

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Кожедеров Александр Игоревич
Должность: Директор филиала ИндИ (филиал) ФГБОУ ВО "ЮГУ"
Дата подписания: 16.07.2026 23:52:52
Уникальный программный ключ: 7f4522f81a862743c2711b37d9dd0f6adf40c4c8

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электрические машины

Направление подготовки (специальности): *13.03.02 Электроэнергетика и электротехника*

Профиль: *Электроэнергетика и электротехника (ИндИ)*

Форма обучения
Очно-заочная

Квалификация выпускника
Бакалавр

2026 год набора

Виды работ	Объём занятий по семестрам, час										Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Самостоятельная работа				76	58						134
Контроль					18						18
Дистанционные лекции				14	14						28
Дистанционные практические занятия				18	18						36
Форма контроля				Зачёты	Курсовая работа, Экзамены						-
Итого:				108	108						216
з.е.				3	3						6

Ханты-Мансийск, 2026 год
(город)

Предисловие

1. Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) *13.03.02 Электроэнергетика и электротехника* утвержденного № 144 от 28.02.2018 года.

2. Разработчик(и):

_____	_____	_____
ученая степень, ученое звание (при наличии)	(подпись)	Е. А. Дюба (И. О. Фамилия)

3. Согласовано:

Руководитель образовательной программы _____ по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика _____ и электротехника _____	_____	_____
	(подпись)	Г. В. Газя (И. О. Фамилия)

4. Утверждаю:

Руководитель структурного подразделения Индустриальный институт (г. Нефтеюганск) _____	_____	_____
	(подпись)	А. П. Янукян (И. О. Фамилия)

Документ подписан простой электронной подписью в
электронной информационно образовательной среде
Elios 2.0 ФГБОУ ВО «ЮГУ»

Идентификатор документа: 96885



Подписант	
Дюба Елена Александровна	
Газя Геннадий Владимирович	
Янукян Арам Погосович	

Дата подписания	
19.05.2026 13:17:58	
19.05.2026 13:18:35	
19.05.2026 13:21:08	

1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов современной теоретической и практической базы по современным электромеханическим преобразователям энергии, которая позволит им успешно решать задачи в их профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями, эксплуатацией и ремонтом электрических машин. В плане подготовки бакалавра дисциплина является важным звеном в области практической подготовки и отражает все требования квалификационной характеристики.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 учебного плана, модуля «Модуль Электротехника».

3 Формируемые компетенции обучающегося

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Планируемые результаты (соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенции)
код компетенции	наименование компетенции	
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1 3-1: Основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, аналитической геометрии и дискретной математики ОПК-3.5 3-1: Основные физические явления и основные законы физики, физические величины ОПК-3.5 3-2: Навыками составления схем замещения цепей основных элементов в профессиональной деятельности ОПК-3.1 У-1: Использовать методы математического анализа, линейной алгебры, аналитической геометрии и дискретной математики при решении типовых задач ОПК-3.5 У-1: Анализировать линейные и нелинейные цепи постоянного и переменного тока ОПК-3.1 В-1: Методами построения математических моделей при решении типовых задач ОПК-3.2 В-1: Навыками решения задач электроэнергетики и электротехники

ОПК-4	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-4.1 З-1: Основы электротехники ОПК-4.4 З-1: Основные элементы силовой электроники и основные физические явления, происходящие в различном оборудовании ОПК-4.5 З-1: Принципы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов ОПК-4.1 У-1: Рассчитывать параметры электрических цепей переменного и постоянного тока ОПК-4.4 У-1: Применять методы анализа режимов работы электрооборудования с различными электронными устройствами в конструкции ОПК-4.5 У-1: Моделировать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин ОПК-4.1 В-1: Методами анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока ОПК-4.4 В-1: Навыками моделирования электронных устройств ОПК-4.5 В-1: Навыками анализа режимов работы и характеристик трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов
-------	--	--

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Тема	Трудоемкость по видам учебной работы, час	Д к о м п е т	Оценочные средства
----------	------	--	---------------------------------	-----------------------

		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультации	Самостоятельная работа		
4 семестр								
1	Место и применение трансформаторов в энергетике. Принцип работы и устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов. Типы и конструкции обмоток; Системы охлаждения.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
2	Приведение параметров вторичной обмотки и схема замещения приведенного трансформатора. Основные уравнения, векторная диаграмма.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
3	Опыты и характеристики холостого хода и короткого замыкания. Изменение вторичного напряжения при нагрузке. Внешняя характеристика трансформатора. Потери и КПД трансформатора	2	2			8	ОПК-3; ОПК-4.	Индивидуальное задание.
4	Группы соединения обмоток и параллельная работа трансформаторов. Условия параллельной работы, фазировка трансформатора.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
5	Трансформаторные устройства специального					10	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.

	назначения.							
6	Принцип действия асинхронной машины. Устройство асинхронной машины. Общие принципы выполнения многофазных обмоток. Магнитное поле электрической машины и индуцируемые им ЭДС.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
7	Рабочий процесс трехфазного асинхронного двигателя. Уравнения напряжений, МДС и токов асинхронного двигателя. Приведение параметров обмотки ротора и векторная диаграмма	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
8	Электромагнитный момент и рабочие характеристики асинхронного двигателя. Механическая характеристика асинхронной машины. Устойчивость работы асинхронного двигателя	2	2			8	ОПК-3; ОПК-4.	Индивидуальное задание.
9	Пуск и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя, работа его в тормозных режимах.		2			10	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
10	Асинхронные машины специального назначения		2			10	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
Итого 4 семестр.		14	18			76	—	—
5 семестр								
11	Синхронные машины. Типы синхронных машин и их устройство. Принцип действия	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.

	синхронного генератора. Магнитное поле и цепь синхронных машин. Реакция якоря синхронных машин.							
12	Уравнения синхронных машин: Основные определения и допущения; Система координат, эквивалентная электромагнитная схема машины.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
13	Векторная диаграмма и характеристики синхронных генераторов. Практическая диаграмма ЭДС синхронных генераторов. Потери и КПД синхронных машин.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
14	Работа синхронной машины параллельно с сетью. Угловые характеристики синхронной машины. U - образные характеристики.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос; Индивидуальное задание.
15	Синхронный двигатель. Синхронный компенсатор. Конструкция и принцип действия. Режимы работы.	2				6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
16	Машины постоянного тока. Принцип действия и устройство коллекторных машин постоянного тока.	2	2			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
17	Коммутация. Электродвижущая сила обмотки якоря. Электромагнитный момент машины	2				4	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.

