МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«26» июня 2019 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль) образовательной программы
ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА

Квалификация

БАКАЛАВР

Формы обучения
ОЧНО-ЗАОЧНАЯ

Балахна
2019

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Пересмотренная рабочая программа утверждена на заседании учёного совета Балахнинского филиала ННГУ
10 июня 2020 г. Протокол № 6. Председатель учёного совета БФ ННГУ _____А.К. Балдин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры
Прикладной информатики, информационных технологий, радио- и электротехники БФ ННГУ

Протокол от 6 июня 2020 г. № 10
И.о. Зав. кафедрой _____Д.Н. Шуваев

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 2020 г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП (Б1.О.22), ориентирована на подготовку выпускников к решению всех заявленных типов задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ОПК-3, определяемое индикаторами ОПК-3.1, ОПК-3.5.

Формирование компетенции ОПК-3 начато в ходе освоения дисциплины Теоретические основы электротехники (ОПК-3.1, 3.2, 3.3, 3.5), Промышленная электроника (ОПК-3.4, 3.6), Электрические и электронные аппараты (ОПК-3.4, 3.6) и будет завершено в ходе выполнения Ознакомительной практики и подготовки Выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-3. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-3.1. Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока. ОПК-3.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик.	Знает принцип действия современных типов электрических машин, особенности их эксплуатации, основные уравнения, схемы замещения и характеристики. Умеет использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, испытанию и эксплуатации электрических машин, выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивает их погрешность. Владеет навыками элементарных расчётов и испытаний электрических машин.	Задачи (практические задания), тестовые задания, разноуровневые задачи и задания, задания для расчетно-графических работ, вопросы для текущего контроля, вопросы (задания) для самостоятельных работ

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоёмкость дисциплины

	очно-заочная форма обучения
Общая трудоёмкость	7 ЗЕТ
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа - КСР	74 36 34 4
самостоятельная работа	142
Промежуточная аттестация – экзамен, зачёт	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	**Всего (часы)**	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная
1.Основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы электрических машин	12	2			2	10
2.Трансформаторы	44	8	8		16	28
3.Машины постоянного тока	36	6	6		12	24
4.Общие сведения о машинах переменного тока	20	4	4		8	12
5.Асинхронные двигатели	50	8	8		16	34
6.Синхронные машины	50	8	8		16	34
КСР	4				4	
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
Итого	252	36	34		74	142

Раздел 1. Основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы электрических машин

Тема 1.1. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии.

Необходимое условие получения электромеханического преобразования энергии. Основные электромагнитные и конструктивные схемы электрических машин. Тенденции развития.

Тема 1.2. Физические основы электрических машин.

Физические законы, лежащие в основе работы электрических машин. Принцип генератора и двигателя. Применение электрических машин в системах получения, распределения и преобразования электроэнергии.

Раздел 2. Трансформаторы

Тема 2.1. Назначение, принцип действия и устройство трансформатора.

Назначение трансформатора, применение в системах электроснабжения. Принцип действия и устройство, способы охлаждения.

Тема 2.2. Уравнения, схема замещения и векторная диаграмма трансформатора.

Второе уравнение Кирхгофа для первичной и вторичной цепей, уравнение магнитодвижущих сил. Схема замещения трансформатора. Векторная диаграмма.

Тема 2.3. Исследование трансформатора с помощью опытов холостого хода и короткого замыкания. Определение изменения напряжения и коэффициента полезного действия.

Опыт холостого хода, условия проведения, определяемые параметры. Опыт короткого замыкания, условия проведения, определяемые параметры. Расчётное и экспериментальное определение изменения напряжения. Внешняя характеристика трансформатора. Коэффициент полезного действия и его зависимость от степени загруженности трансформатора.

Тема 2.4. Трёхфазные трансформаторы.

Устройство магнитопровода, коэффициенты трансформации, схемы и группы соединения обмоток, проведение опытов холостого хода и короткого замыкания.

Тема 2.5. Параллельная работа трансформаторов и работа в ненормальных режимах.

Необходимость и условия включения трансформаторов на параллельную работу. Несимметричная нагрузка трёхфазных трансформаторов. Аварийное короткое замыкание на зажимах вторичной обмотки, установившийся и ударные токи короткого замыкания, их влияние на работу трансформатора.

Тема 2.6. Регулирование напряжения в трансформаторах. Специальные трансформаторы.

