

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сахалинский государственный университет»

Кафедра электроэнергетики и физики

УТВЕРЖДАЮ



Проректор

Хурчак Н.М.

(подпись, расшифровка подписи)

20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины (модуля)

Б1.О.20 Электрические машины и трансформаторы

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки
Электрические системы и сети

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная, заочная

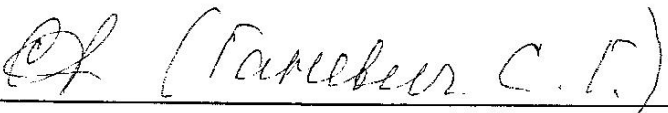
РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Южно-Сахалинск, 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Электрические машины и трансформаторы

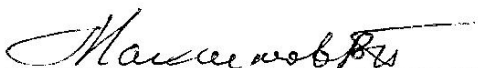
составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Программу разработал:  (Гареев С. Г.)

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики и физики, протокол № 11 от 16 июня 2021 г.

Заведующий кафедрой:

д.п.н., профессор Максимов В.П.



Рецензент (ы):

заместитель начальника Центральной службы релейной защиты и автоматики
Регионального диспетчерского управления ПАО «Сахалинэнерго»

Урыбин М.А.



1. Цель и задачи дисциплины

Цели дисциплины. Основной целью дисциплины является формирование у студентов теоретической базы по современным электромеханическим преобразователям энергии, которая позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электрических машин.

Задачи дисциплины:

- классифицировать электрические машины и описывать сущность происходящего в них электромеханического преобразования энергии;
- самостоятельно проводить расчеты по определению параметров и характеристик электрических машин;
- проводить элементарные испытания электрических машин.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электрические машины и трансформаторы» является обязательной и относится к базовой части блока дисциплин Б.1 основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Пререквизиты дисциплины (модуля): Экономика, История, Философия, Математика, Информатика. Экономика электроэнергетики, Электрические и электронные аппараты, Электроэнергетические системы и сети, Электрические станции и подстанции и др.

Постреквизиты дисциплины: «Электрические машины», «Электроэнергетические системы и сети», «Электроснабжение», «Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения», «Электроника», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Техника высоких напряжений», «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электропривод и автоматизация систем электроснабжения предприятий».

3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине (модулю)

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-3	способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	ОПК-3.1 Знать: методы анализа линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей, переходных процессов в электрических цепях. ОПК-3.2 Уметь: самостоятельно рассчитывать и анализировать электрические цепи постоянного и переменного тока, магнитные цепи и синтезировать новые цепи. ОПК-3.3 Владеть навыками расчета линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей в различных режимах работы.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных единиц, 396 часов.

Вид работы	Трудоемкость, акад. часов		
	4 сем.	5 сем.	всего
Общая трудоемкость	180	180	360
Контактная работа:	78	83	161
Лекции (Лек)	18	36	54
Практические занятия (ПР)	36	18	54
Лабораторные работы (Лаб)	18	18	36
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО) (Проведение текущих консультаций и индивидуальная работа со студентами)	5	5	10
Конт ПА	1	1	2
Промежуточная аттестация - экзамен	26	35	61
Самостоятельная работа:	76	67	143
- выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР);		36	94
- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);			
- выполнение расчетно-графического задания (РГЗ);			
- написание реферата (Р);			
- написание эссе (Э);			
- самостоятельное изучение разделов (перечислить);	20	10	
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	20	5	20
- подготовка к лабораторным занятиям;	10	5	12
- подготовка к практическим занятиям;	20	10	15
- подготовка к коллоквиумам;			
- подготовка к промежуточной аттестации и т.п.)	6	1	15

4.2 Распределение видов работы и их трудоемкости по разделам дисциплины (модуля)

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Очная форма обучения	
			Лек	Лаб	Пр	КонтТО	СР	КонтПА	Контроль	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	
										Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
1	Устройство, принцип действия, рабочие процессы однофазного	4	1	2	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест	

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
	трансформатора									
2	Схема замещения трансформаторов, векторные диаграммы.	4	1	2	1	1	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
3	Потери и КПД. Уравнения электродвижущих сил, токов. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной. Опыт холостого хода, опыт короткого замыкания.	4	2	1	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
4	Трехфазные трансформаторы.	4	2	1	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
5	Автотрансформаторы.	4	1	2	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
6	Схемы и группы соединений 3-х фазных трансформаторов.	4	2	1	1	1	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
7	Переходные процессы в трансформаторе.	4	2	1	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
8	Общие вопросы теории машин переменного тока.	4	1	2	1	1	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
9	Обмотки машин переменного тока, принципы построения. Индуктивные сопротивления обмоток. ЭДС обмоток статора.	4	2	1	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
10	Способы борьбы с высшими	4	1	2	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
	гармониками. МДС обмоток машин переменного тока. Вращающееся магнитное поле. МДС трехфазной обмотки									
11	Асинхронные эл.двигатели. Принцип действия, физические процессы в АД. Уравнение состояния. Конструкция асинхронных эл. двигателей.	4	1	2	1	1	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
12	Короткозамкнутые и фазные обмотки роторов. Конструктивное исполнение по размещению, степени защиты и охлаждению. Основные уравнения.	4	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
13	Векторные диаграммы и схемы замещения АД. Энергетическая диаграмма АД.	4	2	1	1	1	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
14	Расчет магнитной цепи и параметров обмотки АД.	4	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
15	Характеристики асинхронных двигателей.	4	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
16	Процесс пуска и условия устойчивой работы АД. Рабочие характеристики	4	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
17	Круговая диаграмма АД. Режим работы асинхронной машины. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей	4	2	1	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
18	Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами. Однофазные и конденсаторные АД. Специальные асинхронные машины	4	2	1	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
	Промежуточная аттестация	4	0	0	0	0	0	1	26	Экзамен
1	Синхронные электрические машины. Конструкция и принцип действия.	5	2	1	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
2	Явно и неявно полюсные СМ. Уравнение состояния синхр. машин. Работа синхронного генератора под нагрузкой. Реакция якоря.	5	2	1	1	1	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
3	Векторная диаграмма СМ. Определение параметров обмоток.	5	1	2	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
4	Характеристики синхронного генератора. Потери и КПД синхронных машин	5	2	1	1	1	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
5	Параллельная работа синхронных генераторов.	5	2	1	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
6	Способы синхронизации. Угловая и U – образная характеристики СГ	5	2	1	1	1	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
7	Принцип образования вращающего момента на валу СМ..	5	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
8	Переход из генераторного в двигательный режим	5	2	1	1	1	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
9	Синхронные двигатели и компенсаторы.	5	2	1	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
10	Синхронные машины специального назначения.	5	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
11	Коллекторные машины переменного тока	5	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
12	Машины постоянного тока. Уравнения состояния двигателя и генератора. Принцип работы.	5	2	1	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
13	Конструкция машин постоянного тока (МПТ). Назначение элементов конструкции. Роль коллекторно-щеточного узла.	5	2	1	1	1	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
14	Обмотки якорей МПТ.	5	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест
15	Магнитная цепь. Рабочий режим	5	1	2	1	0	2	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
	машины. Реакция якоря									
16	Меры по подавлению отрицательных последствий реакции якоря. Коммутация тока на коллекторе МПП. Оценка качества коммутации.	5	2	1	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
17	Характеристики машин постоянного тока.	5	1	2	1	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
18	Переходные процессы в МПК К.П.Д. и нагревание машин	5	1	2	1	0	3	0	0	Опрос, дискуссия, тест
	Курсовой проект	4	0	0	0	0	36	0	0	
	Промежуточная аттестация	4	0	0	0	0	0	1	35	Экзамен
	Итого	360	54	54	36	10	143	2	61	