	постоянного тока. Потери и КПД машин постоянного тока							
18	Генераторы постоянного тока: Основные уравнения; Независимое, параллельное и смешанное возбуждение. Параллельная работа генераторов; Основные характеристики генераторов постоянного тока		4			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
19	Двигатели постоянного тока: Основные уравнения; Независимое, параллельное, последовательное и смешанное возбуждение; Механические характеристики; Пуск; Регулирование скорости вращения двигателей постоянного тока.		4			6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос; Индивидуальное задание.
20	Машины постоянного тока специального назначения					6	ОПК-3; ОПК-4.	Опрос.
Итого 5 семестр.		14	18			58	—	—
Итого		28	36			134	—	

5 Образовательные технологии, используемые при различных видах учебной работы

№ темы	Образовательная технология
1-20	Дистанционные технологии
1-20	Технология традиционного обучения

6 Методические материалы по освоению дисциплины

Электронная информационно - образовательная среда представлена личным кабинетом, расположенным по ссылке <https://itport.ugrasu.ru>, электронной библиотечной системой <https://lib.ugrasu.ru>, электронным каталогом Научной библиотеки ЮГУ <https://irbis.ugrasu.ru> и системой дистанционного обучения.

Методические материалы для обучающихся представлены в электронном виде в системе Moodle по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>.

Методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

6.1 Методические указания к занятиям лекционного типа

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать его научно-педагогическому работнику на консультации, на практическом занятии.

6.2 Методические указания к практическим занятиям

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков. Методические рекомендации по каждой практической работе имеют теоретическую часть, подготовленную отдельно, или указание на источник, необходимый для подготовки к соответствующему практическому занятию, с необходимыми для выполнения работы формулами, пояснениями, таблицами и графиками; алгоритм выполнения заданий. Практические задания сочетаются с теоретическими знаниями. Проведению практического занятия как правило предшествует самостоятельная работа обучающегося.

6.3 Методические указания к самостоятельной работе

В рамках самостоятельной работы обучающийся знакомится с рабочей программой, особое внимание должно уделяться целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Анализируется конспект лекций, ведется подготовка ответов к контрольным вопросам, просматривается рекомендуемая литература, используются аудио-видеозаписи по заданной теме, решаются расчетно-графические задания, задачи по алгоритму и др.

7 Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплин (модулей). Для осуществления процедуры текущего контроля успеваемости обучающихся НПП создаются оценочные материалы (фонды оценочных средств), позволяющие оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности компетенций.

Промежуточная аттестация обучающихся производится в дискретные временные интервалы НПП, обеспечивающими реализацию дисциплины в форме: зачёты, экзамены.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся предполагает предоставление студентам методических рекомендаций по изучению дисциплины, учитывающих особенности ее построения, освоения, преподавания и представлено как электронный учебно-методический комплект документов по дисциплине, размещено в системе управления обучением «Moodle» (сайт Университета по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>) и/или в других системах управления обучением электронной информационно-образовательной среды Университета.

Обучение и контроль обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

7.1 Технологическая карта дисциплины 4-й семестр

№ п/п	Название темы	Максимальное количество баллов
Обязательный уровень (текущая аттестация)		
1	Место и применение трансформаторов в энергетике. Принцип работы и устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов. Типы и конструкции обмоток; Системы охлаждения.	4
2	Приведение параметров вторичной обмотки и схема замещения приведенного трансформатора. Основные уравнения, векторная диаграмма.	4
3	Опыты и характеристики холостого хода и короткого замыкания. Изменение вторичного напряжения при нагрузке. Внешняя характеристика трансформатора. Потери и КПД трансформатора	10
4	Группы соединения обмоток и параллельная работа трансформаторов. Условия параллельной работы, фазировка трансформатора.	6
5	Трансформаторные устройства специального назначения.	8
6	Принцип действия асинхронной машины. Устройство асинхронной машины. Общие принципы выполнения многофазных обмоток. Магнитное поле электрической машины и индуцируемые им ЭДС.	6
7	Рабочий процесс трехфазного асинхронного двигателя. Уравнения напряжений, МДС и токов асинхронного двигателя. Приведение параметров обмотки ротора и векторная диаграмма	6
8	Электромагнитный момент и рабочие характеристики асинхронного двигателя. Механическая характеристика асинхронной машины. Устойчивость работы асинхронного двигателя	10
9	Пуск и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя, работа его в тормозных режимах.	8
10	Асинхронные машины специального назначения	8
		70
Обязательный уровень (промежуточная аттестация)		
11	Зачёты	30
		30
Итого		100
Дополнительный уровень		
12	Основные типы обмоток машин переменного тока. Схемы	15

	развернутой обмотки.	
13	Новая работа	0
		15

Шкала оценивания результатов по балльной системе (зачёты):

Зачтено с 50 по 100 баллов;

Не зачтено с 0 по 49 баллов.

7.2 Технологическая карта дисциплины 5-й семестр

№ п/п	Название темы	Максимальное количество баллов
Обязательный уровень (текущая аттестация)		
1	Синхронные машины. Типы синхронных машин и их устройство. Принцип действия синхронного генератора. Магнитное поле и поле синхронных машин. Реакция якоря синхронных машин.	6
2	Уравнения синхронных машин: Основные определения и допущения; Система координат, эквивалентная электромагнитная схема машины.	6
3	Векторная диаграмма и характеристики синхронных генераторов. Практическая диаграмма ЭДС синхронных генераторов. Потери и КПД синхронных машин.	6
4	Работа синхронной машины параллельно с сетью. Угловые характеристики синхронной машины. U - образные характеристики.	6
5	Синхронный двигатель. Синхронный компенсатор. Конструкция и принцип действия. Режимы работы.	8
6	Машины постоянного тока. Принцип действия и устройство коллекторных машин постоянного тока.	6
7	Коммутация. Электродвижущая сила обмотки якоря. Электромагнитный момент машины постоянного тока. Потери и КПД машин постоянного тока	6
8	Генераторы постоянного тока: Основные уравнения; Независимое, параллельное и смешанное возбуждение. Параллельная работа генераторов; Основные характеристики генераторов постоянного тока	10
9	Двигатели постоянного тока: Основные уравнения; Независимое, параллельное, последовательное и смешанное возбуждение; Механические характеристики; Пуск; Регулирование скорости вращения двигателей постоянного тока.	10
10	Машины постоянного тока специального назначения	6
		70
Обязательный уровень (промежуточная аттестация)		
11	Экзамены	30
		30
	Итого	100
Дополнительный уровень		
12	Основные типы обмоток машины постоянного тока. Схема	15

	развернутой обмотки машины постоянного тока.	
13	Новая работа	0
		15

Шкала оценивания результатов по балльной системе (экзамены):

Критерии выставления оценки при промежуточной аттестации:

Отлично с 83 по 100 баллов;

Хорошо с 68 по 82 балла;

Удовлетворительно с 50 по 67 баллов;

Неудовлетворительно с 0 по 49 баллов.