Регулирование напряжения трансформаторов с помощью изменения ступенями числа витков, способы переключения. Трёхобмоточные трансформаторы. Автотрансформаторы. Измерительные и сварочные трансформаторы.

Тема 2.7. Допустимые эксплуатационные нагрузки, методы испытаний, обслуживание трансформаторов.

Нагрузочная способность трансформаторов. Назначение и виды испытаний, обслуживание в процессе эксплуатации.

Раздел 3. Машины постоянного тока

Тема 3.1. Область применения машин постоянного тока, принцип действия, устройство.

Достоинства и недостатки машин постоянного тока. Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Устройство машины постоянного тока.

Тема 3.2. Понятие об обмотках якоря машин постоянного тока, электродвижущая сила и электромагнитный момент.

Общие сведения об обмотках якоря машины постоянного тока; секция, полюсное деление, шаги. Простая петлевая обмотка. Простая волновая обмотка. Электродвижущая сила индукции, наводимая в обмотке якоря, электромагнитный момент и их роль в генераторе и двигателе.

Тема 3.3. Магнитное поле машины постоянного тока, реакция якоря, коммутация.

Магнитное поле, создаваемое током возбуждения и током якоря. Результирующее магнитное поле машины, смещение физической нейтрали. Понятие коммутации, прямолинейная коммутация, влияние ЭДС индукции секции на коммутации. Способы улучшения коммутации: добавочные полюсы, компенсационная обмотка.

Тема 3.4. Генераторы постоянного тока.

Способы возбуждения, самовозбуждение. Уравнение цепи якоря, схема замещения. Характеристики: холостого хода, внешняя при различных способах возбуждения, регулировочная.

Тема 3.5. Двигатели постоянного тока.

Классификация по способу возбуждения, электрические схемы. Ток, частота вращения. Механические характеристики, саморегулирование, допустимый ток. Пуск двигателей постоянного тока и регулирование частоты вращения. Технические и эксплуатационные требования.

Раздел 4. Общие сведения о машинах переменного тока

Тема 4.1. Область применения машин переменного тока. Вращающееся магнитное поле.

Асинхронные и синхронные машины, достоинства и недостатки, применение. Вращающееся магнитное поле двухфазного и трёхфазного токов.

Тема 4.2. Принцип выполнения многофазных обмоток машин переменного тока.

Общие сведения об обмотках машин переменного тока. Схемы распределённых обмоток с одной и двумя парами полюсов. Улучшение формы ЭДС за счет распределения, укорочения и скоса пазов.

Тема 4.3. Электродвижущая сила и электромагнитный момент машины переменного тока.

Определение ЭДС индукции в обмотке статора. Общая формула электромагнитного момента, машины переменного тока.

Раздел 5. Асинхронные двигатели

Тема 5.1. Устройство и принцип действия трёхфазного асинхронного двигателя. Работа при вращающемся роторе.

Принцип действия, скольжение. Устройство двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором, области применения. Уравнения напряжений цепей обмоток статора и ротора. Уравнение магнитодвижущих сил. Эквивалентная электрическая схема замещения асинхронного двигателя. Электромагнитный момент.

Тема 5.2. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.

Зависимость момента от скольжения и механическая характеристика асинхронной машины. Устойчивость работы. Построение механической характеристики по паспортным данным. Коэффициент мощности и коэффициент полезного действия асинхронного двигателя. Ток статора.

Тема 5.3. Пуск асинхронных двигателей и регулирование частоты вращения. Основные эксплуатационные требования к асинхронным двигателям.

Способы пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором. Пусковой ток и пусковой момент. Двигатели с повышенным пусковым моментом. Способы регулирования частоты вращения и изменения направления вращения. Механические характеристики и сравнительная оценка способов регулирования. Эксплуатационные требования и обслуживание асинхронных двигателей.

Тема 5.4. Асинхронные микродвигатели.

Двухфазные двигатели. Однофазные двигатели, механическая характеристика, способы пуска. Области применения асинхронных микродвигателей.

Раздел 6. Синхронные машины

Тема 6.1. Назначение, принцип действия и устройство синхронной машины. Реакция якоря.

Использование синхронной машины в режимах генератора и двигателя, принцип действия. Конструктивная схема синхронной машины, конструкция ротора, питание обмотки возбуждения. Реакция якоря в неявнополюсной и явнополюсной синхронной машине.

Тема 6.2. Анализ работы синхронной машины в режимах генератора и двигателя.

