



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
И.А. Пыталев

14.02.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Электрификация и автоматизация горного производства

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Горных машин и транспортно-технологических комплексов
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Горных машин и транспортно-технологических комплексов
11.02.2022, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.М. Мажитов


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
14.02.2022 г. протокол № 3

Председатель  И.А. Пыталев

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ГМиТТК,
канд. техн. наук


Б.М. Габбасов

Рецензент:
Зам. генерального директора
ООО "УралЭнергоРесурс",
канд. техн. наук


И.С. Туркин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.М. Мажитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.М. Мажитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.М. Мажитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.М. Мажитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.М. Мажитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.М. Мажитов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование и развитие способности к анализу и синтезу конструкций электрических машин и оборудования горного производства;
- формирование и развитие способности анализировать состояние и перспективы развития электрических машин и оборудования, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- формирование и развитие способности проводить стандартные испытания электрических машин технологического оборудования;
- формирование и развитие способности анализировать состояние и перспективы развития электрических машин, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- формирование и развитие способности определять способы достижения целей проекта, выявлять приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте электрических машин, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- формирование и развитие способности разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта электрических машин и оборудования, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности;
- формирование и развитие способности разрабатывать с использованием информационных технологий, конструкторско-техническую документацию для производства новых или модернизируемых образцов электрических машин и оборудования и их технологического оборудования;
- формирование и развитие способности проводить стандартные испытания электрических машин и оборудования.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Электрические машины входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Учебная - практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности

Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика

Информатика

Электротехника

Конструкционные и инструментальные материалы в горном производстве

Физические основы электроники

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Автоматизация и электрификация горного производства

Теория автоматического управления

Силовая преобразовательная техника

Электроснабжение горного производства

Проектирование электрооборудования и электроснабжения горных предприятий

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электрические машины» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-18	Способен участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов
ОПК-18.1	Осуществляет систематизацию исходных данных об объекте исследования
ОПК-18.2	Использует методические основы выполнения научных исследований и обработки их результатов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 130,1 акад. часов;
- аудиторная – 126 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 14,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Тема 1.1.								
1.1 Предмет курса «Электрические машины», его место в системе электротехнического образования. Связь курса со смежными дисциплинами электродинамического цикла. Краткие исторические сведения об электрических машинах и трансформаторах. Вклад в электротехнику и в электромашиностроение отечественных и зарубежных ученых. Классификация и основные виды электрических машин.	7	5	6	5	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-общение на занятии. Защита лабораторных работ.	ОПК-18.1, ОПК-18.2

<p>1.2 Коллекторная машина постоянного тока и основные элементы ее конструкции. Магнитная цепь машины постоянного тока. Кривая намагничивания и магнитная характеристика машины. Понятия коэффициента насыщения. Конструкция и принципы построения обмоток якоря. ЭДС и электромагнитный момент машины постоянного тока. Магнитное поле машины постоянного тока при нагрузке, понятие реакции реакции якоря. Процесс коммутации, искрение на коллекторе. Способы улучшения и наладки коммутации. Особенности коммутации при пульсирующем напряжении. Электрические машины с полупроводниковыми коммутаторами.</p>		5	6	5	2	<p>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.</p>	<p>Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-общение на занятии. Защита лабораторных работ.</p>	<p>ОПК-18.1, ОПК-18.2</p>
<p>1.3 1.3. Тема: Классификация генераторов по способу возбуждения. Энергетическая диаграмма и уравнения генератора. Условия самовозбуждения. Характеристики генераторов. Параллельная работа генераторов.</p>		5	8	5	2	<p>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.</p>	<p>Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-общение на занятии. Защита лабораторных работ.</p>	<p>ОПК-18.1, ОПК-18.2</p>

<p>1.4 Преобразование электрической энергии в механическую. Принцип обратимости электрических машин. Энергетическая диаграмма и уравнение ЭДС двигателя. Электро – механические характеристики двигателей. Условия устойчивой работы. Пуск в ход и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Влияние коммутации на допустимые пределы регулирования частоты вращения. Тормозные режимы двигателей постоянного тока. Потери и к.п.д. машин постоянного тока. Методы определения потерь. Понятие о предельных машинах постоянного тока.</p>		5	10	5	2	<p>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.</p>	<p>Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-общение на занятии. Защита лабораторных работ.</p>	<p>ОПК-18.1, ОПК-18.2</p>
---	--	---	----	---	---	--	---	---------------------------

<p>1.5 Назначение, области применения трансформаторов. Классификация и конструкция трансформаторов. Принцип действия трансформатора. Процессы в трансформаторе при холостом ходе. Характеристика намагничивания. Форма кривой намагничивающего тока. Потери холостого хода. Векторные диаграммы трансформатора при холостом ходе. Схема замещения и уравнения ЭДС и МДС трансформатора. Работа трансформатора в режиме короткого замыкания. Работа трансформатора под нагрузкой. Внешние характеристики и изменение вторичного напряжения трансформатора. Экспериментальное определение параметров и потерь из опытов холостого хода и короткого замыкания трансформатора. Связь между размерами трансформатора и его электромагнитными нагрузками.</p>		5	8	5	2	<p>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.</p>	<p>Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-общение на занятии. Защита лабораторных работ.</p>	<p>ОПК-18.1, ОПК-18.2</p>
<p>1.6 Магнитные системы трехфазных трансформаторов. ЭДС трехфазных обмоток. Схемы и группы соединения трансформаторов, параллельная работа трансформаторов. Особенности холостого хода трехфазных трансформаторов. Высшие гармонические в кривых намагничивающих токов, магнитных потоков и ЭДС. Несимметричные режимы работы трехфазных трансформаторов. Методы исследования.</p>		6	8	5	2	<p>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.</p>	<p>Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-общение на занятии. Защита лабораторных работ.</p>	<p>ОПК-18.1, ОПК-18.2</p>