7.3 Примерные вопросы для самоконтроля

1. Определение коэффициента трансформации.
2. Определение характеристик холостого хода и короткого замыкания однофазного трансформатора
3. Холостой ход однофазного трансформатора, схема опыта, область применения, основные характеристики.
4. Короткое замыкание однофазного трансформатора, схема опыта, область применения, основные характеристики.
5. Что называется током холостого хода и потерями холостого хода трансформатора?
6. В каком случае следует ожидать наибольшего броска тока холостого хода при включении трансформатора в сеть?
7. Дайте определение напряжения короткого замыкания трансформатора. Чем определяется и от чего зависит значение u_k ?
8. Почему в трансформаторе при изменении тока вторичной обмотки происходит изменение и тока в первичной обмотке?
9. Какой вид имеет схема замещения трансформатора в режиме холостого хода. Какой физический смысл имеют ее параметры?
10. Какой вид имеет схема замещения трансформатора в режиме короткого замыкания. Какой физический смысл имеют ее параметры?
11. Определение группы соединений обмоток трансформатора
12. Как влияет схема соединения обмоток трехфазного трансформатора на процессы намагничивания его магнитопровода?
13. Что понимают под группой соединения обмоток трансформатора?
14. Какие применяются схемы и группы соединения для обмоток трехфазного трансформатора?
15. Перечислите условия включения трансформаторов на параллельную работу.
какие из них допускают отклонения, какие — нет и почему?
16. От каких параметров зависят максимальный момент асинхронного двигателя и критическое скольжение?
17. Как влияют нагрузка на валу двигателя на его КПД и коэффициент мощности?

18. Как изменяется механическая характеристика двигателя при включении в цепь ротора реостата и при изменении питающего напряжения?
19. Как влияет изменение частоты и напряжения на энергетические показатели двигателя?
20. В чем отличие работы асинхронной машины при неподвижном и вращающемся роторе? Как зависят ЭДС и частота тока ротора от скольжения?
21. Для чего при пуске двигателя с фазным ротором в цепь обмотки ротора включают реостат?
22. Для чего при пуске двигателя с фазным ротором в цепь обмотки ротора включают реостат?
23. Объясните способы построения векторных диаграмм синхронных машин с использованием характеристики холостого хода.
24. Поясните энергетическую диаграмму синхронной машины. Какие потери в ней существуют?
25. Как на внешние характеристики синхронного генератора влияет характер нагрузки?
26. При каких условиях ток внезапного короткого замыкания синхронного генератора будет максимальным?
27. Что показывает U-образная характеристика?
28. Какие зависимости называются рабочими характеристиками синхронного двигателя?
29. Сопоставьте внешние и регулировочные характеристики генераторов постоянного тока с различными способами возбуждения.
30. Объясните вид скоростных характеристик двигателей постоянного тока при различных способах возбуждения.
31. Как зависят от основных параметров режима работы ЭДС и момент машины постоянного тока?

Трансформаторы

1. Для каких целей применяют трансформаторы?
2. Как работает и как устроен трансформатор?
3. Что называется током холостого хода и потерями холостого хода трансформатора?
4. Нарисуйте T-образную схему замещения и объясните физический смысл входящих в нее параметров.
5. Дайте определение напряжения короткого замыкания трансформатора. Чем определяется и от чего зависит значение u_k ?
6. Нарисуйте внешние характеристики трансформатора при активной, индуктивной и емкостной нагрузках и объясните их отличие друг от друга.
7. Что понимают под группой соединения обмоток трансформатора?
8. Какие применяются схемы и группы соединения для обмоток трехфазного трансформатора?
9. Перечислите условия включения трансформаторов на параллельную работу.

какие из них допускают отклонения, какие — нет и почему?

10. Какие преимущества и недостатки имеет автотрансформатор по сравнению с двухобмоточным трансформатором?
11. Нарисуйте магнитопроводы трехфазного стержневого, трехфазного группового и трехфазного бронестержневого трансформаторов?
12. На какие типы по конструктивно-технологическим признакам подразделяют обмотки трансформаторов? Дайте характеристику основных типов обмоток.
13. Какие виды охлаждения трансформаторов и их условные обозначения предусмотрены в настоящее время?
14. Объясните назначение расширителя в масляных трансформаторах.
15. Чем вызвана необходимость установки на трансформаторах газового реле и выхлопной трубы?
16. Почему трансформаторы должны оснащаться системами регулирования напряжения? Что такое регулирование типов ПБВ и РПН? В чем отличие между ними?

Асинхронные машины

1. Объясните принцип действия и конструкцию асинхронного двигателя.
2. Что такое скольжение асинхронной машины?
3. В каких основных режимах может работать асинхронная машина?
4. Как устроен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором?
5. Как устроен асинхронный двигатель с фазным ротором?
6. Как создается вращающееся магнитное поле при трехфазном токе?
7. От чего зависят частота и направление вращения магнитного поля? Как изменить направление вращения поля?
8. В чем отличие работы асинхронной машины при неподвижном и вращающемся роторе? Как зависят ЭДС и частота тока ротора от скольжения?
9. Как зависит электромагнитный момент асинхронной машины от магнитного потока и тока ротора?
10. Какая часть схемы замещения эквивалентна механической нагрузке на валу двигателя?
11. Для чего Т-образную схему замещения преобразовывают в Г-образную?
12. Какой основной недостаток способа прямого пуска асинхронного двигателя?
13. Для чего применяют пуск двигателя с короткозамкнутым ротором при пониженном напряжении и изменяется ли при этом пусковой момент?
14. Какими способами понижают напряжение при пуске?
15. Для чего при пуске двигателя с фазным ротором в цепь обмотки ротора включают реостат?
16. Как изменяется механическая характеристика двигателя при включении в цепь ротора реостата и при изменении питающего напряжения?

Синхронные машины

1. Укажите конструктивные особенности различных типов синхронных

машин.