Уравнение напряжений цепи обмотки статора неявнополюсной машины в режимах генератора и двигателя, схемы замещения и векторные диаграммы, активная мощность и электромагнитный момент. Уравнение напряжений цепи обмотки статора явнополюсной машины в

режимах генератора и двигателя, векторные диаграммы, активная мощность и электромагнитный момент. Угловая характеристика синхронной машины.

Тема 6.3. Параллельная работа синхронного генератора с электросетью большой мощности.

Необходимость и условия параллельной работы, регулирование активной и реактивной мощности. U- образные характеристики. Статическая и динамическая устойчивость. Работа генератора в автономном режиме.

Тема 6.4. Синхронный двигатель.

Достоинства и недостатки синхронного двигателя по сравнению с асинхронным. Механические и рабочие характеристики, влияние тока возбуждения на коэффициент мощности, перегрузочная способность. Пуск и регулирование частоты вращения синхронных двигателей. Синхронные микродвигатели. Эксплуатационные требования и обслуживание синхронных двигателей.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация: зачёт, экзамен.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к практическим и лекционным занятиям, выполнение расчётно-графических работ и защита результатов их выполнения. Подготовка к прохождению и прохождение испытаний промежуточной аттестации (зачёт, экзамен).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	**Шкала оценивания сформированности компетенций**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	Не зачтено		**Зачтено**				
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объёме, превышающем программу подготовки.

Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочётами, выполнены все задания в полном объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме без недочётов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочётами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочётами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Задания для промежуточной аттестации (зачет, экзамен) по дисциплине «Электрические машины».

Вопрос	Код компетенции *(согласно РПД)*
Вопросы к зачету	
1. Электромеханическое преобразование энергии в электрической машине.	ОПК-3
2. Классификация электрических машин по назначению, роду тока и конструктивному исполнению.	ОПК-3
3. Физические законы, лежащие в основе работы электрических машин.	ОПК-3
4. Актуальные проблемы и тенденции развития электрических машин.	ОПК-3
5. Область применения и устройство трансформатора.	ОПК-3
6. Принцип действия трансформатора, коэффициент трансформации.	ОПК-3
7. Уравнения трансформатора.	ОПК-3
8. Эквивалентная электрическая схема трансформатора.	ОПК-3
9. Векторная диаграмма трансформатора.	ОПК-3
10. Работа трансформатора в режиме холостого хода, опыт холостого хода.	ОПК-3
11. Опыт короткого замыкания трансформатора.	ОПК-3
12. Внешняя характеристика трансформатора.	ОПК-3
13. Коэффициент полезного действия трансформатора.	ОПК-3
14. Трёхфазные трансформаторы: магнитная система, схемы соединения обмоток.	ОПК-3
15. Параллельная работа трансформаторов.	ОПК-3
16. Несимметричная нагрузка трёхфазных трансформаторов.	ОПК-3
17. Переходные процессы в трансформаторах.	ОПК-3
18. Регулирование напряжения в трансформаторах.	ОПК-3
19. Трёхобмоточные трансформаторы.	ОПК-3
20. Автотрансформаторы.	ОПК-3
21. Группы соединений трёхфазных трансформаторов.	ОПК-3
22. Изменение вторичного напряжения трансформатора.	ОПК-3
23. Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора.	ОПК-3
24. Принцип работы генератора и двигателя постоянного тока.	ОПК-3
25. Устройство машин постоянного тока, область применения.	ОПК-3
26. Петлевая обмотка якоря машины постоянного тока.	ОПК-3
27. Волновая обмотка якоря машин постоянного тока.	ОПК-3
28. Электродвижущая сила индукции машины постоянного тока и ее роль в генераторе и двигателе.	ОПК-3
29. Электромагнитный момент машины постоянного тока и его роль в генераторе и двигателе.	ОПК-3
30. Магнитное поле возбуждения машины постоянного тока.	ОПК-3
31. Реакция якоря в машинах постоянного тока.	ОПК-3