1.7 Автотрансформаторы, трансформаторы для преобразования трехфазной системы в двухфазную, трансформаторы для преобразования частоты. Трансформаторы с плавным регулированием напряжения. Сварочные трансформаторы. Испытательные трансформаторы. Многообмоточные трансформаторы.		5	8	6	2,2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-общение на занятии. Защита лабораторных работ.	ОПК-18.1, ОПК-18.2
Итого по разделу		36	54	36	14,2			
Итого за семестр		36	54	36	14,2		экзамен	
Итого по дисциплине		36	54	36	14,2		экзамен	

5 Образовательные технологии

1. В учебном процессе предусмотрены занятия в форме разбора конкретных ситуаций, связанных с использованием электрических машин.
2. При проведении лабораторных и практических работ рассматриваются тесты по темам в интерактивной форме. Объем занятий в интерактивной форме.
3. Часть занятий лекционного типа проводятся в виде презентации.
4. Практические занятия проводятся с использованием рекомендуемого программного обеспечения.
5. В рамках учебного курса предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов по тематике курса.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Беспалов В.Я. Электрические машины. [Текст]: учебное пособие /В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2018. – 313 с., ил., табл. – (Высшее проф. Образование: Электромеханика). – ISBN 5 – 7695- 2228 – 3.
2. Бондаренко В.И. Электрические машины.[Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И.Бондаренко. - М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2017.
3. Елифанов А.П. Электрические машины [Электронный ресурс]: учебник. СПб: Издательство «Лань», 2016. – 272 с.: ил. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/591/> - Загл. с экрана.- ISBN – 8114 – 0669 –Х.

б) Дополнительная литература:

1. Гольдберг О.Д. Электромеханика [Электронный ресурс]: учебник / О.Д.Гольдберг, С. П. Хелемская; под ред. О.Д.Гольдберга. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 504 с. <http://techlibrary.ru/>.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы.[Текст]: учебник / А.И.Вольдек, В.В.Попов.: Питер, 2007. – 319с.: ил. – (Учебник для ВУЗов) – ISBN 5 – 469 – 01380 – 4.
3. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока.[Текст]: учеб-ник / А.И.Вольдек, В.В.Попов.: Питер, 2008. – 349 с.: ил. – (Учебник для ВУЗов) – ISBN 978- 5 – 469 – 01381 -5.
4. Токарев Б.Ф. Электрические машины. Учебное пособие для ВУЗов. / Б.Ф.Токарев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.: ил. ISBN 5 – 283 – 00595 – Х.
6. Кацман М.М Электрические машины. Учеб. для учащихся электротехн. спец. тех-никумов. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. шк., 1990. – 463с.
7. Шевчик Н.Е., Подгайский Г.Д. Электрические машины. Учеб. пособие для учащихся средних спец. учебных заведений электротехн. Специальностей.– Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 256с.
8. Токарев Б.Ф. Электрические машины. Учебник для техникумов.– М.: Энергоатом-издат, 1989.– 672 с.
9. Пиотровский Л.М. Электрические машины. Учеб. для учащихся энергетических техникумов. – Л.: Энергия, 1975.– 504 с.
10. Костенко М.П. и Пиотровский Л.М. Электрические машины. Учебник для высших технических учебных заведений. в двух частях .– М.-Л.: Энергия. 1965.

ч.1.–с.383, ч11.– с.704.

11. Кацман М.М. Сборник задач по электрическим машинам: Учеб. Пособие для студ. Учреждений сред. Проф. Образования - М: изд. центр "Академия" 2003г.-160 с.

в) Методические указания:

1. Исследование асинхронной машины: Методические указания по выполнению лабораторной работы студентами очной и заочной форм обучения специальности "Горное дело". Магнитогорск: МГТУ, 2015. – 14 с.

2. Исследование частотного преобразователя Simens Micromaster 420: Методические указания по выполнению лабораторной работы студентами очной и заочной форм обучения специальности "Горное дело". Магнитогорск: МГТУ, 2015. – 14 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий :

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения занятий для проведения практических занятий:

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;

- доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;

- доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся:

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в интернет и с доступом в электронную образовательную среду университета.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.

Лабораторный стенд FESTO

Приложение 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Электрические машины» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Самостоятельная работа по освоению дисциплины необходима для углубленного изучения материала курса. Самостоятельная работа студентов регламентируется графиками учебного процесса и самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов состоит из следующих взаимосвязанных частей:

1) Изучение теоретического материала в форме:

- Самостоятельное изучение учебной и научно литературы по теме
 - Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).
- Остаточные знания определяются результатами сдачи (экзамена).