2. Перечислите основные требования к системам возбуждения синхронных машин.
3. Дайте характеристику механическим системам возбуждения
4. Основные достоинства и характеристики тиристорных систем возбуждения
5. Для чего необходимы и как реализуются гашение поля и автоматическая регулировка возбуждения
6. Какое влияние на работу синхронного генератора оказывает реакция якоря? В чем суть метода двух реакций?
7. Объясните способы построения векторных диаграмм синхронных машин с использованием характеристики холостого хода.
8. В каких режимах работы и каким образом учитываются демпферные обмотки и контура синхронной машины?
9. Поясните энергетическую диаграмму синхронной машины. Какие потери в ней существуют?
10. Как на внешние характеристики синхронного генератора влияет характер нагрузки?
11. Укажите условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью.
12. Что показывает U-образная характеристика?
13. Какие зависимости называются рабочими характеристиками синхронного двигателя?
14. Укажите достоинства и недостатки синхронного двигателя по сравнению с асинхронным.
15. Объясните назначение синхронного компенсатора.
16. Какие системы охлаждения используются в машинах большой мощности?

Машины постоянного тока

1. Объясните принцип действия и конструкцию машины постоянного тока.
2. Устройство и назначение коллектора машины постоянного тока.
3. Какие обмотки для якорей машин постоянного тока применяются? Из каких условий выбирается тип обмотки?
4. Магнитное поле машины постоянного тока. Что такое физическая и геометрическая нейтраль?
5. Какое влияние на работу машины постоянного тока оказывают поперечная и продольная реакции якоря?
6. Как и для какой цели выполняется компенсационная обмотка?
7. Что такое коммутация машины постоянного тока? Причины искрения.
8. Что представляет собой круговой огонь и причины его возникновения.
9. Способы улучшения коммутации.
10. Основные типы обмоток якоря машин постоянного тока.
11. Потери и КПД машины постоянного тока.
12. Сопоставьте внешние и регулировочные характеристики генераторов постоянного тока с различными способами возбуждения.

13. Условия и особенности параллельной работы генераторов постоянного тока.
14. Объясните вид скоростных характеристик двигателей постоянного тока при различных способах возбуждения.
15. Как производится пуск двигателей постоянного тока?
16. Какие способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока Вы знаете? Укажите возможные диапазоны регулирования для каждого способа.

7.4 Примерный комплект индивидуальных заданий

Решение задачи вариант 1

Для трехфазного силового трансформатора ТМ-25/10 построить векторную диаграмму приведенного трансформатора при вторичном напряжении $U_2=380$ В токе $I_2=32,5$ А и $\cos\varphi_2=0,3$.

Паспортные данные (Для наглядности ток холостого хода увеличен в 5 раз.):

$S_H=25$ кВА; $U_{BH}=10$ кВ; $U_{HH}=0,4$ кВ; $P_X=130$ Вт; $P_K=600$ Вт; $U_K\%=4,5$ %; $I_X\%=16,0$ %.

1. Определим упрощенно параметры схемы замещения:

$$\text{номинальный ток } I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_{\Delta I}} = 1,44 \text{ А}$$

$$R_1 = R'_2 = \frac{P_K}{2 \cdot 3 \cdot I_H^2} = 48,0 \text{ Ом}$$

$$Z_1 = Z'_2 = \frac{\frac{U_K\%}{100} U_{\Delta I}}{2\sqrt{3}I_H} = 90,1 \text{ Ом}$$

$$X_1 = X'_2 = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2} = 76,3 \text{ Ом}$$

2. Определим приведенные ток и напряжения вторичной обмотки, а также падения напряжения на R'_2 и $\tilde{O}'_2$:

$$\text{коэффициент трансформации } k_{TP} = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = 25,00$$

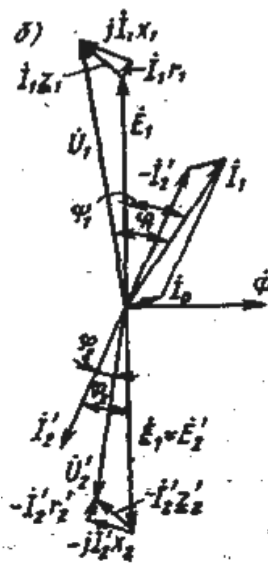
$$I'_2 = \frac{I_2}{k_{TP}} = 1,30 \text{ А}; \quad U'_2 = U_2 k_{TP} = 9500 \text{ В}$$

$$I'_2 \cdot R'_2 = 62,4 \text{ В}; \quad I'_2 \cdot X'_2 = 99,1 \text{ В}$$

$$\varphi_2 = \arccos(\cos\varphi_2) = 73^\circ$$

3. Определим составляющие тока холостого хода:

$$I_X = \frac{I_{X\%}}{100} I_H = 0,23 \text{ А}; \quad I_{Xa} = \frac{P_X}{\sqrt{3}U_{BH}} = 0,0075 \text{ А}; \quad I_\mu = I_{Xp} = \sqrt{I_X^2 - I_{Xa}^2} = 0,23 \text{ А}$$



4. Построение:

- выбираем масштаб по напряжению m_U и току m_I
- строим вектор U'_2 (направление - произвольно, длина - из п.2)
- строим вектор I'_2 (направление - под углом φ_2 к U'_2 , длина - из п.2)
- из конца U'_2 строим вектор $I'_2 R'_2$ (направление - параллельно I'_2 , длина - из п.2)
- из конца $I'_2 R'_2$ строим вектор $I'_2 X'_2$ (направление - перпендикулярно I'_2 , длина - из п.2)
- соединяем начало координат с концом вектора $I'_2 X'_2$ - это ЭДС $E'_2 = -$
- строим вектор магнитного потока Φ (направление - перпендикулярно, длина - произвольно)
- строим вектор I_μ (направление - вдоль Φ , длина - из п.3)
- строим вектор I_{Xa} (направление - перпендикулярно Φ , длина - из п.3)
- строим вектор I_X как векторную сумму I_μ и I_{Xa}
- строим вектор $-I'_2$
- строим вектор I_1 как векторную сумму $-I'_2$ и I_X
- строим вектор E_1 (направление - противоположно E'_2 , длина такая же, как у E'_2)
- по масштабу определяем величину тока I_1
- из конца E_1 строим вектор $I_1 R_1$ (направление - параллельно I_1 , длина - $I_1 R_1$)
- из конца $I_1 R_1$ строим вектор (направление - перпендикулярно I_1 , длина - $I_1 X_1$)
- соединяем начало координат с концом вектора $I_1 X_1$ - это первичное напряжение U_1

диаграмма построена

Решение задачи вариант 30

Два трехфазных силовых трансформатора работают параллельно. Нагрузка, подключенная к трансформаторам, составляет 2400 кВА при $\cos\varphi_2=0,6$. Определить загрузку каждого трансформатора при параллельной работе и КПД двухтрансформаторной подстанции. Какое значение имели бы загрузка трансформаторов и КПД подстанции, если бы напряжения короткого замыкания трансформаторов были бы одинаковы?