32. Коммутация в машинах постоянного тока.	ОПК-3
33. Способы улучшения коммутации в машинах постоянного тока.	ОПК-3
34. Способы возбуждения генераторов постоянного тока.	ОПК-3
35. Характеристика холостого хода генератора постоянного тока.	ОПК-3
36. Внешние характеристики генераторов постоянного тока с различным способом возбуждения.	ОПК-3
37. Регулирование напряжения генератора постоянного тока, регулировочные характеристики.	ОПК-3
38. Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения, электрические схемы.	ОПК-3
39. Электрическая схема замещения цепи якоря двигателя постоянного тока, частота вращения.	ОПК-3
40. Механические характеристики двигателей постоянного тока с независимым и параллельным возбуждением.	ОПК-3
41. Механические характеристики двигателей постоянного тока с последовательным и смешанным возбуждением.	ОПК-3
42. Реверсирование и электрическое торможение двигателей постоянного тока.	ОПК-3
43. Пуск двигателей постоянного тока.	ОПК-3
44. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока изменением сопротивления цепи якоря.	ОПК-3
45. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока изменением магнитного потока.	ОПК-3
46. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока изменением напряжения на якоре.	ОПК-3
Вопросы к экзамену	
1. Вращающееся магнитное поле электрических машин переменного тока.	ОПК-3
2. Классификация и основные расчётные величины обмоток машин переменного тока.	ОПК-3
3. Схема двухслойной обмотки двухполюсной машины переменного тока.	ОПК-3
4. Электродвижущая сила обмоток машин переменного тока, обмоточный коэффициент.	ОПК-3
5. Электромагнитный момент машины переменного тока.	ОПК-3
6. Устройство трёхфазного асинхронного двигателя. область применения.	ОПК-3
7. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя, скольжение.	ОПК-3
8. Работа асинхронного двигателя при вращающемся роторе, уравнения цепей статора и ротора.	ОПК-3
9. Эквивалентная электрическая схема замещения асинхронного двигателя.	ОПК-3
10. Электромагнитный момент асинхронного двигателя.	ОПК-3
11. Механическая характеристика трёхфазного асинхронного двигателя.	ОПК-3
12. Работа асинхронного двигателя при неноминальных условиях.	ОПК-3
13. Влияние напряжения питания и активного сопротивления ротора на	ОПК-3

механическую характеристику асинхронного двигателя.	
14. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя, коэффициент полезного действия.	ОПК-3
15. Коэффициент мощности и потребляемый ток асинхронного двигателя.	ОПК-3
16. Пуск трёхфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.	ОПК-3
17. Пуск трёхфазных асинхронных двигателей с фазным ротором.	ОПК-3
18. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.	ОПК-3
19. Реверсирование и торможение трёхфазных асинхронных двигателей.	ОПК-3
20. Микродвигатели переменного тока.	ОПК-3
21. Принцип действия, устройство и область применения синхронных машин.	ОПК-3
22. Реакция якоря в синхронной машине.	ОПК-3
23. Уравнение напряжений для одной фазы обмотки статора синхронного генератора, электрическая схема замещения.	ОПК-3
24. Электромагнитный момент синхронной машины.	ОПК-3
25. Угловая характеристика синхронного генератора. Область устойчивой работы.	ОПК-3
26. Параллельная работа синхронного генератора с сетью, синхронизация.	ОПК-3
27. Параллельная работа синхронного генератора с сетью, регулирование активной и реактивной мощности.	ОПК-3
28. Векторная диаграмма синхронного генератора при работе с индуктивным сдвигом фаз.	ОПК-3
29. Отличные условия работы генераторов с явнополюсным и неявнополюсным роторами.	ОПК-3
30. Влияние тока возбуждения на коэффициент мощности синхронного генератора.	ОПК-3
31. Уравнение цепи статора синхронного двигателя, схема замещения.	ОПК-3
32. Механическая и угловая характеристики синхронного двигателя.	ОПК-3
33. Регулирование коэффициента мощности синхронного двигателя.	ОПК-3
34. Векторная диаграмма синхронного двигателя с явнополюсным и неявнополюсным роторами.	ОПК-3
35. Пуск синхронного двигателя.	ОПК-3
36. Регулирование частоты вращения и торможение синхронного двигателя.	ОПК-3
37. Вентильный двигатель, синхронный компенсатор.	ОПК-3
38. Задачи по обеспечению безотказной работы электрических машин.	ОПК-3
39. Обслуживание электрических машин.	ОПК-3
40. Особенности конструкции электрических машин, определяемые условиями эксплуатации.	ОПК-3
41. Причины возникновения эллиптического вращающегося магнитного поля, его влияние на работу двигателя переменного тока.	ОПК-3
42. Зависимость электромагнитного момента асинхронного двигателя от скольжения. Режимы работы.	ОПК-3

5.2.2. Типовые задания для текущего контроля успеваемости

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1.1. Что является главным преимуществом двигателей постоянного тока?