2) Подготовка к лабораторным занятиям

Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины, приведенных в разделе 7.

Примеры практических заданий для промежуточной аттестации

Машины постоянного тока

41. Найти полезную мощность и электромагнитный момент ДПТ параллельного возбуждения, если известно, что: $R_B=220 \text{ Ом}$; $U=220 \text{ В}$; $R_a=0,09 \text{ Ом}$; $E_a=230 \text{ В}$; $n=1500 \text{ об/мин}$.
42. Найти момент на валу электродвигателя M_2 , если известно что: $M_0=1,25 \text{ Нм}$; $C_m=50$; $\Phi=0,015 \text{ Вб}$; $I_a=30 \text{ А}$.
43. Найти электромагнитную мощность $P_{эм}$, электромагнитный момент M , противо-ЭДС E_a ДПТ при: $U=220 \text{ В}$, $I_a=40 \text{ А}$, $n=2000 \text{ об/мин}$, $p=4$, $N=600$, $a=2$, $\Phi=0,01 \text{ Вб}$
44. Найти машинную постоянную для ЭДС (C_e) генератора постоянного тока, если известно: $\Phi=0,015 \text{ Вб}$; $n=1500 \text{ об/мин}$; $U=220 \text{ В}$; $I_a=20 \text{ А}$; $R_a=0,09 \text{ Ом}$.
45. Найти момент M_2 на валу двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, если известно: $U=220 \text{ В}$; $R_B=200 \text{ Ом}$; $I_a=36 \text{ А}$; $\eta = 90\%$; $n=1500 \text{ об/мин}$.

46. Найти, потребляемую из сети двигателем постоянного тока, мощность, если: $M_2=10$ Нм; $\eta =89\%$; $n =1500$ об/мин.
47. Найти пусковые токи и моменты двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при прямом и реостатном пуске, если: $U=220$ В; $R_a=0,061$ Ом; $R_{пуск} = 0,2$ Ом; $C_m = 50$; $\Phi = 0,015$ Вб (Магнитная система не насыщена $\Phi = \text{const}$).
48. ДПТ параллельного возбуждения номинальной мощностью $P_{ном}=75$ кВт, работает от сети $U=220$ В. КПД двигателя при номинальной нагрузке $\eta_{ном} =0.89$. Найти подводимую к двигателю мощность, ток, потребляемый двигателем при номинальной нагрузке, суммарные потери.
49. Найти пусковой ток при прямом пуске двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, а также сопротивление пускового реостата, чтобы $I_a \text{ пуск} =2I_a \text{ ном}$, если: $R_a=0.1$ Ом, $U=220$ В, $E_a=210$ В при номинальном режиме.
50. Найти скорости вращения ДПТ параллельного возбуждения, если в цепь последовательно обмотке якоря включить дополнительное сопротивление $R_{доб1}=0,2$ Ом, если известно что: $I_a \text{ ном} =30$ А; $C_m=50$; $\Phi=0,015$ Вб; $R_a=0,09$ Ом.

Трансформаторы

51. Трехфазный трансформатор с $S_n=25$ кВ*А и $U_{1н}=10$ кВ имеет потери холостого хода 0,13 кВт; потери короткого замыкания 0,6 кВт. Определить КПД при $\cos \varphi = 0,8$; $\cos \varphi = 1$.
52. Найти ЭДС $E_1; E_2$; коэффициент трансформации трансформатора, если известны следующие параметры: $f=50$ Гц; $w_1=220$ В; $w_2=40$; $\Phi_{max}=0,015$ Вб
53. При проведении опытов холостого хода и короткого замыкания однофазного трансформатора получены следующие результаты: $P_o=40$ Вт; $P_k=160$ Вт; $U_{1н}= 230$ В; $U_k=5,5\%$; $S_n=230$ Вт; $I_o=1,2\%$. Принять $R_1=R_2'$; $X_1=X_2'$. Найти параметры схемы замещения трансформатора: R_m ; X_m ; R_1 ; X_1 ; R_2' ; X_2'