Заочная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
1	Устройство, принцип действия, рабочие процессы однофазного трансформатора	5	1	0	0	0	4	0	0	Опрос, дискуссия, тест
2	Схема замещения трансформаторов,	5	1	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
	векторные диаграммы.									
3	Потери и КПД. Уравнения электродвижущих сил, токов. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной. Опыт холостого хода, опыт короткого замыкания.	5	1	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
4	Трехфазные трансформаторы.	5	1	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
5	Автотрансформаторы.	5	0	1	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
6	Схемы и группы соединений 3-х фазных трансформаторов.	5	0	1	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
7	Переходные процессы в трансформаторе.	5	0	1	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
8	Общие вопросы теории машин переменного тока.	5	0	1	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
9	Обмотки машин переменного тока, принципы построения. Индуктивные сопротивления обмоток. ЭДС обмоток статора.	5	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
10	Способы борьбы с высшими гармониками. МДС обмоток машин переменного тока.	5	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
	Вращающееся магнитное поле. МДС трехфазной обмотки									
11	Асинхронные эл.двигатели. Принцип действия, физические процессы в АД. Уравнение состояния. Конструкция асинхронных эл. двигателей.	5	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
12	Короткозамкнутые и фазные обмотки роторов. Конструктивное исполнение по размещению, степени защиты и охлаждению. Основные уравнения.	5	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
13	Векторные диаграммы и схемы замещения АД. Энергетическая диаграмма АД.	5	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
14	Расчет магнитной цепи и параметров обмотки АД.	5	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
15	Характеристики асинхронных двигателей.	5	0	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
16	Процесс пуска и условия устойчивой работы АД. Рабочие характеристики	5	0	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
17	Круговая диаграмма АД. Режим работы асинхронной	5	0	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
	машины. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей									
18	Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами. Однофазные и конденсаторные АД. Специальные асинхронные машины	5	0	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
	Промежуточная аттестация	5	0	0	0	0	0	3	6	Экзамен
1	Синхронные электрические машины. Конструкция и принцип действия.	6	1	0	0	0	6	0	0	Опрос, дискуссия, тест
2	Явно и неявно полюсные СМ. Уравнение состояния синхр. машин. Работа синхронного генератора под нагрузкой. Реакция якоря.	6	1	0	0	0	6	0	0	Опрос, дискуссия, тест
3	Векторная диаграмма СМ. Определение параметров обмоток.	6	1	0	0	0	6	0	0	Опрос, дискуссия, тест
4	Характеристики синхронного генератора. Потери и КПД синхронных машин	6	1	0	0	0	6	0	0	Опрос, дискуссия, тест
5	Параллельная работа синхронных генераторов.	6	0	1	0	0	6	0	0	Опрос, дискуссия, тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
6	Способы синхронизации. Угловая и U – образная характеристики СГ	6	0	1	0	0	7	0	0	Опрос, дискуссия, тест
7	Принцип образования вращающего момента на валу СМ..	6	0	1	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
8	Переход из генераторного в двигательный режим	6	0	1	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
9	Синхронные двигатели и компенсаторы.	6	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
10	Синхронные машины специального назначения.	6	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
11	Коллекторные машины переменного тока	6	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
12	Машины постоянного тока. Уравнения состояния двигателя и генератора. Принцип работы.	6	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
13	Конструкция машин постоянного тока (МПТ). Назначение элементов конструкции. Роль коллекторно-щеточного узла.	6	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
14	Обмотки якорей МПТ.	6	0	0	1	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
15	Магнитная цепь. Рабочий режим машины. Реакция якоря	6	0	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
16	Меры по подавлению	6	0	0	0	0	8	0	0	Опрос,

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лек	Лаб	Пр	Конт ТО	СР	Конт ПА	Контроль	
	отрицательных последствий реакции якоря. Коммутация тока на коллекторе МПП. Оценка качества коммутации.									дискуссия, тест
17	Характеристики машин постоянного тока.	6	0	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
18	Переходные процессы в МПК К.П.Д. и нагревание машин	6	0	0	0	0	8	0	0	Опрос, дискуссия, тест
	Курсовой проект	6	0	0	0	0	36	0	0	
	Промежуточная аттестация	6	0	0	0	0	0	8	6	Экзамен
	Итого	360	8	8	12	0	309	11	12	

4.3. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Трансформаторы

Назначение, принцип действия и устройство трансформаторов. Классификация трансформаторов по назначению, числу фаз, способу охлаждения. Номинальные величины.

Теория рабочего процесса трансформатора, уравнение магнитодвижущих сил, уравнение электрического состояния.

Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора к числу витков первичной. Векторная диаграмма и Т-образная схема замещения трансформатора.

Упрощенная схема замещения и соответствующая ей векторная диаграмма. Напряжение короткого замыкания. Внешняя характеристика трансформатора.

Активные сопротивления и индуктивные сопротивления рассеяния трансформаторов, и их расчет. Активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора.

Определение параметров схемы замещения трансформатора из опытов холостого хода и короткого замыкания.

Потери мощности в трансформаторе, коэффициент полезного действия и его зависимость от тока нагрузки.

Магнитные системы трехфазных трансформаторов, их особенности и области применения. Схемы и группы соединения трехфазных трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов: условия включения, распределение нагрузки.

Регулирование напряжения трансформаторов: способы регулирования, способы

переключения ответвлений.

Автотрансформаторы и области их применения.

Измерительные трансформаторы: назначение, схемы включения, особенности эксплуатации. Специальные типы трансформаторов: сварочные трансформаторы, преобразовательные трансформаторы.

Тема 2. Асинхронные машины

Магнитное поле электрических машин. Расчет магнитной цепи явнополюсных и неявнополюсных электрических машин.

Потери энергии в электрических машинах. Коэффициент полезного действия электрических машин и зависимость его от нагрузки.

Нагревание и охлаждение электрических машин. Стандартные номинальные режимы работы. Номинальные технические данные электрических машин.

Основные типы электрических машин переменного тока, конструктивные схемы, устройство и принцип действия. Вращающееся магнитное поле многофазной обмотки переменного тока: принцип образования, основные свойства.

Основные принципы выполнения многофазных обмоток переменного тока. Схемы обмоток. Магнитодвижущие силы обмоток переменного тока.

Классификация электрических машин, основные конструктивные исполнения. Принцип действия электрических машин. Электромеханическое преобразование энергии.

Устройство, принцип действия, классификация асинхронных машин, области применения. Теория рабочего процесса асинхронной машины: уравнение магнитодвижущих сил, уравнения электрического состояния обмоток статора и ротора, составленные на основе второго закона Кирхгофа.

Приведение рабочего процесса асинхронной машины к рабочему процессу трансформатора, Т – образная схема замещения, векторная диаграмма. Расчет токов статора и ротора асинхронного двигателя по Т – образной схеме замещения. Зависимость токов от скольжения.

Расчет механической мощности, полезной и подведенной мощности асинхронного двигателя. Коэффициент полезного действия асинхронного двигателя. Зависимость электромагнитного момента от скольжения, напряжения питающей сети, сопротивления цепи обмотки ротора.

Механическая характеристика асинхронного двигателя. Влияние вытеснения тока в обмотке ротора и насыщения магнитной цепи на величину пускового момента.

Рабочие характеристики асинхронного двигателя и расчет их по Т – образной схеме замещения.

Пуск асинхронных двигателей: общая характеристика процесса пуска, способы пуска короткозамкнутых двигателей, пуск двигателей с фазным ротором, асинхронные короткозамкнутые двигатели с улучшенными пусковыми свойствами.

Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей, общая характеристика и сравнение способов регулирования. Частотное управление асинхронными двигателями: особенности частотного управления, законы одновременного регулирования частоты и напряжения питания, способы реализации. Электрическое торможение асинхронного двигателя.

Однофазный асинхронный двигатель: принцип действия, характеристики, способы пуска.

Тема 3. Синхронные машины

Принцип действия и устройство синхронных машин. Конструкция явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин.

