя:  $P = 100$  кВт,  $U = 380$  В,  $\eta = 91.5$  %,  $\cos \varphi = 0.92$ ,  $n = 2960$  об/мин. Определить номинальный ток, номинальный момент, скольжение и частоту тока в роторе, если частота потребляемого из сети тока  $f = 50$  Гц.

**Задача 78.** Для трехфазного асинхронного двигателя известны следующие данные: номинальная частота вращения  $n_H = 1450$  об/мин, частота напряжения питающей сети  $f = 50$  Гц, электромагнитная мощность  $P_{\text{эм}} = 500$  Вт, механические потери  $\Delta P_{\text{мех}} = 53.3$  Вт. Определить номинальный и электромагнитный момент двигателя.

**Задача 79.** Определить пусковой момент асинхронного двигателя, если электрические потери в роторной цепи при пуске составляют 6.25 кВт, частота тока питающей сети  $f = 50$  Гц, номинальная частота вращения  $n_H = 570$  об/мин.

**Задача 80.** В цепь ротора четырехполюсного асинхронного двигателя с контактными кольцами подключен прибор магнитоэлектрической системы с нулем по середине шкалы. При питании статорной обмотки от сети частотой  $f = 50$  Гц стрелка прибора за 30 секунд делает 60 полных колебаний. Определить частоту вращения ротора.

**Задача 81.** Значение ЭДС, индуцируемой в фазе ротора асинхронной машины при скольжении  $s = 0.03$ , равно 6 В. Определить ток в обмотке неподвижного ротора, если активное сопротивление фазы обмотки ротора  $r_2 = 0.01$  Ом, индуктивность рассеяния  $L_2 = 2.2 \cdot 10^{-4}$  Гн, частота сети  $f = 50$  Гц.

**Задача 82.** Асинхронный двигатель с фазным ротором имеет активное сопротивление фазы ротора  $r_2 = 0.6$  Ом, индуктивное сопротивление неподвижного ротора  $x_2 = 2.2$  Ом. Известно, что ЭДС фазы неподвижного ротора  $E_2 = 300$  В, частота вращения ротора  $n = 1440$  об/мин. Определить ЭДС при вращающемся роторе  $E_{2s}$ , ток в фазе ротора  $I_{2s}$  при указанной частоте вращения и в момент пуска.

**Задача 83.** Скольжение шестиполюсного асинхронного двигателя равно 3 %. Определить частоту вращения ротора  $n$ , частоту тока обмотки ротора  $f_2$ , если частота тока обмотки статора  $f_1 = 50$  Гц.

**Задача 84.** Электромагнитная мощность асинхронного двигателя  $P_{\text{эм}} = 500$  Вт, полная механическая мощность  $P_{\text{мех}} = 470$  Вт. Найти скольжение, при котором работает двигатель, и электрические потери в роторе.

**Задача 85.** Четырехполюсный асинхронный двигатель питается от сети частотой  $f_c = 50$  Гц. Найти частоту вращения двигателя, если известно, что электромагнитная мощность  $P_{\text{эм}} = 500$  Вт, механическая мощность  $P_{\text{мех}} = 470$  Вт.

**Задача 86.** Для трехфазного асинхронного двигателя известны следующие данные: номинальное напряжение  $U_H = 380$  В, номинальный ток  $I_H = 18.6$  А, активное сопротивление фазы обмотки статора  $r_1 = 0.33$  Ом, потери в стали статора  $P_{cm} = 170$  Вт, коэффициент

мощности  $\cos \varphi_H = 0.85$ , частота вращения ротора  $n_H = 970$  об/мин, схема соединения обмотки статора – «звезда». Определить: потребляемую мощность, электромагнитную мощность, электрические потери в цепи ротора.

**Задача 87(\*).** Определить частоту тока в обмотке ротора, если для асинхронного двигателя с фазным ротором известны следующие данные:  $P_{эм} = 7$  кВт,  $I_2 = 60$  А,  $r_2 = 0.02$  Ом. Обмотка ротора соединена по схеме «звезда».