54. Найти коэффициент трансформации; фазные и линейные напряжения, если известны следующие параметры: $U_{1н}=380В$; $U_{2н}=36В$. Трехфазный трансформатор соединен по схеме звезда\треугольник.
55. Трехфазный двухобмоточный трансформатор имеет номинальные данные: $S=320$ кВА, $U_{1л}=10$ кВ, $U_{2л}=525$ В. Схема соединения звезда\треугольник -11. Магнитная индукция в стержне $B_c=1.4$ Тл. Сечение стержня сердечника $S_c=360$ мм². Коэффициент заполнения сталью $K=0.9$. Определить число витков обмоток высшего и низшего напряжения.
56. Трехфазный двухобмоточный трансформатор имеет номинальные данные: $S=320$ кВА, $U_{1л}=10$ кВ, $U_{2л}=525$ В. Схема соединения звезда\треугольник -11. Потери холостого хода составляют $p_{хх} = 300$ Вт., $I_0=3\%I_n$, $R_1 = 0,8$ Ом, $X_1 = 1$ Ом. Определить X_m .
57. Трехфазный трансформатор имеет сечение стержня $S_c=400$ мм². Коэффициент заполнения сталью $K=0.8$; $f=50$ Гц; $B_{cp} = 1.4$ Тл. Определить величину ЭДС одного витка обмотки высшего напряжения. Какая изоляция использована для изоляции пластин магнитопровода.
58. Однофазный двухстержневой трансформатор имеет число витков первичной обмотки $W_1=400$. Его ток холостого хода $I_0=5$ А. Высота стержня магнитопровода $h_c = 50$ см, а длина ярма 60 см. Определить напряженность магнитного поля в стержне.
59. Трехфазный двухобмоточный трансформатор работает вхолостую.
- $I_0=4$ А; $X_1=0.8$ Ом; $R_1=0.2$ Ом; $R_m=2$ Ом; $X_m=40$ Ом. Определить полное сопротивление холостого хода, $\cos\phi_0$, потери холостого хода.
60. Однофазный одностержневой трансформатор в режиме холостого хода имеет на зажимах вторичной обмотки $U_2 = 0.4$ кВ. Число витков $W_2=400$. Какое сечение стержня имеет трансформатор, если индукция в стержне 1,5 Тл. Коэффициент заполнения сталью выбрать самостоятельно.

Асинхронные машины

61. Трехфазный АД имеет номинальные данные: $P_n = 5.5$ кВт; $U_n = 380$ В; $\eta_n = 82\%$; схема обмотки - Y. При нагрузке $P_2 = 0.8P_n$ двигатель имеет $\eta_{max} = 1.05 \eta_n$ и работает с $\cos\phi = 0.79$ при $s = 2\%$. Определить постоянные потери в двигателе, R_k и момент на валу двигателя (M_2)

62. Определить ЭДС, наведенную в фазе статора АД, фазную ЭДС в обмотке неподвижного и вращающегося ротора и если: $W_1=210$, $f_1=50$ Гц, $\Phi=0,01$ Вб, $n_n=1460$ об/мин, $W_2=0,5p$, $K_{об1}=0,93$, $K_{об2}=1$.
63. Асинхронный двигатель имеет следующие параметры: $P_n=22$ кВт, $\eta=91\%$, $M_p/M_n=1,9$, $s_n=0,04$; $2p=2$. Определить: потребляемую мощность P_1 , номинальный момент M_n ; пусковой M_p .
64. Асинхронный двигатель $P_n=11$ кВт имеет $M_n=30$ Нм. При номинальном напряжении сети $M_m/M_n=2,2$. Останется ли двигатель в работе, если напряжение сети снизится до $U=0,6 U_n$, а момент сопротивления на валу машины будет равен $M_c=28$ Нм.
65. Определить номинальную мощность асинхронного двигателя, номинальный и пусковой токи, если: $I_n=60$ А; $U_n=380$ В; $\cos\varphi_1=0,82$; $\eta=90\%$; $I_p/I_n=7$.
66. Определить величину добавочного сопротивления R_d , которое нужно включить в фазу ротора АД с фазным ротором для уменьшения скорости вращения его вала с $n_n=970$ об/мин до $n=680$ об/мин при номинальной нагрузке, если $p=3$; $R_2=0,05$ Ом. Для АД справедливо следующие соотношение: $R_2/s_n=(R_2+R_d)/s$.
67. Определить переменные потери в асинхронном двигателе $P_n=22$ кВт; $U_n=380$ В; $\eta=92\%$; $\cos\varphi=0,83$ в номинальном режиме, если: $R_1=0,09$ Ом; $R_2=2R_1$.
68. Определить электромагнитную мощность ($P_{эм}$) и потери в обмотке ротора (P_{22}) АД, если: $p=2$; $n=1460$ об/мин; $f_1=50$ Гц; $I_2=30$ А; $R_2=0,06$ Ом.
69. Найти пусковой фазный ток АД, если известны следующие параметры:
 $R_1=R_2=0,6$ Ом; $X_1=X_2=1,4$ Ом; $U_n=380$ В, обмотка статора соединена по схеме Y.
70. Определить КПД асинхронного двигателя с фазным ротором, если АД потребляет из сети $P_1=23,3$ кВт; $U_n=380$ В; $\cos\varphi=0,83$; $R_1=0,08$ Ом;
 $I_2'=32$ А; $R_2'=0,05$ Ом. Добавочные потери $P_{доб}=0,005P_1$; магнитные потери $P_{магн}=70$ Вт, $P_{мех}=40$ Вт. Обмотки двигателя соединены по схеме Y.