Ответы:

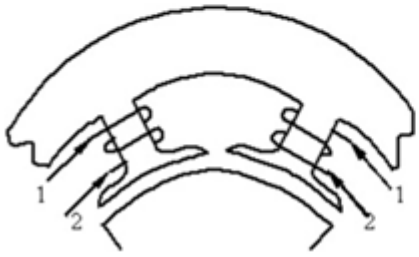
1. Простота конструкции;
2. Дешевизна;
3. Очень высокая надёжность;
4. Широкие пределы регулирования скорости и большой пусковой момент.

1.2. Что относится к недостаткам машин постоянного тока?

Ответы:

1. Наличие контактно–щёточного узла, снижающего надёжность конструкции;
2. Малый пусковой момент;
3. Большой пусковой момент;
4. Широкий диапазон регулирования скорости.

1.3. Какому направлению в полюсных катушках соответствует приведённая на рисунке полярность главных полюсов?



Ответы:

1. В левой катушке — по стрелке 1, в правой — по стрелке 2;
2. В левой катушке — по стрелке 2, в правой — по стрелке 1;
3. В левой и правой катушках – по стрелке 1;
4. В левой и правой катушках — по стрелке 2.

3

5.2.3. Типовые задачи практических занятий для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Раздел 2 «Трансформаторы»

1. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальной мощностью 50 кВА, если обмотки соединены по схеме «Звезда», номинальные линейные напряжения 6000 В и 525 В, параметры холостого хода: ток 7%, мощность 350 Вт, параметры опыта короткого замыкания: напряжение 5,5%, мощность 725 Вт.
2. Однофазный трансформатор имеет номинальные параметры: полная мощность 57,5 кВА, напряжения6000/230 В. Напряжение короткого замыкания 5,35%, мощность - 1600 Вт. Нагрузки трансформатора 40 кВт при коэффициенте мощности 0,82. Найти вторичное напряжение в этом режиме.
3. Построить внешнюю характеристику генератора постоянного тока независимого возбуждения с номинальные данные: мощность 70 кВт, напряжение 230 В, КПД 88%, если потери мощности в обмотке якоря составляют 50 % общих потерь.

4. Для однофазного трансформатора с номинальной мощностью 20 кВА известно, что максимальный КПД при коэффициенте мощности нагрузки равном 1,0 равен 97,5 % и достигается при загрузке 60%. Определить мощности потерь холостого хода и короткого замыкания.

Раздел 3 «Машины постоянного тока»

1. Параметры генератора постоянного тока независимого возбуждения: номинальные напряжение и ток якоря 230 В и 767 А. Сопротивления: нагрузки 0,3 Ом, обмотки якоря 0,0181 Ом, обмотки возбуждения 22 Ом. Известна типовая характеристика холостого хода в относительных единицах. Какое сопротивление необходимо включить в цепь возбуждения при неизменном сопротивлении нагрузки, чтобы уменьшать напряжение в два раза?

2. Построить механическую характеристику двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с номинальными данными: мощность 130 кВт, напряжение 220 В, ток 640 А, частота вращения 600 об/мин. Известны сопротивления якоря 0,00725 Ом и обмотки возбуждения - 43,2 Ом.

3. Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения при номинальном напряжении 220 В потребляет ток 33,2 А и вращается с частотой 1000 об/мин. Сопротивления: обмотки якоря 0,4 Ом, обмотки возбуждения 160 Ом. Определить частоту вращения, если в цепь якоря включено добавочное сопротивление 3 Ом, а момент сопротивления остался неизменным.

Раздел 5 «Асинхронные двигатели»

1. В заданном режиме измерительные приборы зафиксировали следующие параметры асинхронного двигателя: напряжение на обмотке статора 375 В, ток статора 6 А, потребляемая мощность 2,9 кВт, частота вращения 1450 об/мин, момент на валу 16 Нм. Определить КПД и коэффициент мощности для этого режима.

2. Определить величину регулировочного сопротивления, которое надо включить в цепь ротора асинхронного двигателя с фазным ротором, чтобы при том же моменте на валу частота вращения снизилась от номинального значения 950 об/мин до 600 об/мин, если сопротивление фазы обмотки ротора 0,009 Ом. Во сколько раз увеличатся потери в цепи ротора при включении регулировочного сопротивления.

3. Асинхронный двигатель с числом пар полюсов 2 имеет номинальную частоту вращения 1450 об/мин. Определить номинальное скольжение двигателя, частоту ЭДС статора и ротора.