Работа синхронного генератора при холостом ходе и при нагрузке. Реакция якоря в неявнополюсной машине. Векторная диаграмма неявнополюсного синхронного

генератора при симметричной смешанной нагрузке.

Теория рабочего процесса явнополюсной синхронной машины: метод двух реакций, разложение МДС якоря на продольную и поперечную составляющие, приведение МДС и токов к условиям возбуждения.

Характеристики синхронных генераторов при автономной работе, а именно, характеристика холостого хода, установившегося короткого замыкания, внешняя, регулировочная.

Параллельная работа синхронных генераторов: способы включения на параллельную работу с сетью, регулирование активной и реактивной нагрузки при параллельной работе.

Электромагнитный момент синхронной машины. Угловая характеристика синхронной машины при параллельной работе с сетью большой мощности. Статическая устойчивость синхронных машин.

Синхронный двигатель: векторные диаграммы, рабочие характеристики, способы пуска.

Тема 4. Электрические машины постоянного тока

Принцип действия и устройство машин постоянного тока. Достоинства и недостатки и области их применения. Назначение и свойства коллектора машины постоянного тока, как универсального механического преобразователя тока.

Реакция якоря машины постоянного тока: искажение кривой распределения магнитной индукции при нагрузке, уменьшение магнитного потока и ЭДС из-за насыщения отдельных участков магнитной цепи.

Основные электромагнитные соотношения в машинах постоянного тока: электродвижущая сила обмотки якоря, электромагнитный момент.

Якорные обмотки машин постоянного тока: устройство, принцип образования, основные расчетные соотношения.

Коммутация в машинах постоянного тока: сущность процесса коммутации, природа щеточного контакта. Общая характеристика причин искрения под щетками. Оценка степени искрения и настройка дополнительных полюсов.

Характеристики генераторов с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Процесс и условия самовозбуждения генераторов постоянного тока.

Электромеханические (токовые и механические) характеристики электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением и их расчет. Электромеханические (токовые и механические) характеристики электродвигателей постоянного тока с последовательным возбуждением и их расчет.

Управление двигателями постоянного тока: пуск в ход и изменение направления вращения (реверсирование) двигателей. Торможение электродвигателей постоянного тока. Виды электрического торможения и их характерные особенности. Способы регулирования угловой скорости двигателей постоянного тока, их сравнительная оценка.

4.4. Темы и планы практических занятий

№	Тематика практических занятий (семинаров)	План занятия	Трудоемкость (час.)
1.	Исследование однофазного трансформатора	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
2.	Исследование измерительного трансформатора тока	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
3.	Исследование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия.	4

	ротором	Подведение итогов занятия	
4.	Исследование асинхронного электродвигателя с фазным ротором	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
5.	Расчет параметров асинхронного электродвигателя	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
6.	Исследование универсального коллекторного электродвигателя	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
7.	Расчет параметров двигателя постоянного тока	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
8.	Расчет параметров синхронного двигателя	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
9.	Обозначение параметров двигателей на паспортах	Опрос по теме. Решение задач по теме занятия. Подведение итогов занятия	4
		Итого	36

4.5. Темы и планы лабораторных занятий

№	Тематика занятий	план занятия	Труд о емк ость (час.)
1.	Определение коэффициента трансформации однофазного трансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
2.	Снятие характеристик холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $\cos\varphi_0=f(U)$ однофазного трансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
3.	Снятие характеристик короткого замыкания $I_K=f(U)$, $P_K=f(U)$, $\cos\varphi_K=f(U)$ однофазного трансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
4.	Определение коэффициента трансформации однофазного автотрансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
5.	Снятие характеристик короткого замыкания $I_K=f(U)$, $P_K=f(U)$, $\cos\varphi_K=f(U)$ однофазного автотрансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
6.	Снятие характеристик холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $\cos\varphi_0=f(U)$ трехфазного трансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы.	2

		4. Защита лабораторной работы.	
7.	Снятие характеристик короткого замыкания $I_K=f(U)$, $P_K=f(U)$, $\cos\varphi_K=f(U)$ трехфазного трансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
8.	Проверка группы соединений обмоток трехфазного трансформатора	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
9.	Исследование универсального двигателя 0,3 kW (индустриальный) на установке ЕЕМ 3-3 Lucas-Nülle GmbH	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
10.	Исследование однофазного двигателя со вспомогательной обмоткой 0,3 kW на установке ЕЕМ 3.3-3 Lucas-Nülle GmbH	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
11.	Исследование однофазного двигателя со стартовым конденсатором 0,3 kW на установке ЕЕМ 3.4-3 Lucas-Nülle GmbH	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
12.	Исследование однофазного двигателя с расщеплёнными полюсами, 0.1 kW на установке ЕЕМ 3.5-3 Lucas-Nülle GmbH	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
13.	Исследование конденсаторного однофазного двигателя. Стенд и выполнения базовых экспериментов. КОД.001 РБЭ (984).	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
14.	Исследование синхронной машины 0,3 kW на установке ЕЕМ 5.1-3 Lucas-Nülle GmbH	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
15.	Исследование синхронизации синхронной машины 0,3 kW с сетью на установке ЕЕМ 5.2-3 Lucas-Nülle GmbH	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
16.	Исследование Двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. Стенд и выполнения базовых экспериментов. ЭМ.006 РБЭ (904.6).	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
17.	Исследование Двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Стенд и выполнения базовых экспериментов. ЭМ.006 РБЭ (904.6).	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2

18.	Исследование Двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Стенд и выполнения базовых экспериментов. ЭМ.006 РБЭ (904.6).	1. Актуализация опорных знаний. 2. Инструктаж по технике безопасности. 3. Выполнение лабораторной работы. 4. Защита лабораторной работы.	2
		Итого	36

4.6. Примерная тематика курсовых проектов

Требуется рассчитать трехфазный трансформатор со следующими данными (приложения 3):

Полная номинальная мощность,	$S =$	кВА
Обмотка низкого напряжения,	$U_1 =$	кВ
Обмотка высокого напряжения,	$U_2 =$	кВ
Схема соединения обмоток		
Частота напряжения,	$f_1 =$	Гц
Потери КЗ,	$P_{K3} =$	Вт
Потери ХХ,	$P_0 =$	Вт
Напряжение КЗ,	$u_k =$	%
Ток ХХ,	$i_0 =$	%

Расчет производится для трансформатора стержневого типа с плоской магнитной системой и концентрическими обмотками.

5. Темы дисциплины (модуля) для самостоятельного изучения

Нет.

6. Образовательные технологии

№ п.п.	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Устройство, принцип действия, рабочие процессы однофазного трансформатора	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
2	Схема замещения трансформаторов, векторные диаграммы.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
3	Потери и КПД. Уравнения электродвижущих сил, токов. Приведение параметров вторичной обмотки	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты

	трансформатора к первичной. Опыт холостого хода, опыт короткого замыкания.		
4	Трехфазные трансформаторы.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
5	Автотрансформаторы.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
6	Схемы и группы соединений 3-х фазных трансформаторов.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
7	Переходные процессы в трансформаторе.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
8	Общие вопросы теории машин переменного тока.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
9	Обмотки машин переменного тока, принципы построения. Индуктивные сопротивления обмоток. ЭДС обмоток статора.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
10	Способы борьбы с высшими гармониками. МДС	Лекция Практическое	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада

	обмоток машин переменного тока. Вращающееся магнитное поле. МДС трехфазной обмотки	занятие Самостоятельная работа	Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
11	Асинхронные эл.двигатели. Принцип действия, физические процессы в АД. Уравнение состояния. Конструкция асинхронных эл. двигателей.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
12	Короткозамкнутые и фазные обмотки роторов. Конструктивное исполнение по размещению, степени защиты и охлаждению. Основные уравнения.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
13	Векторные диаграммы и схемы замещения АД. Энергетическая диаграмма АД.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
14	Расчет магнитной цепи и параметров обмотки АД.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
15	Характеристики асинхронных двигателей.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
16	Процесс пуска и условия устойчивой работы АД. Рабочие характеристики	Лекция Практическое занятие	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого

		Самостоятельная работа	общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
17	Круговая диаграмма АД. Режим работы асинхронной машины. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
18	Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами. Однофазные и конденсаторные АД. Специальные асинхронные машины	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
19	Синхронные электрические машины. Конструкция и принцип действия.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
20	Явно и неявно полюсные СМ. Уравнение состояния синхр. машин. Работа синхронного генератора под нагрузкой. Реакция якоря.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
21	Векторная диаграмма СМ. Определение параметров обмоток.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
22	Характеристики синхронного генератора. Потери и КПД синхронных машин	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
23	Параллельная работа синхронных	Лекция	Лекция с использованием презентаций и графических материалов.