Синхронные машины

71. Синхронный турбогенератор имеет следующие параметры: $U_n=10$ кВ; Фазная ЭДС, созданная обмоткой возбуждения $E_0 = 5120$ В, $X_c=0.12$ Ом; $f_1 = 50$ Гц; $p = 2$; $\theta = 27^\circ$. Определить электромагнитную мощность и момент машины.
72. Найти электромагнитный момент, мощность явнополюсного синхронного генератора, если $U_1=3500$ В; $E_0=4000$ В; $X_d=0.7$ Ом; $X_q=0.4$ Ом; $p = 2$; $\theta = 30^\circ$; $f_1=50$ Гц.
73. Синхронный двигатель имеет следующие параметры $P_n = 630$ кВт, $\cos\varphi_n = 0,8$. Суммарные потери мощности 12 кВт. Определить полную мощность двигателя.
74. Определить мощность на валу приводного двигателя СГ, если известны следующие параметры: $U_1=10,5$ кВ; $I_1=1020$ А; $\cos\varphi = 0,8$; сопротивление обмотки статора $R_1=0.08$ Ом; $R_v=130$ Ом; $I_v=130$ А; $dU_{щ}=2,2$ В; коэффициент полезного действия возбудителя КПД=0,8. Потери в стали статора $p_{ст} = 4,3$ кВт; добавочные потери составляют $0,4\%$ от полезной мощности.
75. Нарисовать векторную диаграмму неявнополюсного синхронного генератора при активно-индуктивном характере нагрузки, если $U_1=10$ кВ; $P_n=63$ МВт; $\cos\varphi=0.8$; $X_c=0.9$ Ом.
76. Турбогенератор при номинальной нагрузке работает с углом $\theta = 30^\circ$. Определить перегрузочную способность генератора.
77. Определить мощность потребляемую синхронным двигателем из сети и ток в цепи ротора при: $P_{ном} = 500$ кВт, $\eta = 96,5\%$, $\cos\varphi = 0,9$. Напряжение питающей сети $U_c = 10$ кВ.
78. Синхронный явнополюсный генератор работает с нагрузкой $P = 3200$ кВт; $U_{лс} = 10$ кВ; $X_q = 50$ Ом; $X_d = 80$ Ом. Генератор потерял возбуждение. Выпадет ли он из синхронизма?
79. Определить частоту вращения синхронного генератора (n), при: $p = 2$, $f_1 = 100$ Гц.
80. Определить коэффициент синхронизирующей мощности ($p_{сн}$) турбогенератора, работающего с углом $\theta = 90^\circ$, если $E_0 = 5600$ В; $U_{лн} = 10$ кВ; $X_d = 60$ Ом.

6 Примеры решения задач

При знакомстве с решением типовых задач следует помнить, что конкретные решения задач, как правило, не являются единственным, а лишь служат образцом для решения аналогичных задач.

Пример -1 (машины постоянного тока)

Задача 1.1 ДПТ параллельного возбуждения имеет параметры: $U = 220$ В, $E_a = 210$ В, $r_a = 0,5$ Ом, $\eta = 85\%$, $n = 1500$ об/мин. Найти потребляемую мощность P_1 , полезную мощность P_2 , момент на валу двигателя M_2 .

Решение:

1. Находим ток якоря

$$I_a = (U - E_a) / r_a = 220 - 210 / 0,5 = 20 \text{ А}$$

примем $r_a \approx r$

2. Потребляемая мощность

$$P_1 = U \times I_a = 220 \times 20 = 4400 \text{ Вт}$$

3. Полезная мощность

$$P_2 = P_1 \times \eta = 4400 \times 0.85 = 3740 \text{ Вт}$$

4. Момент на валу двигателя

$$M_2 = 9,55 \times P_2 / n = 9,55 \times 3740 / 1500 = 23,8 \text{ Н*м}$$

Ответ: $P_1 = 4400$ Вт; $P_2 = 3740$ Вт; $M_2 = 23,8$ Н*м

Задача 1.2 Генератор постоянного тока независимого возбуждения мощностью $P_{\text{ном}} = 20$ кВт и напряжением $U_{\text{ном}} = 230$ В имеет сопротивление обмоток в цепи якоря, приведенное к рабочей температуре, r_a ; в генераторе применены электрографитированные щетки марки ЭГ ($\Delta U_{\text{щ}} = 2,5$ В). Определить номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки.

Решение:

1. Ток в номинальном режиме

$$I_{a \text{ ном}} = P_{\text{ном}} / U_{\text{ном}} = 20 \times 10^3 / 230 = 87 \text{ А.}$$

2. ЭДС генератора

$$E_a = U_0 = U_{\text{ном}} + I_a \text{ ном} \sum r + \Delta U_{\text{щ}} = 230 + 87 \times 0,12 + 2,5 = 243 \text{ В.}$$

3. Номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки

$$\Delta U_{\text{ном}} = (U_0 - U_{\text{ном}}) / U_{\text{ном}} \times 100 = (243 - 230) / 230 \times 100 = 5,65\%$$

Ответ: $\Delta U_{\text{ном}} = 5,65\%$

Пример -2 (трансформаторы)

Задача 2.1 Обмотки трехфазного трансформатора соединены по схемам звезда / треугольник; $U_{1\text{ном}}=380 \text{ В}$, $U_{2\text{ном}}=36 \text{ В}$, $S_{\text{ном}} = 25 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. Найти фазные напряжения первичной и вторичной обмоток, коэффициент трансформации, фазные токи.