4. Гидрогенератор имеет следующие паспортные данные: полная мощность 2000кВА, напряжение 6300 В, число полюсов 40, частота напряжения 50 Гц, коэффициент мощности 0,8. Определить частоту вращения ротора, ток статора и момент на валу.

Раздел 6 «Синхронные машины»

1. Синхронный турбогенератор имеет номинальные данные: полная мощность 100000 кВА, напряжение 15,75 кВ, частота вращения 3000 об/мин. Синхронное сопротивление 3,2 Ом, коэффициент мощности 1,0. Определить ток статора, ЭДС фазы обмотки статора при соединении фаз звездой, угол рассогласования, максимальный момент, перегрузочную способность.

2. Синхронный двигатель имеет номинальные данные: мощность 2500 кВт, напряжение 6 кВ, частота вращения 3000 об/мин. Коэффициент мощности 1,0, перегрузочная способность 1,5, синхронное сопротивление 12,8 Ом. Определить для номинального режима номинальный и максимальный моменты, угол рассогласования, ЭДС обмотки статора. Определить те же параметры и коэффициент мощности при перевозбуждении на 30%. Построить угловые характеристики в этих режимах.

3. Восьмиполюсной синхронный двигатель с номинальной мощностью 100 кВт имеет кратность максимального момента 1,65. Определить максимальный момент, при котором двигатель удерживается в синхронизме, если ток возбуждения уменьшился в 2 раза по сравнению с номинальным. Частота сети 50 Гц.

5.2.4. Типовые вопросы/задания самостоятельных работ для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1) Эквивалентная электрическая схема замещения трансформатора.
2) Однофазный трансформатор подключен к сети напряжением 220 В и частотой 50 Гц.
3) Определите коэффициент трансформации и номинальное вторичное напряжение, если сечение магнитопровода $5*10^{-3}$ м^2, амплитуда магнитной индукции 1,6 Тл, число витков вторичной обмотки 50.
4) Объясните термины: «масляной», «сухой» трансформатор.
5) Поясните назначение основных частей двигателя постоянного тока.
6) Напишите формулы ЭДС индукции и электромагнитного момента двигателя постоянного тока.
7) Укажите достоинства и недостатка различных способов регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. С помощью какого способа можно получить наибольший диапазон регулирования.
8) Двигатель постоянного тока независимого возбуждения имеет следующие номинальные данные: мощность 10 кВт, напряжение 220 В, частота вращения 1500 об/мин, номинальный ток якоря 52,2 А. Сопротивление обмотки якоря 0,182 Ом. Определите пусковой ток при пуске без пускового сопротивления. Определите пусковое сопротивление, которое необходимо включить в цепь якоря для ограничения пускового тока до двух кратного от номинального и величину пускового момента при этих условиях.
9) Какое число пар полюсов должен иметь асинхронный двигатель, питающийся от промышленной сети, при частоте вращения магнитного поля статора 600 об/мин.
10) Укажите основные достоинства асинхронного двигателя.
11) Напряжение питающей сети снизилось на 10 %. как изменится вращающий момент асинхронного двигателя к короткозамкнутым роторам?
12) Асинхронный электродвигатель имеет номинальную мощность 75 кВт и номинальную частоту вращения 1450 об/мин. Определите номинальный момент на валу двигателя.
13) Вариант 5.
14) Скольжение четырёхполюсного асинхронного двигателя изменяется от 0,3 до 5%. Определите диапазон изменения частоты вращения ротора, если частота питающего напряжения 50 Гц.
15) Какие достоинства имеет асинхронный двигатель с фазным ротором по сравнению с короткозамкнутым?
16) Что такое саморегулирование асинхронного электродвигателя? Как протекает процесс саморегулирование в двигателе?
17) Для трёхфазного асинхронного двигателя известны номинальные данные: мощность 40 кВт, напряжение 380 В, коэффициент мощности и полезного действия 0,89 и 0,91. Определите потребляемый ток, потребляемую полную активную и реактивную мощности.

5.2.5. Типовой вариант расчётно-графической работы

Расчёт силового трёхфазного двухобмоточного трансформатора

Задание на проектирование трёхфазного двухобмоточного силового трансформатора включает следующие основные параметры и эксплуатационные характеристики: номинальная полная мощность S, кВ А;

номинальные линейные напряжения: первичное $U_{1н}$ и вторичное $U_{2н}$, кВ;

схемы соединения и группы соединения обмоток;

параметры короткого замыкания: напряжение $u_к$ % и потери $P_к$, кВт;

параметры холостого хода: ток $i_х$, % и потери $P_х$, кВт.