	генераторов.	Практическое занятие Самостоятельная работа	Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
24	Способы синхронизации. Угловая и U – образная характеристики СГ	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
25	Принцип образования вращающего момента на валу СМ..	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
26	Переход из генераторного в двигательный режим	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
27	Синхронные двигатели и компенсаторы.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
28	Синхронные машины специального назначения.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
29	Коллекторные машины переменного тока	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
30	Машины постоянного тока. Уравнения состояния двигателя и	Лекция Практическое	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада.

	генератора. Принцип работы.	занятие Самостоятельная работа	Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
31	Конструкция машин постоянного тока (МПТ). Назначение элементов конструкции. Роль коллекторно-щеточного узла.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
32	Обмотки якорей МПТ.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
33	Магнитная цепь. Рабочий режим машины. Реакция якоря	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
34	Меры по подавлению отрицательных последствий реакции якоря. Коммутация тока на коллекторе МПТ. Оценка качества коммутации.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
35	Характеристики машин постоянного тока.	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.
36	Переходные процессы в МПК К.П.Д. и нагревание машин	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция с использованием презентаций и графических материалов. Развернутая беседа с обсуждением доклада. Консультирование и проверка курсового проектирования посредством прямого общения или электронной почты. Использование ЭИОС.

7. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Процедура оценивания – опрос

1. Сформулируйте закон электромагнитной индукции и объясните взаимодействие магнитного поля и проводника с током.
2. Назовите основные элементы конструкции машины постоянного тока (МПТ) и расскажите о их назначении.
3. Начертите кривую распределения индукции в воздушном зазоре МПТ
4. Почему щетки в машине постоянного тока необходимо устанавливать на геометрической нейтрали?
5. Почему сердечник якоря машины постоянного тока выполняется шихтованным?
6. Как работает генератор постоянного тока?
7. Как работает двигатель постоянного тока?
8. Какие шаги определяют последовательность соединения проводников обмотки якоря между собой и с коллектором?
9. От чего зависит ЭДС, индуцируемая в обмотке якоря машины постоянного тока?
10. От чего зависит электромагнитный момент, развиваемый машиной постоянного тока?
11. Что называется реакцией якоря?
12. Как распределяются МДС и индукция в воздушном зазоре поперечного поля якоря?
13. Как влияет поперечная реакция якоря на магнитное поле машины и на напряжение между соседними коллекторными пластинами?
14. Каково назначение компенсационной обмотки и как она выполняется?
15. Какой процесс в машинах постоянного тока называется коммутацией?
16. Каковы причины искрения щеток?
17. Каковы условия прямолинейной, замедленной и ускоренной коммутации в машине?
18. Какие способы улучшения коммутации применяются в машинах постоянного тока?
19. Каковы возможные схемы включения обмотки возбуждения генератора?
20. Как происходит самовозбуждение генераторов постоянного тока?
21. Сравните внешние характеристики генераторов с различными способами возбуждения
22. Сравните регулировочные характеристики генераторов с различными способами возбуждения
23. Какие способы уменьшения пускового тока применяются в ДПТ?
24. Какие способы регулирования частоты вращения применяются для ДТП?
25. Какие существуют виды трансформаторов и устройств трансформаторного типа?
26. каковы основные элементы конструкции и принцип действия трансформатора?
27. Что представляет из себя схема замещения трансформатора?
28. Нарисуйте векторные диаграммы трансформатора на холостом ходу и при нагрузке?
29. Какие параметры трансформатора определяются по данным опытов холостого хода и короткого замыкания?
30. Что такое внешняя характеристика трансформатора, какой она имеет вид и какими параметрами определяется?
31. Что представляет собой КПД трансформатора и от чего он зависит?
32. Что представляет собой группа соединения обмоток трехфазного трансформатора?
33. Каковы условия включения трансформаторов на параллельную работу?
34. Каковы достоинства и недостатки автотрансформатора?
35. Для чего обмотки машин переменного тока распределяют по пазам?
36. Что представляют собой полюсное деление, зубцовое деление и шаг обмотки?
37. Что такое электрический градус?
38. При каких условиях многофазная обмотка электрической машины создает вращающееся магнитное поле?
39. Что такое обмоточный коэффициент, каковы его составляющие и что они учитывают?

40. От чего зависит ЭДС в обмотке машины переменного тока? Напишите соответствующую формулу
41. Каковы причины появления высших пространственных гармоник магнитного поля в машинах переменного тока?
42. Назовите способы борьбы с высшими гармониками магнитного поля в машинах переменного тока
43. Поясните принцип действия асинхронного двигателя
44. Что такое скольжение и почему двигатель называется асинхронным?
45. Для чего вращающийся ротор асинхронного двигателя заменяют неподвижным и как это делается?
46. Чем формулы приведения переменных и параметров ротора отличаются от формул приведения вторичной обмотки трансформатора?
47. Нарисуйте схему замещения асинхронной машины и назовите ее параметры
48. Назовите все потери мощности в асинхронном двигателе и причины их возникновения
49. Почему с увеличением воздушного зазора между статором и ротором асинхронного двигателя возрастает его намагничивающий ток и снижается $\cos \varphi_1$?
50. Каковы характерные точки механической характеристики асинхронного двигателя?
51. Как момент асинхронного двигателя зависит от напряжения питания, активного сопротивления цепи ротора, индуктивных сопротивлений обмоток статора и ротора?
52. Что такое критическое скольжение асинхронного двигателя и чем определяется его значение?
53. Напишите формулу Клосса и поясните, зачем она нужна
54. Как можно регулировать скорость вращения асинхронного двигателя?
55. Чем отличается однофазный и конденсаторный асинхронные двигатели?
56. Расскажите принцип действия синхронного генератора
57. Какова конструкция явнополюсной синхронной машины?
58. Как устроена неявнополюсная синхронная машина?
59. Сколько полюсов имеет ротор генератора, если частота вращения 62,5 об/мин, а частота генерируемого напряжения 50 Гц?
60. Какие системы возбуждения применяются для синхронных машин и в чем заключается их сущность?
61. Что такое реакция якоря и как она влияет на работу синхронного генератора?
62. Поясните порядок построения векторной диаграммы неявнополюсного синхронного генератора
63. Поясните порядок построения векторной диаграммы явнополюсного синхронного генератора
64. Поясните взаимное расположение внешних и регулировочных характеристик синхронного генератора при различном характере нагрузки.
65. Назовите два способа синхронизации и поясните когда они применяются.
66. Каковы угловые характеристики электромагнитной мощности (момента) явнополюсного и неявнополюсного синхронных генераторов?
67. В чем заключается отличие двигательного режима синхронной машины от генераторного?
68. Какой характер имеет реакция якоря в синхронном двигателе при недовозбуждении и перевозбуждении?
69. Для чего используются синхронные компенсаторы?
70. Поясните принцип действия коллекторного двигателя переменного тока

7.2. Процедура оценивания – реферат

1. История развития электрических машин и классификация электромеханических преобразователей