Решение:

1. Фазные напряжения

$$U_{1\phi} = U_{1\text{ном}} / \sqrt{3} = 380 / \sqrt{3} = 220 \text{ В}$$

$$U_{2\phi} = U_{2\text{ном}} = 36 \text{ В}$$

2. Коэффициент трансформации

$$k = \omega_1 / \omega_2 = U_{1\phi} / U_{2\phi} = 220 / 36 = 6,1$$

3. Фазные токи:

$$I_{1\phi} = I_{2\text{ном}} = S_{\text{ном}} / \sqrt{3} \times U_{1\text{ном}} = 2500 / \sqrt{3} \times 380 = 37,98 \text{ А}$$

$$I_{2\phi} = I_{2\text{ном}} / \sqrt{3} = S_{\text{ном}} / \sqrt{3} \times \sqrt{3} \times U_{1\text{ном}} = 2500 / 3 \times 36 = 231,48 \text{ А}$$

Ответ: $U_{1\phi} = 220 \text{ В}$; $U_{2\phi} = 36 \text{ В}$; $k = 6,1$; $I_{1\phi} = 37,98 \text{ А}$; $I_{2\phi} = 231,48 \text{ А}$

Задача 2.2 Однофазный двухобмоточный трансформатор с номинальным током во вторичной цепи $I_{2\text{ном}} = 172 \text{ А}$ при нормальном вторичном напряжении $U_{2\text{ном}} = 400 \text{ В}$ имеет коэффициент трансформации $k = 15$. Максимальное значение магнитной индукции в стержне $B_{\text{max}} = 1,5 \text{ Тл}$; ЭДС одного витка $E_{\text{внк}} = 5 \text{ В}$, частота переменного тока в сети $f = 50 \text{ Гц}$. Определить номинальную мощность $S_{\text{ном}}$, число витков в обмотках w_1 и w_2 , площадь поперечного сечения стержня $Q_{\text{ст}}$.

Решение:

1. Максимальное значение основного магнитного потока
 $\Phi_{\max} = E_{\text{втк}} / (4,44fw) = 5 / (4,44 \times 50 \times 1) = 0,0225 \text{ Вб}$

2. Площадь поперечного сечения стержня магнитопровода
 $Q_{\text{ст}} = \Phi_{\max} / (B_{\max} k_c) = 0,0225 / (1,5 \times 0,95) = 0,0158 \text{ м}^2$

3. Число витков вторичной обмотки
 $w_2 = U_{2\text{ном}} / (4,44f\Phi_{\max}) = 400 / (4,44 \times 50 \times 0,0225) = 80 \text{ витков}$

4. Число витков первичной обмотки
 $w_1 = w_2 k = 80 \times 15 = 1200 \text{ витков}$

5. Полная номинальная мощность трансформатора
 $S_{\text{ном}} = U_{2\text{ном}} \times I_{2\text{ном}} = 400 \times 172 = 68,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}$

Ответ: $S_{\text{ном}} = 68,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $w_1 = 1200 \text{ витков}$; $w_2 = 80 \text{ витков}$; $Q_{\text{ст}} = 0,0158 \text{ м}^2$

Пример -3 (асинхронные машины)

Задача 3.1 Трехфазный асинхронный двигатель включен в сеть напряжением 380 В, частотой 50 Гц, обмотка статора соединена «звездой». Статический нагрузочный момент на валу двигателя $M_c = 180 \text{ Н} \cdot \text{м}$, КПД $\eta_{\text{ном}} = 82 \%$, коэффициент мощности $\cos\varphi_1 = 0,80$, число полюсов $2p = 6$, скольжение $s_{\text{ном}} = 4$.
Определить полезную мощность двигателя $P_{\text{ном}}$, потребляемую из сети мощность $P_{1\text{ном}}$, величину тока в фазной обмотке статора $I_{1\text{ном}}$.

Решение:

1. Номинальная частота вращения

$$n_{\text{ном}} = n_1(1 - s_{\text{ном}}) = 1000(1 - 0,04) = 960 \text{ об/мин.}$$

2. Полезная мощность двигателя

$$P_{\text{ном}} = 0,105M_c n_{\text{ном}} = 0,105 \times 180 \times 960 = 18\,144 \text{ Вт.}$$

3. Потребляемая двигателем мощность

$$P_{1\text{ном}} = P_{\text{ном}} / \eta_{\text{ном}} = 18\,144 / 0,82 = 22\,126 \text{ Вт.}$$

4. Потребляемый двигателем ток статора

$$I_{1\text{ном}} = P_{1\text{ном}} / (m_1 U_1 \cos\varphi_1) = 22\,126 / (3 \times 220 \times 0,8) = 41,9 \text{ А.}$$

Ответ: $n_{\text{ном}} = 960$ об/мин; $P_{\text{ном}} = 18\,144$ Вт; $P_{1\text{ном}} = 22\,126$ Вт; $I_{\text{ном}} = 41,9$ А

Задача 3.2 Трехфазный асинхронный двигатель номинальной мощностью $P_{\text{ном}} = 10$ кВт включен в сеть напряжением 380 В, с частотой 50 Гц, обмотка статора соединена «звездой». Вращаясь с частотой $n_{\text{ном}} = 1455$ об/мин, двигатель потребляет ток $I_{1\text{ном}} = 32$ А при коэффициенте мощности $\cos \varphi_1 = 0,85$. При работе в режиме холостого хода двигатель потребляет из сети мощность $P_{10} = 820$ Вт при токе $I_{10} = 7,0$ А; активное сопротивление фазной обмотки статора при рабочей температуре $r_1 = 0,25$ Ом. Определить все виды потерь двигателя в режиме номинальной нагрузки, приняв величину механических потерь $P_{\text{мех}} = 160$ Вт.