Паспортные данные:

T_1 - $S_N=1600$ кВА; $U_{BH}=35$ кВ; $U_{HH}=0,4$ кВ; $P_X=2900$ Вт; $P_K=18000$ Вт; $U_K\%=6,5$ %;
 $I_X\%=1,3$ %.

$T_2 - S_H = 2500 \text{ кВА}$; $U_{BH} = 35 \text{ кВ}$; $U_{HH} = 0,4 \text{ кВ}$; $P_X = 4600 \text{ Вт}$; $P_K = 25000 \text{ Вт}$; $U_{K\%} = 6 \%$;
 $I_{X\%} = 1 \%$.

1. Определим загрузку трансформаторов, считая токи трансформаторов совпадающими по фазе. Для определения загрузки решим систему из двух уравнений для мощностей трансформаторов:

$$\begin{cases} \frac{S_1 / S_{H1}}{S_2 / S_{H2}} = \frac{U_{K2}}{U_{K1}}, \text{ преобразуем} \\ S_1 + S_2 = S_{i\bar{A}} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{S_1}{S_2} = \frac{S_{H1} U_{K2}}{S_{H2} U_{K1}} \\ S_1 + S_2 = S_{i\bar{A}} \end{cases}$$

после подстановки исходных данных:

$$S_1 / S_2 = 0,591$$

$$S_1 + S_2 = 2400$$

решение системы - $S_1 = 891,3 \text{ кВА}$, $S_2 = 1508,7 \text{ кВА}$.

коэффициенты загрузки трансформаторов (приближенно):

$$\beta_1 \cong \frac{S_1}{S_{H1}} = 0,557, \quad \beta_2 \cong \frac{S_2}{S_{H2}} = 0,603.$$

2. Определим КПД подстанции (это можно сделать несколькими способами)

Отдаваемые в нагрузку активные мощности трансформаторов:

$$P_{21} = \beta_1 \cdot S_{H1} \cos \varphi_2 = 534,78 \text{ кВт}, \quad P_{22} = \beta_2 \cdot S_{H2} \cos \varphi_2 = 905,22 \text{ кВт}.$$

КПД трансформаторов:

$$\eta_1 = 1 - \frac{P_{X1} + \beta_1^2 P_{K1}}{P_{21} + P_{X1} + \beta_1^2 P_{K1}} = 0,984, \quad \eta_2 = 1 - \frac{P_{X2} + \beta_2^2 P_{K2}}{P_{22} + P_{X2} + \beta_2^2 P_{K2}} = 0,985.$$

Потребляемые мощности:

$$P_{11} = \frac{P_{21}}{\eta_1} = 543,26 \text{ кВт}, \quad P_{12} = \frac{P_{22}}{\eta_2} = 919,00 \text{ кВт}.$$

Общий КПД подстанции:

$$\eta = \frac{P_{21} + P_{22}}{P_{11} + P_{12}} = 0,985.$$

3. Определим КПД подстанции для трансформаторов с одинаковыми U_K , т.е. при равной загрузке

$$\text{Коэффициент загрузки подстанции: } \beta_{PC} \cong \frac{S_{HG}}{S_{H1} + S_{H2}} = 0,585.$$

Отдаваемая в нагрузку активная мощность: $P_2 = S_{H\bar{A}} \cos \varphi_2 = 1440,0 \text{ кВт}$.

Суммарные потери в трансформаторах: $\Delta P_{PC} = (P_{X1} + P_{X2}) + \beta_{PC}^2 (P_{K1} + P_{K2}) = 22,234 \text{ кВт}$.

Общий КПД подстанции: $\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{\text{ПС}}} = 0,985$.

КПД всегда выше при равной нагрузке, если трансформаторы разные.

Решение задачи ТР-06 вариант 1

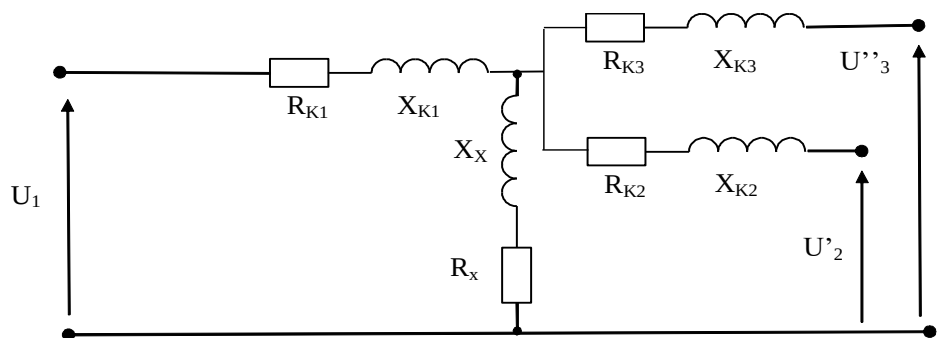
Определить параметры схемы замещения трехобмоточного автотрансформатора АТДЦТН-63000/220/110. Определить изменение напряжения обмоток СН и НН и КПД трансформатора при следующих условиях:

$$\beta_{\text{СН}} = 0,9; \beta_{\text{НН}} = 0,4 \text{ (по отношению к } S_{\text{Н}}); \cos \varphi_{\text{СН}} = 0,3; \cos \varphi_{\text{НН}} = 0,5.$$

Паспортные данные:

$$S_{\text{Н}} = 63000 \text{ кВА}; S_{\text{НН}} = 32000 \text{ кВА}; U_{\text{ВН}} = 230 \text{ кВ}; U_{\text{СН}} = 121 \text{ кВ}; U_{\text{НН}} = 11 \text{ кВ}; P_{\text{Х}} = 37 \text{ кВт}; P_{\text{К}} = 200 \text{ кВт}; U_{\text{КВН}}\% = 35\%; U_{\text{КВС}}\% = 11\%; U_{\text{КСН}}\% = 22\%; I_{\text{Х}}\% = 0,45\%.$$

Определяем параметры схемы замещения



номинальный ток $I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{Н}}}{\sqrt{m} U_{\text{ВН}}} = 158 \text{ А};$