2. Особенности работы насыщенных однофазных и трехфазных трансформаторов
3. Специальные трансформаторы
4. Конструкции асинхронных машин
5. Учет нелинейности параметров при работе асинхронных машин в статических режимах
6. Специальные асинхронные машины
7. Конструкции синхронных машин
8. Специальные синхронные машины
9. Коммутация в машинах постоянного тока и способы ее улучшения
10. Вентильные двигатели
11. Коллекторные машины переменного тока
12. Каскадные соединения электрических машин, электромагнитные преобразователи

7.3. Вопросы к экзамену 3 семестр

1. Устройство и принцип действия трансформатора
2. Классификация трансформаторов
3. Уравнения ЭДС трансформатора
4. Уравнения МДС трансформатора
5. Потери и КПД трансформатора
6. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора
7. Внешняя характеристика трансформатора
8. Опыт холостого хода и короткого замыкания трансформатора
9. Трехфазный трансформатор, схемы соединения обмоток
10. Группы соединения трансформаторов
11. Условия включения трансформаторов на параллельную работу
12. Автотрансформатор
13. Трехобмоточный трансформатор
14. Устройство машины переменного тока
15. Обмотка статора машин переменного тока
16. Назначение и область применения асинхронных машин
17. Устройство ротора асинхронной машины
18. Двигательный режим работы асинхр.машины, скольжение, перегрузочная способность
19. Генераторный режим работы асинхронной машины, достоинства, недостатки
20. Режим торможения противовключением АМ, применение, достоинства, недостатки
21. Частота тока и ЭДС обмотки ротора асинхронной машины
22. Уравнения ЭДС асинхронного двигателя
23. Уравнения МДС асинхронного двигателя
24. Потери и КПД асинхронных машин
25. Механическая характеристика асинхронного двигателя
26. Влияние напряжения сети на форму механической характеристики
27. Влияние сопротивления, включенного в цепь ротора, на форму механической характеристики асинхронного двигателя
28. Способы пуска асинхронного двигателя
29. Рабочие характеристики асинхронного двигателя
30. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя
31. Принцип действия однофазного асинхронного двигателя
32. Конденсаторный асинхронный двигатель

7.4. Вопросы к экзамену 4 семестр

33. Назначение и области применения синхронных машин
34. Устройство синхронных машин
35. Принцип работы синхронного генератора
36. Реакция якоря синхронного генератора
37. Уравнение ЭДС синхронного генератора
38. Характеристика синхронного генератора
39. Принцип работы и синхронного двигателя
40. Пуск в ход синхронных двигателей
41. Синхронные компенсаторы
42. Устройство машины постоянного тока
43. Принцип действия машин постоянного тока
44. Обмотки якоря машин постоянного тока
45. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент машин постоянного тока
46. Реакция якоря в машинах постоянного тока
47. Причины, вызывающие искрение на коллекторе в машинах постоянного тока
48. Коммутация в машинах постоянного тока
49. Способы улучшения коммутации в машинах постоянного тока
50. Способы возбуждения машин постоянного тока
51. Назначение и области применения генераторов постоянного тока
52. Характеристики генераторов постоянного тока
53. Назначение и области применения двигателей постоянного тока
54. Потери и КПД машин постоянного тока

8. Система оценивания планируемых результатов обучения

Критерии оценивания

Критерием оценивания является выполнение самостоятельных заданий и лабораторных работ.

Самостоятельные задания и лабораторные работы по результатам выполнения и защиты оцениваются с учетом следующих основных параметров:

- своевременное выполнение работы;
- полнота и правильность ответов на вопросы, заданные в ходе защиты работы.

В случае выполнения данных условий, студент имеет возможность сдавать теоретический зачет по вопросам.

– оценка «зачтено» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

– оценка «не зачтено» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, допускающему в ответе или в решении задач грубые ошибки.

Базовая часть (проверка знаний и умений по курсу)				
Тема или задание текущей аттестации	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Решение долгосрочного задания контрольной работы	Проверка знаний, умений	Внеаудиторная	18	36

Составление таблиц расчетных формул по курсу	Проверка знаний, умений	Внеаудиторная	7	14
Защита лабораторных работ	Проверка знаний, умений, навыков	Аудиторная	0	0
Промежуточная аттестация: зачет	Проверка знаний, умений	Аудиторная	15	20
Итого минимум			47	84
Дополнительная часть				
Тема или задание текущей аттестации	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Отработка лабораторных работ, участие в олимпиаде	Проверка знаний, умений	Аудиторная	5	16
Итого			52	100

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

9.1. Основная литература:

1. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 1 : учебник для академического бакалавриата / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 267 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03222-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/434425>.

2. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 2 : учебник для академического бакалавриата / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 407 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03224-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/434426>.

3. Игнатович, В. М. Электрические машины и трансформаторы : учебное пособие для академического бакалавриата / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 181 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-00881-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/433833>.

9.2. Дополнительная литература

1. Угольников, А. В. Электрические машины : учебное пособие / А. В. Угольников. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 157 с. — ISBN 978-5-4497-0020-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/82233.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Копылов, И. П. Проектирование электрических машин : учебник для вузов / И. П. Копылов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 828 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11700-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/445920>.

9.3. Периодические издания

1. Вестник Московского энергетического института. Издательство: Национальный исследовательский университет «МЭИ». Год основания: 1994 ISSN: 1993-6982.

2. Силовая электроника. Издательство: Медиа КиТ. Год основания: 2004 ISSN: 2079-9322.
3. Электричество. Издательство: Национальный исследовательский университет «МЭИ». Год основания: 1880 ISSN: 0013-5380.
4. ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. International Journal of Energy Production and Management. Издательство: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ. Год основания: 2016 ISSN: 2056-3272.

9.4. Программное обеспечение

- 1) Windows 10 Pro
- 2) WinRAR
- 3) Microsoft Office Professional Plus 2013
- 4) Microsoft Office Professional Plus 2016
- 5) Microsoft Visio Professional 2016
- 6) Visual Studio Professional 2015
- 7) Adobe Acrobat Pro DC
- 8) ABBYY FineReader 12
- 9) ABBYY PDF Transformer+
- 10) ABBYY FlexiCapture 11
- 11) Программное обеспечение «interTESS»
- 12) Справочно-правовая система «КонсультантПлюс», версия «эксперт»
- 13) ПО Kaspersky Endpoint Security
- 14) «Антиплагиат.ВУЗ» (интернет - версия)
- 15) «Антиплагиат- интернет»

9.5. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

- 1) Центр дистанционного образования (ЦДО) СахГУ <http://cdo.sakhgu.ru/>
- 2) Официальный сайт Сахалинского государственного университета. <http://www.sakhgu.ru/>
- 3) Электроэнергетический Информационный Центр <http://www.electrocentr.info/download/>
- 4) Twirpx.com <http://www.twirpx.com/files/tek/>
- 5) ОАО "САХАЛИНЭНЕРГО": <http://www.sahen.elektra.ru/page.php?id=65>
- 6) Studfiles. <http://www.studfiles.ru/all-vuz/eie/>
- 7) Единое окно доступа к информационным ресурсам: <http://window.edu.ru/resource/771/40771>
- 8) Электротехническая библиотека <http://www.electrolibrary.info/bestbooks/elsnabgeniye.htm>
- 9) Росэнергосервис: <http://lib.rosenergосervis.ru/elektroenergetika/>
- 10) Сайт для электриков: <http://www.elektrikline.ru/biblioteka.html>
- 11) Электротехническая литература: <http://electro.narod.ru/download>
- 12) КнигаФонд; ООО «Центр цифровой дистрибуции»; <http://www.knigafund.ru>; ООО «Центр цифровой дистрибуции» Договор №985/11-ЛВ-25015.
- 13) Электронная библиотека диссертаций; Российская государственная библиотека; <http://www.rsl.ru>; ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор № 095/04/0173 от 22.06.2015 г.
- 14) Университетская библиотека ONLINE; ООО «Некс-Медиа» (RU); <http://www.biblioclub.ru>; ООО «НексМедиа» Договор № 132-06/15 от 23.06.2015.
- 15) ЭБС Издательства «Лань»; ООО «Лань-Тренд»; www.e.lanbook.com; Бесплатный бессрочный контент
- 16) Polpred.com; ООО «ПОЛПРЕДСправочники»; <http://polpred.com/>; ООО «ПОЛПРЕД Справочники» Бесплатный контент.
- 17) IPRbooks; ООО «Ай Пи Эр Медиа»; <http://www.iprbookshop.ru/>.

10. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;

- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для слепых и слабовидящих:

для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;
- акустический усилитель и колонки;

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Б1.Б .17	Электрические машины	Сахалинская область, г. Южно- Сахалинск, ул. Пограничная , д. 68, каб. 210 каб. 128, каб. 400	Лекционная аудитория: Рабочие места обучающихся; Рабочее место преподавателя; Классная доска; Переносной экран; Ноутбук; Мультимедийный проектор; Лаборатория электрических систем, сетей и электрооборудования, в т.ч.: лабораторный стенд «Исследование электрических машин». Лаборатория э электрической энергии лабораторный стенд «Комплексные потребители, измерение потребления энергии и пиковой нагрузки». Лаборатория электроэнергетических систем, в т.ч.: Лабораторный стенд «Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии»; Лабораторный стенд «Измерение электрической энергии»; Лабораторный стенд «Однолинейный модуль распределительной электрической сети с измерителем показателей качества электроэнергии» Доступ к сети Интернет
-------------	-------------------------	---	---

Приложение 1 – Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине (модулю)

1.Что называется электрической машиной?

- А). Устройство, предназначенное для электрификации и автоматизации производства.
- Б). Электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования одной системы переменного тока в другую.
- В). Электромеханический преобразователь, в котором преобразуется механическая энергия в электрическую и наоборот.

2.Дайте определение электродвигателя

- А). Машина, преобразующая механическую энергию в электрическую.
- Б). Электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования одной системы переменного тока в другую.
- В). Машина, преобразующая электрическую энергию в механическую.

3.Дайте определение генератора

- А). Машина, преобразующая механическую энергию в электрическую.
- Б). Электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования одной системы переменного тока в другую.
- В). Машина, преобразующая электрическую энергию в механическую.

4.Какие законы лежат в основе работы электрических машин?

- А). Законы Ома
- Б). Закон Джоуля – Ленца
- В). Законы электромагнитной индукции и электромагнитных сил.

5.При каком условии обмотки статора соединяются «треугольником»

- А). $U_L = U_{\phi}$
- Б). $U_L = \sqrt{3} U_{\phi}$
- В). $I = UR$

6.Какие двигатели получили наибольшее распространение?

- А). Двигатели постоянного тока
- Б). Асинхронные электродвигатели
- В). Синхронные электродвигатели

7.Может ли ротор АЭД вращаться синхронно с вращающимся магнитным полем статора?

- А). да
- Б). нет
- В). не имеет значения

8.У какого двигателя обмотка ротора соединяется «звездой» при изготовлении?

- А). СЭД
- Б). АЭД с короткозамкнутым ротором
- В). АЭД с фазным ротором

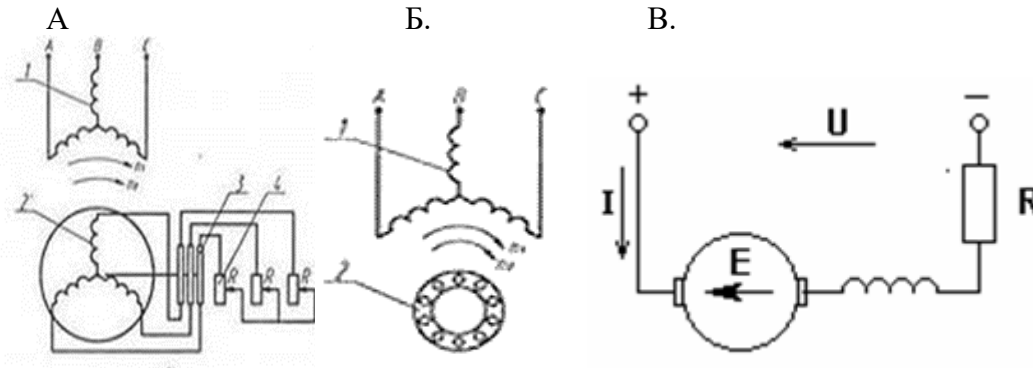
9.При каком условии обмотки статора соединяются «звездой»

- А). $U_L = U_{\phi}$
- Б). $U_L = \sqrt{3} U_{\phi}$
- В). $I = UR$

10. Если происходит выработка электроэнергии, то это....

- А). Двигатель
- Б). Генератор
- В). Трансформатор

11. Выберите схему асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.



12. Кто впервые сконструировал трёхфазный асинхронный электродвигатель? Год.

- А) Б.С. Якоби , 1834 г.
- Б) М.О. Доливо-Добровольский, 1889 г.
- В) П.Н. Яблочков, 1876 г.

13. Основные элементы асинхронного электродвигателя.

- А) Статор, ротор, вал, обмотки
- Б) Станина, якорь
- В) Статор, якорь, подшипники

14. Из какого материала выполняют статор асинхронного электродвигателя

- А) Электротехническая сталь
- Б) Константан
- В) Никель

15. Каким образом обычно соединяются обмотки фазного ротора?

- А) Треугольником
- Б) Звездой
- В) Последовательно

16. Если обмотка ротора подобна обмотке статора, то это-

- А) Фазный ротор
- Б) Короткозамкнутый ротор
- В) «Беличья клетка»

17. Условие, необходимое для работы асинхронного электродвигателя

- А) $n_1 = n_2$
- Б) $n_1 \neq n_2$
- В) $n_1 = 0$

18. Асинхронный электродвигатель-это двигатель работающий

- А) На постоянном токе
- Б) На переменном токе
- В) Дизельном топливе

19. Скольжение ротора- это

- А) Отставание частоты вращения ротора от частоты вращения магнитного поля статора
- Б) Отставание частоты вращения статора от частоты вращения ротора
- В) Скольжение обмотки ротора по обмотке статора

20. Скольжение ротора в момент пуска

- А) равно нулю
- Б) 100 %
- В) может иметь любое значение

21. Вращающий момент асинхронного электродвигателя

- А) Не зависит от номинальной мощности
- Б) Прямопропорционален номинальной мощности
- В) Обратнопропорционален номинальной мощности

22. Из какого вещества выполняются стержни короткозамкнутого ротора?

- А) Сталь
- Б) Чугун
- В) Медь

23. Как укладывается обмотка асинхронного двигателя?

- А) Наматывается на ротор
- Б) Укладывается в пазы статора и ротора
- В) Запаивается в корпус статора

24. Устройство двигателя постоянного тока

- А) Индуктор и якорь
- Б) Статор и ротор
- В) якорь и ротор

25. Кто создал первый двигатель постоянного тока? Год

- А) Б.С. Якоби , 1834 г.
- Б) М.О. Доливо-Добровольский, 1889 г.
- В) П.Н. Яблочков, 1876 г.

26. Герметичная электрическая машина- это

- А) Машина, защищённая от попадания жидкости, пыли
- Б) Машина, защищённая от попадания внутрь посторонних предметов
- В) Защищённая машина, исключающая возможность сообщения между её внутренним пространством и окружающей средой

27. Погружная электрическая машина – это

- А) Машина, защищённая от воспламенения
- Б) Машина, предназначенная для эксплуатации в условиях погружения в жидкость
- В) Машина, защищённая от попадания внутрь посторонних предметов.