Решение:

1. Электрические потери в обмотке статора в режиме холостого хода

$$P_{\text{э}10} = m_1 I_{10}^2 r_1 = 3 \times 7^2 \times 0,25 = 37 \text{ В}$$

2. Постоянные потери (сумма магнитных и механических потерь)

$$P_{\text{пост}} = P_{10} - P_{\text{э}10} = 820 - 37 = 783 \text{ Вт}$$

3. Магнитные потери

$$P_{\text{м}} = P_{\text{пост}} - P_{\text{мех}} = 783 - 160 = 223 \text{ Вт}$$

4. Мощность, потребляемая из сети при номинальной нагрузке

$$P_{1\text{ном}} = m_1 U I_{1\text{ном}} \cos \varphi_1 = 3 \times 220 \times 32 \times 0,85 = 17952 \text{ Вт}$$

5. Суммарные потери

$$\sum P = P_{1\text{ном}} - P_{\text{ном}} = 17952 - 15000 = 2952 \text{ Вт}$$

6. КПД двигателя в номинальном режиме

$$\eta_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / P_{1\text{ном}} = 15 / 17,95 = 0,83$$

7. Переменные потери (сумма электрических потерь в обмотках статора и ротора и добавочных потерь) в номинальном режиме

$$P_{\text{пер.ном}} = \sum P - P_{\text{пост}} = 2952 - 783 = 2169 \text{ Вт}$$

8. Добавочные потери в номинальном режиме

$$P_{\text{доб.ном}} = 0,005 P_{1\text{ном}} = 0,005 \times 17952 = 90 \text{ Вт}$$

9. Электрические потери в обмотке статора в номинальном режиме

$$P_{\text{э}1\text{ном}} = m_1 I_{1\text{ном}}^2 r_1 = 3 \times 32^2 \times 0,25 = 768 \text{ Вт}$$

10. Электрические потери в обмотке ротора в номинальном режиме

$$P_{\text{э}2\text{ном}} = P_{\text{пер.ном}} - P_{\text{э}1\text{ном}} - P_{\text{доб.ном}} = 2169 - 768 - 90 = 1311 \text{ Вт}$$

Ответ: $P_{\text{э}1\text{ном}} = 768$ Вт; $P_{\text{э}2\text{ном}} = 1311$ Вт; $P_{\text{м}} = 223$ Вт $P_{\text{доб.ном}} = 90$ Вт

Пример -4 (синхронные машины)

Задача 4.1 Синхронный генератор имеет параметры: $n_1 = n_2 = 300$ об/мин, полюсов имеет машина?

$f_1 = 50$ Гц. Сколько

Решение:

Угловая скорость вращения

$$\omega = 2\pi \times n / 60 = 2 \times 3,14 \times 300 / 60 = 31,4 \text{ об/мин}$$

Количество полюсов

$$p = 2\pi \times f_1 / \omega = 2 \times 3,14 \times 50 / 31,4 = 10$$

Ответ: $p = 10$

Задача 4.2 Трехфазный синхронный двигатель номинальной мощностью $P_{\text{ном}} = 500$ кВт, число полюсов $2p=12$, КПД $\eta_{\text{ном}} = 93,7\%$; кратности –пускового тока $I_{\text{п}} / I_{\text{ном}} = 5,2$ А, пускового момента $M_{\text{п}} / M_{\text{ном}} = 1,0$; максимального синхронного момента $M_{\text{мах}} / M_{\text{ном}} = 1,9$, асинхронного момента при скольжении $s=5\%$ (момент входа в синхронизм) $M_{5\%} / M_{\text{ном}} = 1,3$; соединение обмоток статора «звездой». Определить: частоту вращения, номинальный и пусковой токи в цепи статора, номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при $s = 5\%$).

Напряжение питающей сети $U_c = 10$ кВ при частоте 50 Гц, коэффициент мощности $\cos\varphi_1 = 0,8$.

Решение

1. Частота вращения

$$n_1 = 60f/p = 60 \times 50/6 = 500 \text{ об/мин.}$$

2. Потребляемая двигателем мощность в режиме номинальной нагрузки

$$P_{1\text{ном}} = P_{\text{ном}}/\eta_{\text{ном}} = 500/0,937 = 534 \text{ кВт.}$$

3. Ток в цепи статора в режиме номинальной нагрузки

$$I_{\text{ном}} = P_{1\text{ном}} / (\sqrt{3}U_1\cos\varphi_1) = 534/(1,73 \times 10 \times 0,8) = 39 \text{ А.}$$

4. Пусковой ток в цепи статора

$$I_p = I_{ном} (I_p/I_{ном}) = 39 \times 5,2 = 203 \text{ А.}$$

5. Момент на валу двигателя в режиме номинальной нагрузки

$$M_{ном} = 9,55 P_{ном} / n_1 = 9,55 \times 500 \times 10^3 / 500 = 9550 \text{ Н*м.}$$