**Задача 88.** Ротор трехфазного синхронного генератора имеет 12 полюсов. Частота напряжения на зажимах генератора  $f = 50$  Гц. Полезная мощность приводного двигателя 5 кВт. Определить вращающий момент на валу генератора.

**Задача 89.** Трехфазный синхронный генератор вырабатывает напряжение частотой  $f = 50$  Гц. Число полюсов  $2p = 2$ . Приводной двигатель создает вращающий момент на валу  $M_1 = 29$  Нм. Определить полезную мощность приводного двигателя.

**Задача 90.** Трехфазный четырехполюсный синхронный двигатель имеет следующие данные: номинальная мощность  $P_H = 500$  кВт, номинальное напряжение  $U_H = 0.66$  кВ, коэффициент полезного действия  $\eta_H = 0.95$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_H = 0.8$  (опережающий ток), частота тока  $f = 50$  Гц. Определить частоту вращения ротора, номинальный вращающий момент, активную и реактивную составляющие мощности, потребляемый из сети ток статора и его реактивную составляющую.

**Задача 91.** Трехфазный синхронный двигатель включен в сеть напряжением 380 В и развивает на валу мощность 75 кВт. КПД двигателя – 92 %, коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0.8$ . Определить реактивную составляющую потребляемого из сети тока.

**Задача 92.** Полная мощность, потребляемая из сети синхронным двигателем,  $S_1 = 45$  кВА. Коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0.8$ . Суммарные потери мощности  $\Sigma \Delta P = 4$  кВт. Определить коэффициент полезного действия двигателя.

**Задача 93.** Определить напряжение на зажимах трехфазного синхронного генератора, работающего в режиме холостого хода, при соединении обмотки статора по схеме «треугольник» и «звезда», если известно, что частота  $f = 50$  Гц, число последовательно соединенных витков фазы обмотки статора  $W_1 = 180$ , обмоточный коэффициент  $k_{o1} = 0.92$ , максимальное значение магнитного потока одной фазы  $\Phi_{max} = 0.012$  Вб.

**Задача 94.** Трехфазный синхронный генератор расчетной мощностью  $S_H = 5$  мВА характеризуется следующими данными: номинальное напряжение  $U_H = 6.3$  кВ, коэффициент мощности  $\cos \varphi_H = 0.8$ , активное сопротивление фазы обмотки статора  $r_1 = 0.04$  Ом, схема соединения обмотки статора – «звезда». Определить КПД генератора, если потери в магнитопроводе  $P_{ст} = 20$  кВт, добавочные потери составляют 5 % от номинальной мощности, механические потери  $\Delta P_{мех} = 0.005 P_H$ . Напряжение возбуждателя  $U_B = 113$  В, ток возбуждения в номинальном режиме  $I_B = 274$  А, коэффициент полезного действия возбуждателя  $\eta_B = 0.95$ .

**Задача 95.** В цехе устанавливают синхронный двигатель номинальной мощностью  $P_H = 200$  кВт, коэффициентом полезного действия  $\eta_H = 93$  %, коэффициентом мощности  $\cos \varphi_H = 0.9$ . Двигатель предназначен для работы в режиме перевозбуждения. Определить коэффициент мощности нагрузки после установки синхронного двигателя, если в цехе установлен асинхронный двигатель, потребляющий мощность  $P_{1(АД)} = 400$  кВт и имеющий  $\cos \varphi_{1(АД)} = 0.8$ .

**Задача 96.** Трехфазный синхронный двигатель в номинальном режиме имеет технические данные: мощность  $P_H = 600$  кВт, напряжение  $U_H = 3000$  В, коэффициент полезного действия  $\eta_H = 93$  %, коэффициент мощности  $\cos \varphi_H = 0.8$ , угол нагрузки  $\theta = 30^\circ$ . Определить потребляемый из сети ток и перегрузочную способность двигателя.

**Задача 97.** Трехфазный синхронный двигатель включен в сеть напряжением 220 В, потребляет линейный ток  $I_{\text{л}} = 100$  А и развивает мощность на валу  $P_{\text{н}} = 25$  кВт. КПД двигателя  $\eta = 90$  %. Определить реактивную мощность, потребляемую двигателем из сети.