ветвь намагничивания

$$R_{\text{Х}} = \frac{P_{\text{Х}}}{m \cdot I_{\text{ВН}}^2 \left(\frac{I_{\text{Х}}\%}{100} \right)^2} = 24353 \text{ Ом}; Z_{\text{Х}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{\sqrt{m} I_{\text{ВН}} \left(\frac{I_{\text{Х}}\%}{100} \right)} = 186596 \text{ Ом}; X_{\text{Х}} = \sqrt{Z_{\text{Х}}^2 - R_{\text{Х}}^2}$$

$$= 185000 \text{ Ом};$$

$$U_{\text{КВ}}\% = 0,5(U_{\text{КВН}}\% + U_{\text{КВС}}\% - U_{\text{КСН}}\%) = 12,0\%;$$

$$U_{KC\%} = 0,5(U_{KBC\%} + U_{KCH\%} - U_{KBH\%}) = -1,0 \%;$$

$$U_{KH\%} = 0,5(U_{KBH\%} + U_{KCH\%} - U_{KBC\%}) = 23,0 \%;$$

параметры сопротивлений обмоток

$$R_B = R'_C = \frac{P_K}{2 \cdot m \cdot I_{BH}^2} = 1,33 \text{ Ом}; \quad R''_H = R_B \frac{S_H}{S_{HH}} = 0,677 \text{ Ом};$$

$$Z_B = \frac{U_{KB\%}}{100} \frac{U_{\hat{A}}}{\sqrt{m} I_{BH}} = 43,8 \text{ Ом}; \quad X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 43,8 \text{ Ом};$$

$$Z'_C = \frac{U_{KC\%}}{100} \frac{U_{\hat{A}}}{\sqrt{m} I_{BH}} = -3,65 \text{ Ом}; \quad X'_C = \sqrt{Z_C^2 - R_C^2} = 3,4 \text{ Ом};$$

$$Z''_H = \frac{U_{KH\%}}{100} \frac{U_{\hat{A}}}{\sqrt{m} I_{BH}} = 84,0 \text{ Ом}; \quad X''_H = \sqrt{Z_H^2 - R_H^2} = 84,0 \text{ Ом};$$

коэффициент загрузки первичной обмотки (BH)

$$\varphi_{CH} = \arccos(\cos \varphi_{CH}) = 1,27 \text{ рад}; \quad \varphi_{HH} = \arccos(\cos \varphi_{HH}) = 1,05 \text{ рад};$$

$$\beta_{BH} = \sqrt{\beta_{CH}^2 + \beta_{HH}^2 + 2\beta_{CH}\beta_{HH}\cos(\varphi_{CH} - \varphi_{HH})} = 1,29;$$

составляющие напряжений короткого замыкания

$$U_{KBa} = U_{KB\%} \frac{R_B}{Z_B} = 0,365 \%; \quad U_{KBp} = U_{KB\%} \frac{X_B}{Z_B} = 12,0 \%.$$

$$U_{KCa} = U_{KC\%} \frac{R'_C}{Z'_C} = 0,365 \%; \quad U_{KCp} = U_{KC\%} \frac{X'_C}{Z'_C} = 0,931 \%.$$

$$U_{KHa} = U_{KH\%} \frac{R''_H}{Z''_H} = 0,185 \%; \quad U_{KHp} = U_{KH\%} \frac{X''_H}{Z''_H} = 23,0 \%.$$

изменения напряжения обмоток:

$$\cos \varphi_{BH} = \frac{\beta_{CH}}{\beta_{BH}} \cos \varphi_{CH} + \frac{\beta_{HH}}{\beta_{BH}} \cos \varphi_{HH} = 0,363;$$

$$\Delta U_{CH} = \beta_{BH}(U_{KBa} \cos \varphi_{BH} + U_{KBp} \sin \varphi_{BH}) + \beta_{CH}(U_{KCa} \cos \varphi_{CH} + U_{KCp} \sin \varphi_{CH}) = 15,52\%;$$

$$\Delta U_{HH} = \beta_{BH}(U_{KBa} \cos \varphi_{BH} + U_{KBp} \sin \varphi_{BH}) + \beta_{HH}(U_{KHa} \cos \varphi_{HH} + U_{KHp} \sin \varphi_{HH}) = 22,63\%.$$

коэффициент полезного действия:

$$P_{\text{эл}} = S_H \left(\beta_{BH}^2 \left(\frac{U_{KBa\%}}{100} \right) + \beta_{CH}^2 \left(\frac{U_{KCa\%}}{100} \right) + \beta_{HH}^2 \left(\frac{U_{KHa\%}}{100} \right) \right) = 590 \text{ кВт};$$

$$\eta = 1 - \frac{P_X + P_{\text{эл}}}{S_H(\beta_{CH} \cos \varphi_{CH} + \beta_{HH} \cos \varphi_{HH}) + P_X + P_{\text{эл}}} = 0,979.$$

Задание по дисциплине «Электрические машины»

Вариант 1

Задание 1. Для трехфазного силового трансформатора определить:

1. Магнитный поток в сердечнике трансформатора.
2. Число витков обмотки НН.
3. Номинальные токи в обмотках.
4. Построить зависимость КПД от коэффициента загрузки β при коэффициенте мощности $\cos\varphi_2 = 0,8$.
5. Построить внешнюю характеристику при $\cos\varphi_2 = 0,8$ для емкостной и индуктивной нагрузки по точной и упрощенной формулам.
6. Построить внешнюю характеристику при неизменной реактивной мощности $Q = 1200$ квар и изменении активной мощности P от 0 до 5879 кВт.

Справочные и паспортные данные:

- номинальная мощность $S_N = 4000$ кВА;
- номинальное напряжение обмотки ВН $U_{ВН} = 35$ кВ;
- номинальное напряжение обмотки НН $U_{НН} = 10,5$ кВ;
- мощность потерь холостого хода $P_x = 6,7$ кВт;
- мощность потерь короткого замыкания $P_k = 33,5$ кВт;
- напряжение короткого замыкания $U_{к\%} = 7,5$ %;
- число витков первичной обмотки $W_1 = 1500$.

Задание 2. Для трехфазного асинхронного двигателя определить:

7. Мощность, потребляемую двигателем из сети и суммарные потери в двигателе;
8. Номинальное скольжение;
9. Электромагнитный номинальный момент;
10. Электромагнитную номинальную мощность;
11. Потери мощности в проводниках обмотки ротора;
12. Пусковой и максимальный момент;
13. Построить механическую характеристику по упрощенной формуле;
14. Определить, возможен ли пуск двигателя при нагрузке 1,1 от номинальной и пониженном на 3% напряжении.

Справочные и паспортные данные: номинальная мощность $P_H=15$ кВт;
 Номинальное напряжение $U_H=380$ В; КПД $\eta=0,92$; Номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_H=0,9$; Номинальная скорость вращения $n_H=2970$ об/мин;
 Кратность пускового момента $M_{\Pi}/M_H=1,4$; Кратность максимального момента $M_{\max}/M_H=2$; Относительные потери холостого хода $P_0/P_H=2,5$;

Задание 3. Построить регулировочные характеристики неявнополюсного синхронного генератора при напряжении $U^*=1$ и $\cos\varphi=0,62$ с учетом и без учета насыщения магнитопровода. Параметры генератора: $X^*_\sigma=0,29$, $X^*_a=1,32$ Активным сопротивлением обмотки якоря и изменением потока рассеяния обмотки возбуждения при нагрузке пренебречь. Машина имеет нормальную характеристику холостого хода (для турбогенератора).