Одинаковыми для всех вариантов являются:

Частота тока 50 Гц, число фаз 3, число обмоток на стержне - 2 (одна первичная и одна вторичная), способ охлаждение - масляное, режим работы - продолжительный, регулирование напря-

жения ± 2 х 2,5 % (+5; +2,5; 0; - 2,5; - 5) % за счет переключения ответвлений (ПБВ) обмотки высшего напряжения (ВН).

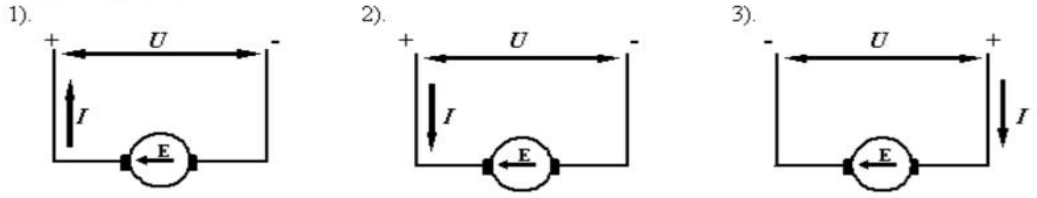
В соответствии с указанными данными необходимо:

- провести электромагнитный и конструктивный расчёты, определить размеры магнитопровода и обмоток;
- определить параметры холостого хода и короткого замыкания и сравнить их с заданными;
- рассчитать и построить:
  - Зависимость изменения напряжения ΔU_2 от коэффициента мощности нагрузки $\cos \varphi_2$ при номинальном токе;
  - Зависимость вторичного напряжения U_2 от коэффициента нагрузки при $\cos \varphi_2 = 0{,}8$;
  - Зависимость коэффициента полезного действия (КПД) от коэффициента нагрузки при $\cos \varphi_2 = 0{,}8$;
  - При окончательном расчете трансформатора допускается отклонение расчётных параметров от заданных:
  - По току холостого хода до 15%;
  - По потерям холостого хода до 7,5%;
  - По напряжению и потерям короткого замыкания не более чем на ± 5%.

Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание. Каждому номеру задания соответствуют цифровые данные, где приводятся номинальные параметры рассчитываемого трансформатора. Цифровые данные переносятся в соответствующие графы задания.

5.2.6. Типовые задачи для промежуточной аттестации

1.30. Какая из схем соответствует генераторному режиму работы коллекторной машины постоянного тока?



Ответы: ***1***; ***2***; ***3***.

1.31. Какая величина, характеризующая работу машины постоянного тока, пропорциональна произведению ***Ф I*** ?

Ответы:

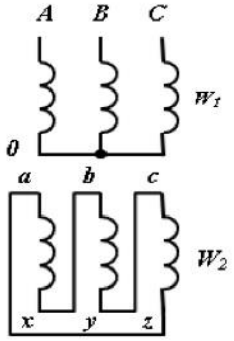
1. Электромагнитный момент;
2. Э.д.с. обмотки якоря;
3. Скорость вращения якоря.

1.32. Какая величина, характеризующая устойчивую работу двигателя постоянного тока, пропорциональна отношению $\frac{E}{\Phi}$?

Ответы:

1. Ток якоря;
2. Э.д.с. обмотки якоря;
3. Скорость вращения якоря.

2.38. Какой из приведённых ответов является ошибочным относительно напряжений на обмотках трёхфазного трансформатора, подключенного к трёхфазной симметричной сети напряжением ***380 В*** по указанной ниже схеме, если число витков первичной обмотки W_1 = 1000 витков, а число витков вторичной обмотки W_2 = 100 витков.



Ответы:

1. $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA}$ = 380 В;
2. $U_{ab} = U_{bc} = U_{ca}$ = 38 В;
3. $U_{A0} = U_{B0} = U_{C0}$ = 220 В;
4. $U_{ax} = U_{by} = U_{cz}$ = 22 В;
5. $U_{ab} = U_{bc} = U_{ca}$ = 22 В;

3.38. Какое из приведённых утверждений является ошибочным?