**Задача 98.** Трехфазный синхронный двигатель включен в сеть напряжением  $U_{\text{н}} = 660$  В и потребляет ток  $I = 50$  А, КПД двигателя  $\eta_{\text{н}} = 0.9$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{н}} = 0.8$ . Определить суммарные потери мощности в двигателе.

**Задача 99.** На какой угол повернется ротор четырехполюсного синхронного двигателя за четверть периода тока?

**Задача 100.** Вращающий момент на валу трехфазного синхронного генератора – 48 Нм. Полезная мощность приводного двигателя – 5 кВт. Частота напряжения на зажимах генератора  $f = 50$  Гц. Определить число полюсов генератора.

**Задача 101.** Внешний вращающий момент неявнополюсного генератора, работающего параллельно с сетью бесконечно большой мощности, при неизменном токе возбуждения  $I_{\text{вн}}$  уменьшился в два раза по сравнению с его номинальным значением. Известно, что коэффициент статической перегружаемости  $k_{\text{ст}} = 2$ . Определить угол  $\theta$  между векторами ЭДС и напряжения генератора. Как изменится значение угла, если при номинальной нагрузке ток возбуждения генератора уменьшить до значения  $I_{\text{в}} = 0.75I_{\text{вн}}$ ?

**Задача 102.** Турбогенератор включен на параллельную работу в энергетическую систему. При этом угол между векторами ЭДС  $\vec{E}_{\text{в}}$  и тока нагрузки  $\vec{I}$  в номинальном режиме равен  $57^\circ$ , коэффициент мощности при отстающем токе  $\cos \varphi_{\text{н}} = 0.8$ . Определить угол нагрузки  $\theta$  и коэффициент статической перегружаемости генератора.

**Задача 103.** Трехфазный синхронный двигатель, номинальная мощность которого  $P_{\text{н}} = 6300$  кВт, работает в режиме холостого хода при  $U_{\text{н}} = 6$  кВ и  $\cos \varphi = 1$ . Определить потребляемый двигателем ток, если суммарные потери мощности  $\Sigma \Delta P = 6$  кВт.

**Задача 104.** Трехфазный синхронный двигатель номинальной мощностью  $P_{\text{н}}$  и числом полюсов  $2p$  работает от сети напряжением  $U_{1\text{н}}$  (обмотка статора соединена «звездой»). КПД двигателя  $\eta_{\text{н}}$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{н}}$  при опережающем токе статора. Перегрузочная способность двигателя –  $\lambda$ , а его пусковые параметры определены кратностью пускового тока  $I_{\text{п}}/I_{\text{н}}$  и кратностью пускового момента  $M_{\text{п}}/M_{\text{н}}$ . Значения этих величин приведены в (табл. 1.) Требуется определить: потребляемые двигателем из сети активную мощность  $P_{1\text{н}}$  и ток  $I_{1\text{н}}$ , развиваемый двигателем при номинальной нагрузке вращающий момент  $M_{\text{н}}$ , суммарные потери мощности  $\Sigma \Delta P$ , пусковой момент  $M_{\text{п}}$  и пусковой ток  $I_{\text{п}}$ , а также вращающий момент  $M_{\text{max}}$ , при котором двигатель выпадает из синхронизма.

Таблица 1

Варианты	Величины							
	$P_{\text{н}}$ , кВт	$U_{1\text{н}}$ , кВ	$2p$	$\cos \varphi_{\text{н}}$	$\eta_{\text{н}}$ , %	$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}}$	$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}}$	$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{н}}}$
1	575	6.0	16	0.8	93	5.0	1.4	1.5
2	600	3.0	10	0.9	92	5.5	1.7	1.5
3	325	3.0	8	0.9	90	4.5	1.7	1.6
4	60	0.38	6	0.8	89	4.5	2.2	1.6
5	160	0.38	6	0.8	90	4.8	2.4	1.5

**Задача 105.** В трехфазную сеть напряжением  $U_{\text{с}}$  включен потребитель мощностью  $S_{\text{п}}$  при коэффициенте мощности  $\cos \varphi$ . Определить мощность синхронного компенсатора  $Q_{\text{к}}$ , который следует подключить параллельно потребителю, чтобы коэффициент

мощности сети повысился до значения  $\cos \varphi'$ . Насколько необходимо увеличить мощность синхронного компенсатора, чтобы повысить коэффициент мощности сети еще на 0.05 (табл. 2)?