6. Максимальный (синхронный) момент

$$M_{max} = M_{ном} (M_{max}/M_{ном}) = 9550 \times 1,9 = 18\,145 \text{ Н*м.}$$

7. Пусковой момент

$$M_p = M_{ном} (M_p/M_{ном}) = 9550 \times 1,0 = 9550 \text{ Н*м.}$$

8. Момент входа в синхронизм (асинхронный момент при скольжении 5%)

$$M_{5\%} = M_{ном} (M_{5\%}/M_{ном}) = 9550 \times 1,3 = 12\,415 \text{ Н*м.}$$

Ответ: $n_1 = 500$ об/мин; $I_{ном} = 39$ А; $I_p = 203$ А; $M_{ном} = 9550$ Н*м; $M_{max} = 18\,145$ Н*м; $M_p = 9550$ Н*м; $M_{5\%} = 12\,415$ Н*м

Приложение 2

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за период обучения и проводится в форме экзамена.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-18: Способен участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов		
ОПК-18.1	Осуществляет	Теоретические вопросы к экзамену (перечень вопросов)

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	систематизацию исходных данных об объекте исследования	приведен в разделе 7
ОПК-18.2	Использует методические основы выполнения научных исследований и обработки их результатов.	Практические задания для экзамена (примерный перечень заданий приведен в разделе 7,

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электрические машины» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Для проведения контроля знаний, умений и навыков студентов по дисциплине разработаны:

– теоретические вопросы для самоконтроля при подготовке к экзамену;

1. Принцип работы электрических машин и его реализация в генераторах постоянного тока (ГПТ).
2. Принцип работы электрических машин и его реализация в двигателях постоянного тока (ДПТ).
3. Представить эскизный поперечный разрез машины постоянного тока (МПТ) с перечнем всех ее составных элементов и объяснением их функционального назначения.
4. Коммутация. Как Вы понимаете ее сущность? Причины возникновения искрения по коллектору.
5. Реакция якоря. Сущность явления. Существует ли режим работы МПТ при котором реакция якоря отсутствует?
6. Способы регулирования частоты вращения ДПТ.
7. Почему у ДПТ параллельного возбуждения, который работает с $M_c = \text{const.}$, при уменьшении основного магнитного потока частота вращения возрастает (рассмотреть физику процесса).
8. Почему ДПТ последовательного возбуждения может идти в «разнос». Объясните физику процесса.
9. Потери в МПТ. Условия максимума КПД.
10. Что выгоднее, ускоренная или замедленная коммутация?

Трансформаторы

11. Принцип работы трансформатора и как он реализуется в трансформаторе.
12. Почему при нагрузке трансформатора его ток в первичной обмотке растет?
13. Почему в однофазном трансформаторе ток первичной обмотки имеет 3-ю гармонику, а во вторичной обмотке она отсутствует?
14. Почему у большинства трехфазных трансформаторов одна из обмоток соединяется в треугольник?
15. Как определить начала и концы обмоток трехфазных трансформаторов?
16. Приведенный трансформатор. Цель преобразований.

17. Опыт короткого замыкания (к.з.). Зачем его проводят? Почему U_k дается на заводской бирке каждого трансформатора?
18. Зачем нужны схемы замещения трансформаторов?
19. Магнитные системы трехфазных трансформаторов.
20. Условия включения трансформаторов на параллельную работу.

Асинхронные машины

21. Может ли ротор асинхронного двигателя (АД) вращаться синхронно с вращающимся магнитным полем.
22. Объяснить конструкцию короткозамкнутого и фазного роторов АД.
23. Принцип работы АД . Реализация принципа в АД.
24. Из каких участков состоит магнитная цепь асинхронной машины. Какова цель расчета магнитной цепи?
25. В чем сходство и в чем различие между АД и трансформатором.
26. Объясните, почему с ростом нагрузки на валу АД увеличивается ток в статоре (физика процесса).
27. В чем сущность эффекта вытеснения тока. Почему он возникает при пуске АД и практически исчезает при установившемся режиме.
28. Режимы работы асинхронной машины. Поясните это на эскизах, показывающих направления усилий, создаваемых магнитными полями.
29. Определение начала и концов фазных обмоток статора. Поясните на эскизах сущность происходящих при этом электромагнитных процессов.
30. Т-образная схема замещения АД. Ее отличие от соответствующей схемы трансформатора.

Синхронные машины

31. Реакция якоря. Роль реакции якоря в синхронной машине.
32. Принцип работы синхронных машин. Реализация принципа в синхронном генераторе.
33. Принцип работы синхронных машин (СМ). Реализация принципа в синхронном двигателе.
34. Виды потерь в СМ. Условия максимума КПД.

35. U-образные кривые СГ. Пояснить физику процесса.
36. Достоинства и недостатки СД по сравнению с АД.
37. Условия включения СГ на параллельную работу. Чем они обусловлены.
38. Сравнительный анализ конструкции явнополюсных и неявнополюсных СМ. Элементы конструкций. Причины различия.
39. Углы φ , ψ , θ в синхронных машинах. Что они выражают, предельные значения. Что происходит в машине, когда углы превышают предельные значения.
40. Как изменить активную и реактивную мощность СГ, работающего параллельно с сетью и в автономном режиме.