Ответы:

1. Увеличение пускового момента и уменьшение пускового тока трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором может быть достигнуто Применением глубокопазной обмотки ротора;

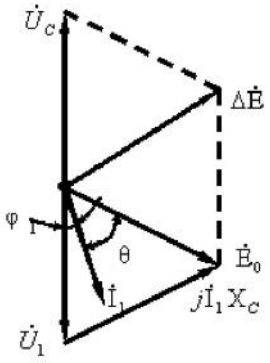
2. Увеличение пускового момента и уменьшение пускового тока трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором может быть достигнуто Применением двухклеточной обмотки ротора;

3. Увеличение пускового момента и уменьшение пускового тока трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором может быть достигнуто

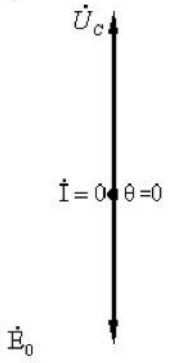
4.25. Какая из приведённых векторных диаграмм соответствует векторной диаграмме синхронной машины, работающей в режиме холостого хода?

Ответы:

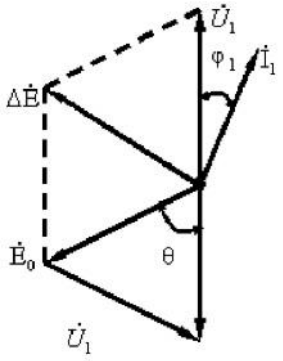
1).



2).



3).



6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Иванов-Смоленский А.В., Электрические машины. В двух томах. Том 1 [Электронный ресурс]: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01222-2 – Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html [23.09.2019]

2. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В двух томах. Том 2 [Электронный ресурс]: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01223-9 – Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012239.html [23.09.2019]

б) Дополнительная литература

1. Парамонова В.И. Электрические машины [Электронный ресурс]. – М.: Альтаир-МГАВТ, 2015. – 72 с. (Доступно в ЭБС «Знаниум»)
Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=522744 [23.09.2019]

в) Программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

– Операционная система Microsoft Windows
– Пакет прикладных программ Microsoft Office
– Правовая система «Консультант плюс»
– Браузер Google Chrome

г) Интернет-ресурсы

– Сайт Министерства энергетики РФ. - www.minenergo.gov.ru
– Федеральный портал. Российское образование. http://www.edu.ru/
– http://elektromehanika.org/
– Информационный проект для работников энергетических служб и студентов электротехнических вузов http://electrichelp.ru
– Электрика и электроэнергетика https://pomegerim.ru
– Электричество и электроснабжение http://enginer-electric.ru
– http://novostienergetiki.ru
– Известия вузов «Электромеханика», http://electromeh.npi-tu.ru/ru/archive/
– http://электротехнический-портал.рф/kniga.html
– ЭБС «Юрайт». Режим доступа: http://biblio-online.ru
– ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru
– ЭБС «Лань». Режим доступа: http://e.lanbook.com/
– ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: www.znanium.com

д) Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

– «Техэксперт» – профессиональные справочные системы http://техэксперт.рус/ [26.10.19]
– База данных «Электрик» http://www.electrik.org/ [26.10.19]
– Энергетика в РФ и за рубежом http://energo.polpred.com
– ИС «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». Разделы:
– Энергетика http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.27 [26.10.19]
– Электротехника http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.30 [26.10.19]
– Онлайн электрик: база данных https://online-electric.ru/dbase.php [26.10.19]

– База данных Energy & Power Source для профессионалов в области энергетики и исследователей - http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple [26.10.19]

– Банк изобретений, технологий и научных открытий: http://www.ntpo.com [26.10.19]

– Научная электронная библиотека www.elibrary.ru [26.10.19]

– База данных рецензируемой литературы Scopus https://www.scopus.com [26.10.19]

– База данных Web of Science https://apps.webofknowledge.com [26.10.19]

– ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал http://www.garant.ru/

– Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения, используемые при реализации дисциплины, представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий.

Лекции и практические занятия проводятся в специализированной лаборатории электромашин и трансформаторов, проектирования электрических станций, оснащённой лабораторными стендами, измерительным оборудованием, техническим оборудованием, обеспечивающим проведение занятий.

Помещения (аудитории) для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор: ведущий инженер-конструктор АО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И. И. Африкантова", д.т.н. А.Ю. Смирнов

Рецензент:
д.т.н., начальник отдела АО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения
им. И. И. Африкантова" В.А. Панов

Программа утверждена на заседании объединённой методической комиссии Института открытого образования и филиалов университета, протокол № 13 от 29.04.2019 г.