F^*	0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
$\Phi_{*m}(E_{*f})=f(F_{*fm})$	0	0,106	0,212	0,318	0,53	0,8	1	1,125	1,23	1,26	1,3

Задание 4. Построить в именованных единицах (амперах) U-образную характеристику для турбогенератора при мощности $P^*=0,65$. Паспортные данные генератора: $P_{\text{ном}}=9$ МВт; $U_{\text{ном}}=6,3$ кВ; $\cos\varphi_{\text{ном}}=0,8$; $X_1=4,9$ Ом.
 Интервал изменения тока якоря ограничить номинальными значениями. Использовать нормальную характеристику холостого хода из задания 2, $I_{f6}=151$ А.

Задание 5. Двигатель последовательного возбуждения работает от сети 220 В, развивает на валу вращающий момент $M=60$ Н•м при токе $I=50$ А и частоте вращения $n=1590$ об/мин. Сопротивление цепи якоря $R_{\text{я}}=0,1$ Ом. Определить изменение частоты вращения и КПД при введении в цепь якоря дополнительного сопротивления $R_d=0,73$ Ом и неизменном вращающем моменте на валу. Определить те же величины при понижении напряжения до 190 В. Построить механические характеристики двигателя при номинальных и заданных условиях.

7.5 Примерный список вопросов, задаваемых на зачете

1. Назначение и классификация трансформаторов.
2. Принцип действия трансформаторов, Устройство трансформатора.
3. Схема замещения трансформатора, уравнения ЭДС и намагничивающих сил
4. Уравнения напряжений, магнитодвижущих сил и токов трансформатора.
5. Соединение обмоток трехфазных трансформаторов.
6. Группы соединения трансформатора, определение, отличия, применение
7. Опыт короткого замыкания и холостого хода.
8. Коэффициент полезного действия трансформатора и классификация потерь.
9. Внешняя характеристика трансформатора.
10. Параллельная работа трансформаторов.
11. Назначение, устройство и особенности рабочего процесса автотрансформаторов.
12. Виды и назначение трансформаторов специального назначения.
13. Условия создания вращающегося магнитного поля в трехфазной системе
14. Устройство и принцип действия асинхронной машины
15. Режимы работы асинхронной машины
16. Основные уравнения асинхронной машины и их физическая сущность
17. Основные типы обмоток статора машин переменного тока.
18. Потери и КПД асинхронного двигателя.
19. Механические характеристики асинхронного двигателя.
20. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.
21. Опыт холостого хода асинхронного двигателя.
22. Опыт короткого замыкания асинхронного двигателя.
23. Схема пуска асинхронного двигателя с фазным ротором.
24. Схема пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
25. Методы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.
26. Принцип действия и пуск схема пуска асинхронного двигателя

7.6 Примерный список вопросов, включенных в экзаменационные билеты

1. Типы синхронных машин и их устройство.
2. Возбуждение синхронных машин.
3. Магнитная цепь синхронных машин.
4. Реакция якоря синхронной машины.
5. Уравнения напряжений синхронной машины.
6. Параметры синхронных машин. Суть метода двух реакций.
7. Потери и КПД синхронных машин.
8. Принцип действия синхронного генератора
9. U – образные характеристики синхронного генератора.
10. Практическая диаграмма ЭДС синхронного генератора.
11. Векторные диаграммы синхронного генератора.
12. Угловые характеристики синхронного генератора.
13. Включение синхронных генераторов на параллельную работу.
14. Принцип действия синхронного двигателя.
15. Пуск синхронного двигателя.
16. Угловые характеристики синхронного двигателя.
17. U – образные и рабочие характеристики синхронного двигателя.
18. Синхронный компенсатор, устройство, назначение конструкция.
19. Устройство коллекторной машины постоянного тока.
20. Виды обмоток машины постоянного тока.
21. Реакция якоря в машине постоянного тока
22. ЭДС и электромагнитный момент машины постоянного тока.
23. Коммутация в машинах постоянного тока
24. Способы улучшения коммутации машины постоянного тока.
25. Радиопомехи от коллекторных машин и способы их подавления.
26. Способы возбуждения машин постоянного тока.
27. Режимы работы машины постоянного тока.
28. Принцип действия двигателя постоянного тока
29. Принцип действия генератора постоянного тока.
30. Генератор постоянного тока независимого возбуждения.
31. Генератор постоянного тока параллельного возбуждения.
32. Генератор постоянного тока смешанного возбуждения.
33. Способы пуска двигателя постоянного тока
34. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока
35. Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения.
36. Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения.
37. Двигатель постоянного тока смешанного возбуждения.
38. Потери и КПД коллекторной машин постоянного тока.

7.7 Примерный список тем курсовых работ (групповых и/или индивидуальных)

Вопросы к защите курсовой работы

«Проектирование АД с короткозамкнутым ротором»

1. Что такое высота оси вращения, её роль и значение для АД?
2. Что такое полюсное деление, его роль и значение для АД?
3. Что такое зубцовое деление, его роль и значение для АД?
4. Зависимость параметров проектируемого двигателя от индукции в воздушном зазоре и линейной нагрузки.
5. Что такое длина воздушного зазора, его роль и значение для АД?
6. Принципы определения числа пазов статора.
7. Что такое обмоточный коэффициент, его роль и значение для АД?
8. Что такое число параллельных ветвей, его роль и значение для АД?
9. Какие ограничения применяются при выборе обмоточного провода?
10. Чем определяется допустимая плотность тока в обмотках?
11. Почему допустимая плотность тока в обмотке статора существенно больше, чем в роторе?
12. В чем отличие между длиной воздушного зазора, полной конструктивной длиной сердечника статора и длиной стали сердечника статора?
13. Как зависят размеры паза статора от допустимой индукции?
14. Чем определяется ширина шлица паза статора для насыщенных обмоток?
15. Чем обусловлены ограничения на коэффициент заполнения паза?

16. Почему число зубцов ротора нельзя выбирать произвольно?
17. Что такое коэффициент насыщения зубцовой зоны, его роль и значение для АД?
18. Что такое коэффициент насыщения магнитной цепи, его роль и значение для АД?
19. Как зависит значение тока намагничивания от насыщения?
20. Какая часть обмотки статора называется пазовой, а какая лобовой?
21. Основные типы обмоток статора - концентрические и шаблонные. Схема обмотки.
22. Виды основных потерь в АД.
23. Добавочные потери в АД.
24. Вид рабочих характеристик АД.

Проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Варианты заданий для проектирования.

Студенты выполняют курсовую работу/ проект по варианту, указанному в следующей таблице, при этом номер варианта принимается по последнему номеру в зачетной книжке или № п/п списка группы

Номер варианта	Исходные данные для проектирования						
	$P_2, \text{Вт}$	$n_1,$ об/мин	$U_{1\text{нф}},$ В	$\eta,$ о.е. не менее	m	$f_1,$ Гц	$\cos\varphi,$ о.е.
1	15000	1000	220	0,95	3	50	0,91
2	15000	1500	220	0,85	3	50	0,78
3	7800	750	220	0,79	3	50	0, 76
4	14000	1500	220	0,78	3	50	0,85
5	22000	1000	220	0,87	3	50	0,84
6	23000	1500	220	0,89	3	50	0,89
7	5400	750	220	0,90	3	50	0,84
8	1900	750	220	0,9	3	50	0,87
9	29000	3000	220	0,9	3	50	0,87
10	19000	1500	220	0,9	3	50	0,89
11	7500	750	220	0,83	3	50	0,80
12	17000	1500	220	0,89	3	50	0,87
13	23000	1000	220	0,81	3	50	0,84
14	14000	3000	220	0,77	3	50	0,89
15	22000	750	220	0,85	3	50	0,84
16	23000	1000	220	0,83	3	50	0,9
17	7600	750	220	0,87	3	50	0,86
18	7800	1500	220	0,85	3	50	0,91
19	7100	1500	220	0,89	3	50	0,78
20	2500	1500	220	0,84	3	50	0,80

21	5300	1500	220	0,85	3	50	0,84
22	1400	1500	220	0,85	3	50	0,78
23	35000	3000	220	0,78	3	50	0,82
24	21000	3000	220	0,86	3	50	0,88
25	22000	3000	220	0,83	3	50	0,89
26	28000	1500	220	0,87	3	50	0,91
27	14000	1500	220	0,85	3	50	0,9
28	25000	1500	220	0,84	3	50	0,89
29	21000	1500	220	0,85	3	50	0,88
30	4500	3000	220	0,85	3	50	0,82
31	4200	750	220	0,78	3	50	0,86
32	24000	3000	220	0,89	3	50	0,86
33	16000	3000	220	0,84	3	50	0,86
34	17000	1500	220	0,80	3	50	0,85
35	14000	1500	220	0,77	3	50	0,81
36	21000	1500	220	0,85	3	50	0,87
37	24000	1500	220	0,91	3	50	0,78
38	4900	3000	220	0,87	3	50	0,89
39	4100	750	220	0,90	3	50	0,84
40	17000	1000	220	0,81	3	50	0,81
41	19000	1500	220	0,77	3	50	0,81
42	7400	750	220	0,88	3	50	0,79
43	8100	1500	220	0,83	3	50	0,82
44	7200	1500	220	0,87	3	50	0,91
45	20000	3000	220	0,91	3	50	0,89
46	27000	3000	220	0,9	3	50	0,93
47	7300	1000	220	0,91	3	50	0,9
48	5100	1500	220	0,76	3	50	0,87
49	16000	3000	220	0,87	3	50	0,87

50	14000	1500	220	0,81	3	50	0,82
----	-------	------	-----	------	---	----	------

Для всех вариантов задания одинаковые значения имеют следующие паспортные данные проектируемых двигателей:

Напряжение питания (фазное значение) $U_{1\text{фн}}$, В – 220;

Частота питающего напряжения f_1 , Гц – 50;

Число фаз напряжения питания m_1 – 3;

Конструктивное исполнение IM1001;

Исполнение по способу защиты от воздействия окружающей среды IP44;

Категория климатического исполнения У3

8 Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1 Перечень учебной литературы

Наименование печатных и (или) электронных учебных изданий, методические издания, периодические издания по всем входящим в реализуемую образовательную программу учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям) <i>в соответствии с рабочими программами дисциплин, модулей, практик</i>		Количество экземпляров	Обеспеченность студентов учебной литературой (экземпляров на одного студента)
Электронные учебные издания, имеющиеся в электронном каталоге электронно-библиотечной системы	Игнатович, Виктор Михайлович. Электрические машины и трансформаторы : учебник для вузов / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. - 7-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2025. - 145 с.	1	1
	Киселев, Василий Игоревич. Электрические машины : учебник и практикум для вузов / В. И. Киселев, Э. В. Кузнецов, А. И. Копылов. - 3-е изд., пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2026. - 231 с.	1	1
	Копылов, Игорь Петрович. Электрические машины : учебник для вузов / И. П. Копылов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2026. - 669 с.	1	1
	Данилов, Илья Александрович. Электрические машины : учебник для вузов / И. А. Данилов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2026. - 95 с.	1	1
	Киселев, Василий Игоревич. Электрические машины и трансформаторы : учебник и практикум для вузов /	1	1

	В. И. Киселев, Э. В. Кузнецов, А. И. Копылов. - 3-е изд. - Москва : Юрайт, 2026. - 231 с.		
--	---	--	--

8.2 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные и электронно-библиотечные системы

№	Ссылка на информационный ресурс	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность
Электронно-библиотечные системы			
1	http://znanium.com	ЭБС «Znaniy»	Авторизованный доступ
2	https://e.lanbook.com	ЭБС «Лань»	Авторизованный доступ
3	https://lib.rucont.ru	ЭБС «Руконт»	Авторизованный доступ
Информационные справочные системы			
4	http://garant.ugrasu.ru/	СПС Гарант	Авторизованный доступ
5	http://www.consultant.ru/	СПС КонсультантПлюс	Авторизованный доступ
Профессиональные базы данных			
6	http://elibrary.ru	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Авторизованный доступ

8.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, в том числе отечественного производства

MATLAB Academic new Product From 10 to 24 Concurrent Licenses (per License);
 Антивирус DrWeb;
 Антиплагиат.ВУЗ;

8.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.4.1 Учебная аудитория лекционного типа

компьютер/ноутбук, проектор, экран, учебная мебель, учебная доска

8.4.2 Учебная аудитория для проведения практических занятий

учебная мебель, учебная доска

8.4.3 Учебная аудитория для самостоятельной работы

учебная мебель, компьютеры с выходом в интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде

8.4.4 Учебная аудитория для проведения практических занятий (компьютерный класс)

Учебная мебель, учебная доска, компьютеры с доступом в Интернет