Таблица 2

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_c, \text{kВ}$	6	10	20	35	6	10	20	35	6	10
$S_{\text{п}}, \text{kВa} \cdot 10^3$	0.66	4.5	1.8	2.4	0.8	7	1.5	3.5	2.0	3.5
$\cos \varphi, \text{о.е.}$	0.70	0.72	0.70	0.75	0.70	72	0.75	0.74	0.78	0.72
$\cos \varphi', \text{о.е.}$	0.90	0.92	0.88	0.90	0.85	0.80	0.83	0.85	0.90	0.95

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

**Критерии оценок** следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов**– в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.



### **Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно;
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно;
- «66 - 85» баллов – хорошо;
- «86 - 100» баллов – отлично;
- «51 и выше» баллов – зачет.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Общий результат по модулю выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущей работы - 40 % и текущего контроля - 30 %.

Текущая работа по дисциплине включает:

- посещение занятий - 15 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- устный опрос -     баллов,
- письменная контрольная работа - 30 баллов.

2. Промежуточный контроль

- устный опрос - 30 баллов,
- письменная контрольная работа - 30 баллов,
- тестирование - 30 баллов.

### **8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

а) адрес сайта курса

1. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
2. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг.гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>
3. <http://cathedra.dgu.ru/OfTheDepartment.aspx?id=2563>

б) основная литература:

1. Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник задач / В.И. Парамонова. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>
2. Дробов А.В. Электрические машины [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Дробов, В.Н. Галушко. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. — 292 с. — 978-985-503-540-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67795.html>

3. Усольцев А.А. Электрические машины [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Усольцев. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2013. — 420 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65383.html>
  4. Копылов, И.П. Электрические машины [Текст]: учеб. для студентов электромехан. и электроэнергет. специальностей вузов / Копылов, Игорь Петрович. - Изд. 6-е, стер. - М.: Высш. шк., 2009. - 606 с.
  5. Беспалов, В.Я. Электрические машины [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подгот. 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Беспалов, Виктор Яковлевич, Н. Ф. Котеленец. - М.: Academia, 2006. - 312 с.
- в) дополнительная литература:
1. Быковский В.В. Исследование электрических машин [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / В.В. Быковский, И.И. Гирфанов. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 112 с. — 978-5-7410-1215-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52321.html>
  2. Сипайлова Н.Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Ю. Сипайлова. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2014. — 168 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34657.html>
  3. Дробов А.В. Электрические машины. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Дробов, В.Н. Галушко. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017. — 112 с. — 978-985-503-650-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67794.html>
  4. Быковский В.В. Исследование электрических машин [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / В.В. Быковский, И.И. Гирфанов. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 112 с. — 978-5-7410-1215-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52321.html>
  5. Электрические машины. Часть II. Синхронные машины [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам по курсу «Электрические машины» для студентов 3 и 4 курсов / . — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 52 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45194.html>
  6. Любицкий М.В. Электрические машины [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / М.В. Любицкий, А.И. Колдаев, Д.В. Болдырев. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 134 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63160.html>
  7. Игнатович В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.М. Игнатович, Ш.С. Ройз. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2013. —



182 с. — 2227-8397. — Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/34738.html>

8. Кузнецов Н.Л. Сборник задач по надежности электрических машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Л. Кузнецов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 408 с. — 978-5-383-00261-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33098.html>
9. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. Том 1 [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.В. Иванов-Смоленский. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский дом МЭИ, 2006. — 653 с. — 5-903072-52-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33203.html>
10. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. Том 2 [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.В. Иванов-Смоленский. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский дом МЭИ, 2006. — 533 с. — 5-903072-67-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33204.html>
11. Гольдберг, О.Д. Проектирование электрических машин [Текст]: [учебник] / Гольдберг, Оскар Давидович, И. С. Свириденко; под ред. О.Д.Гольдберга. - 3-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 2006. - 430 с.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
2. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг.гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>
3. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный.
4. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
5. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020
6. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru). Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. 537 наименований.
7. **Springer**. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP, подписанный Министерством образования и науки, предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанному ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок.
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>



9. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023 г.
10. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.
11. **Scopus** издательства Elsevier B. V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B. V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>
12. **Wiley Online Library**. Коллекция журналов Freedom Collection издательства Elsevier. Письмо РФФИ от 17.07.2010 г. № 742 о предоставлении лицензионного доступа к электронному ресурсу Freedom Collection издательства Elsevier в 2022 г. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
13. **Международное издательство Springer Nature**. Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
14. **Журналы American Physical Society**. Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>
15. **Журналы Royal Society of Chemistry**. База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
16. **Журнал Science (AAAS)** <http://www.sciencemag.org/>
17. **Единое окно** <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)
18. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>
19. **Нэикон** <http://archive.neicon.ru/>

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы. Методические указания не должны подменять учебную литературу, а должны мотивировать студента к самостоятельной работе.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе «Учебно-методическое обеспечение. Литература».

**Лекционный курс.** Лекция является основной формой обучения в

ВУЗе. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования студент делает необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения дисциплины особое значение имеют рисунки, поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все рисунки, сделанные преподавателем на доске. Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

#### ***Рекомендации по написанию реферата.***

Этапы (план) работы над рефератом:

1) Выбрать тему. Она должна быть знакома и интересна. Желательно, чтобы тема содержала какую-нибудь проблему или противоречие и имела отношение к современной жизни.

2) Определить, какая именно задача, проблема существует по этой теме и пути её решения. Для этого нужно название темы превратить в вопрос.

3) Найти книги, статьи, периодические издания по выбранной теме (не менее 10). Составить список этой литературы.

4) Сделать выписки из книг и статей. (Обратить внимание на непонятные слова и выражения, уточнить их значение в справочной литературе).

5) Составить план основной части реферата.

6) Написать черновой вариант каждой главы.

7) Показать черновик преподавателю.

8) Написать реферат.

9) Составить сообщение на 5-7 минут, не более.

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

1. Федеральный центр образовательного законодательства.  
<http://www.lexed.ru>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. База данных электронных библиотечных ресурсов Elsevier <http://elsevierscience.ru>
5. Информационные ресурсы издательства Springer <http://www.springerlink.com/journals>



6. Библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/lib>
7. Электронные источники научно-технической информации некоммерческого партнерства «Национальный электронно-информационный консорциум» <http://www.neicon.ru>
8. Ресурсы Университетской информационной системы Россия (УИС Россия) <http://uisrussia.msu.ru>
9. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (ИС «Единое окно») <http://window.edu.ru>

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой.

1. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской (Ауд. 1-8 на 27 мест).

2. Для проведения занятий семинарского типа используется аудитория 2-30, расположенная на втором этаже физического факультета ДГУ. Аудитория оснащена персональным компьютером с лицензионным программным обеспечением, проектором, интерактивной доской, маркерной доской, имеется комплект плакатов, обеспечивающих тематические иллюстрации.

Аудитория укомплектована следующей специализированной мебелью:

- а) парты в количестве 12 штук;
- б) стулья в количестве 24 штук;
- в) книжный шкаф с учебными пособиями;
- г) стол для преподавателя.

Подготовлены презентации, охватывающие весь курс *«Электрические машины»*; видеоролики по отдельным разделам: *«Машины постоянного тока»*, *«Асинхронные машины»*, *«Синхронные машины»*, *«Трансформаторы»*, *«Спецмашины»*.

Натурные образцы /и разрезы/ отдельных типов электрических машин, узлов их конструкций, а также отдельные детали узлов конструкций; действующие электрические машины – асинхронные, синхронные, постоянного тока, а также трансформаторы, установленные на лабораторных стендах кафедры.