28. Назначение коллектора в двигателях постоянного тока

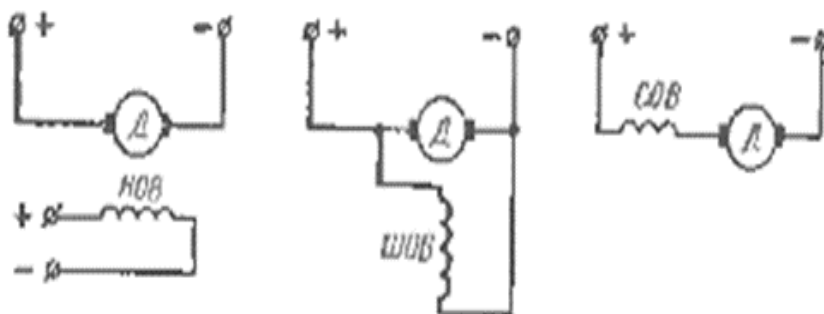
- А) Подвод постоянного тока к рабочей обмотке
- Б) Чтобы разрешить току проходить и исключить проблему со спутыванием проводов
- В) Для выпрямления переменного тока

29. Схема включения двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

А)

Б)

В)



30. Номинальный ток двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением $I_{\text{ном}} = 50$ А. Чему равен ток обмотки возбуждения?

- А) 100 А.
- Б) 50 А.
- В) 25 А.

Приложение 2 - Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В соответствии с программой курса видами самостоятельной работы студентов являются:

- 1) самостоятельное изучение теоретического материала по определенным темам;
- 2) семинарские/практические занятия;
- 3) лабораторные работы;
- 4) тестирование;
- 5) курсовой проект;
- 6) экзамен.

Для изучения разделов данной учебной дисциплины необходимо вспомнить и систематизировать знания, полученные ранее по данной отрасли научного знания.

В ходе *лекционных занятий* необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

1. *Самостоятельная работа* студента является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Самостоятельная работа студента над усвоением учебного материала по учебной дисциплине может выполняться в библиотеке университета, учебных кабинетах, компьютерных классах, а также в домашних условиях. Содержание самостоятельной работы студента определяется учебной программой дисциплины, методическими материалами, заданиями и указаниями.

Данный вид самостоятельной работы осуществляется студентами на протяжении всего изучения дисциплины с целью подготовки к семинарским занятиям и итоговой аттестации и проходит прежде всего в форме самостоятельного изучения учебников, монографий научных статей, статистических данных и судебной практики по темам дисциплины.

По заданию преподавателя самостоятельное теоретическое обучение может осуществляться в следующих формах:

а) анализ рекомендованных новейших монографических исследований и журнальных публикаций по выбранной тематике, конспектирование их содержания и обсуждение прочитанного на практических занятиях;

б) участие в подборке литературы для подготовки по заранее утвержденной теме научного исследования;

в) обобщение изученной литературы, подготовка выступления на семинарском (практическом) занятии, научно-практической конференции, круглом столе и т.п.

Ожидаемым результатом осуществления студентами данного вида самостоятельной работы является получение ими углубленных знаний по вопросам и проблемам дисциплины, выработка важных практических навыков работы с источниками, обобщения и анализа полученной информации, публичного выступления и ведения научной дискуссии.

2. *Практическое занятие:*

Семинар (от лат. *seminarium* - «рассадник», переносное - «школа») - один из основных видов учебных практических занятий, состоящий в обсуждении студентами предложенной заранее темы, а также сообщений, докладов, рефератов, выполненных ими по результатам учебных исследований. Семинарские занятия являются одной из основных форм образования.

Ценность семинара как формы обучения состоит в следующем:

- студенты имеют возможность не просто слушать, но и говорить, что способствует усвоению материала: подготовленное выступление, высказанное дополнение или вывод «включают» дополнительные механизмы их памяти;
- происходит углубление знаний за счет того, что вопросы рассматриваются на более высоком методологическом уровне или через их проблемную постановку;
- немаловажную роль играет обмен знаниями; нередко при подготовке к семинару студентам удается найти исключительно интересные и познавательные материалы, что расширяет кругозор каждого студента;
- развивается логическое мышление, способность анализировать, сопоставлять, делать выводы;
- на семинаре студенты учатся выступать, дискутировать, обсуждать, аргументировать, убеждать, что особенно важно для подготовки к будущим итоговым аттестационным испытаниям и профессиональной деятельности выпускников;
- имея возможность на занятии говорить, студенты учатся оперировать необходимой в будущей профессиональной деятельности терминологией.

В ходе образовательного процесса при реализации ОПОП проводятся семинары видов:

Семинар (от лат. *seminarium* - «рассадник», переносное - «школа») - один из основных видов учебных практических занятий, состоящий в обсуждении студентами предложенной заранее темы, а также сообщений, докладов, рефератов, выполненных ими по результатам учебных исследований. Семинарские занятия являются одной из основных форм образования.

В ходе образовательного процесса при реализации ОПОП проводятся семинары видов:

1) *Обычные*, или систематические, предназначенные для изучения курса в целом - основные по предложенной студентам тематике. По всем изучаемым дисциплинам разработаны планы семинарских занятий с конкретными вопросами и заданиями по каждой теме, которые можно увидеть на сайте в рабочей программе дисциплины. При подготовке к семинару основная задача студента - найти ответы на поставленные вопросы, поэтому лучше законспектировать найденный материал.

2) *Тематические*, обычно применяемые для углубленного изучения основных или наиболее важных тем курса.

3) *Реферативная форма проведения семинара*. Рефераты полезны по узким проблемам. Руководитель предлагает тему, литературу, предварительно знакомится с содержанием реферата, который затем представляется студентом в устной форме. Требование к студенту - свободно владеть материалом. Преподаватель может прервать докладчика для обсуждения той или иной детали или идеи. По окончании доклада слушатели, включая преподавателя и студентов задают вопросы докладчику. При работе над рефератом основная задача студента – раскрыть тему и найти ответы на поставленные вопросы. Объем реферата не должен превышать 15 страниц машинописного текста форматом А4. Страницы реферата должны быть пронумерованы, в конце работы приводится оформленный по правилам список использованных источников.

Коллоквиум — форма проверки и оценивания знаний студентов, проводимый по инициативе преподавателя промежуточный мини-экзамен несколько раз в семестр, имеющий целью уменьшить список тем, выносимых на основной экзамен, и оценить текущий уровень знаний студентов. В ходе коллоквиума, проводимого в рамках семинарского занятия, могут также проверяться проекты, рефераты и другие письменные работы студентов. Оценка, полученная на коллоквиуме, может влиять на оценку на основном экзамене. В некоторых случаях преподаватель выносит на коллоквиум все пройденные темы и студент, как на итоговом экзамене, получает единственную оценку, идущую в зачет по дисциплине.*В качестве наглядного инструмента студентам при

проведении обычных, тематических и реферативных семинаров рекомендуется при подготовке к докладам использовать систему «Мультимедиа» - компьютерные презентации, которые должны содержать иллюстративный материал в виде таблиц, диаграмм, рисунков, блок-схем и т.д.

Практическое занятие:

- практикум – это практические занятия, которые посвящены освоению полученных теоретических знаний по определенной теме (модулю) дисциплины в плане их приложения к существующей производственной либо научной проблематике; предоставляет возможность провести практическое исследование; студенту, как правило, предлагается следовать подготовленному плану (методике) действий, нарабатывая сугубо практические навыки; к каждому практикуму преподаватели разрабатывают конкретные методические указания; экономический и юридический практикумы не требуют оборудования и могут проводиться непосредственно в лекционной аудитории

*В качестве наглядного инструмента студентам при проведении семинаров рекомендуется при подготовке к докладам использовать систему «Мультимедиа» - компьютерные презентации, которые должны содержать иллюстративный материал в виде таблиц, диаграмм, рисунков, блок-схем и т.д.

Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности семинара как вида занятия, для подготовки к нему студенту также необходимо:

- внимательно прочитать конспект лекции по данной тематике;
- ознакомиться с соответствующим разделом учебника, в том числе практикумов и учебных пособий;
- проработать дополнительную литературу и источники;
- изучить методики выполнения типовых заданий, затем решить задачи и выполнить другие письменные задания.

3. *Лабораторные работы.* Для выполнения лабораторной работы обучающийся использует необходимое экспериментальное оборудование, приборы и инструмент. Лабораторные работы выполняются самостоятельно (индивидуально или в составе группы) в соответствии с предлагаемым описанием работы. Результаты исследований заносятся в тетрадь лабораторных работ, выполняются рисунки с схемы, в конце работы делается вывод о проделанной работе.

Подготовка к лабораторному занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы; групповые и индивидуальные консультации; самостоятельное решение практических задач. Студент может пользоваться ресурсами Интернет, библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Работу с литературой рекомендуется делать в следующей последовательности: беглый просмотр (для выбора глав, разделов, статей, которые необходимы по изучаемой теме); беглый просмотр содержания и выбор конкретных страниц, отрезков текста с пометкой их расположения по перечню литературы, номеру страницы и номеру абзаца; конспектирование прочитанного. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Рекомендуется регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

В рабочей программе дисциплины изложен перечень лабораторных работ по соответствующим темам. Каждая из них содержит комплекс взаимосвязанных заданий, которые последовательно должны выполняться студентом как во время аудиторных занятий под руководством преподавателя, так и в период самостоятельной работы. Прежде чем приступать к выполнению лабораторной работы, студенту необходимо: ознакомиться с методическими указаниями для студентов по изучению конкретной темы; изучить основную и дополнительную литературу, рекомендованную по той или иной теме

курса; внимательно прочитать все задания лабораторной работы и определиться с оптимальной для себя последовательностью их выполнения; проконсультироваться с преподавателем или его ассистентом и организовать надлежащее материальное обеспечение выполнения лабораторной работы.

При выполнении лабораторных работ в электронном виде следует соблюдать указанную в работе последовательность. Каждый этап работы должен контролироваться преподавателем.

Ответы на задания, оформляемые рукописно, должны излагаться студентом собственноручно, разборчивым почерком, без помарок и относиться к существу поставленных вопросов. Выполнение каждой лабораторной работы проверяется преподавателем (или его ассистентом). Результаты проверки он отражает в контрольном листе оценкой «зачтено», которую заверяет своей подписью. Лабораторная работа может быть не зачтена в следующих случаях: если она полностью не выполнена или выполнена неверно; если текст ответов на задания является дословной копией ответов переписанных из другого практикума. Выполнение либо невыполнение лабораторных работ способно оказать решающее влияние на формирование результирующей оценки по курсу криминалистики.

4. *Тестирование* - это исследовательский метод, который позволяет выявить уровень знаний, умений и навыков студента. Тест — это стандартизированное задание или особым образом связанные между собой задания, которые позволяют преподавателю оценить уровень знаний, умений и навыков студента. Тесты обычно содержат вопросы и задания, требующие очень краткого, иногда альтернативного ответа («да» или «нет», «больше» или «меньше» и т.д.), выбора одного из приводимых ответов или ответов по балльной системе. Тестовые задания обычно отличаются диагностичностью, их выполнение и обработка не отнимают много времени, тесты почти полностью исключают субъективизм педагога, как в процессе контроля, так и в процессе оценки.

Самыми популярными являются тестовые задания закрытого типа (каждый вопрос имеет несколько готовых вариантов ответов, из которых нужно выбрать один или несколько верных) и тестовые задания открытого типа (на каждый вопрос учащийся должен предложить свой ответ, например, дописать слово, словосочетание, предложение, знак, формулу и т. д.). Наравне с традиционными формами тестирования применяется и компьютерное тестирование, этот факт соответствует общей концепции модернизации и компьютеризации системы образования России.

5. Курсовой проект.

Общие положения.

Одной из основных форм самостоятельной работы студентов является написание ими курсовой работы. Повышение качества подготовки специалистов, выпускаемых, обеспечение его конкурентоспособности требует совершенствования всех форм учебного процесса и в том числе написания курсовых проектов и работ. Происходят объективные изменения в организации всего учебного процесса и в том числе в подготовке студентами курсовых работ, которые необходимо учитывать и направлять. Быстрое развитие информационных технологий, появление Интернета существенно расширяют возможности студентов по сокращению трудоёмкости выполнения учебных заданий, насыщению их фактами, проблемностью, статистическими материалами, что в итоге способствует формированию профессиональных компетенций.

Курсовой проект является формой самостоятельной работы, выполняемой студентом на определенную тему, в соответствии с тематикой по данной дисциплине. Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя, в процессе его выполнения студент развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя теоретические знания, полученные при изучении дисциплины (модуля). При выполнении курсового проекта студент должен показать свое умение работать с

нормативным материалом, справочными данными, стандартами, учебной литературой, источниками Интернет, что дает возможность систематизировать и анализировать теорию, фактический материал и самостоятельно творчески их сопоставлять и осмысливать.

Методические указания создают возможность студенту правильно и квалифицированно написать курсовой проект, соблюдая при этом все требования по его оформлению.

Правильно выполненный проект дает студенту уверенность в своей подготовленности к выполнению в будущем выпускной квалификационной работы, качество которой повышается, если она является продолжением самостоятельно и качественно выполненных студентом курсовых проектов.

Творческое развитие логики, методов и приёмов выполнения работ – залог их соответствия нарастающим требованиям подготовки выпускников высшей школы.

Цель и задачи курсового проекта.

Курсовой проект занимает важное место в учебном процессе высшей школы. Его цель и главное назначение состоит в подготовке студентов к самостоятельному выполнению исследовательской работы, в овладении начальными навыками этой работы, в развитии их творческого потенциала. Отсюда основными задачами курсовой работы являются:

1) овладение первичными навыками ведения исследовательской работы; развитие творческих способностей, профессиональных компетенций в индивидуальном режиме для каждого студента;

2) подготовка студента к выполнению ВКР, как начальной формы научно-исследовательской деятельности;

3) усвоение методов грамотного ведения, оформления и редактирования технической документации, а также выполнения практической аналитической работы.

Умение вести исследование – подбирать, анализировать, обобщать материал, системно излагать его научным стилем, обосновывать выводы, оформлять работу – отличает специалиста с высшим образованием. Курсовые проекты последовательно готовят выпускника, наращивая владение элементами исследовательской работы. Среди других форм развития творческого потенциала студентов – рефераты, эссе, научные доклады на студенческой научной конференции и др., курсовые работы и проекты занимают ведущее место, уступая по завершённости требований лишь содержанию и объёму выпускной квалификационной работе.

В соответствии с целью и задачами назначение курсового проекта в учебном процессе конкретизируются в овладении студентами следующих знаний и навыков:

а) работа с библиографией: пользование каталогами и справочной литературой, статистическими и инструктивными материалами;

б) разработки задач проектирования;

в) понимания и грамотного написания введения к любой исследовательской работе;

г) методики и стиля изложения материалов работы;

д) редакционного оформления работы в соответствии с общеустановленными требованиями;

е) написание заключения, уяснение его назначения в работе;

ж) составление библиографического списка использованных источников;

и) назначение приложений и их оформление.

Безусловно, овладение этими знаниями должно происходить постепенно, от курса к курсу, от предыдущей работы к каждой последующей круг требований должен расширяться, а их уровень возрастать.

Для студентов старших курсов задачами курсового проекта являются: обязательность наличия материалов нормативно-справочной документации, табличных, цифровых и графических данных; проблемно-поисковый характер работы, овладение методами расчетов приводимого материала, обоснование своей точки зрения и путей

решения проблем. Основное внимание в постановке задач отводится умению строить и анализировать исходный материал, помещаемый в тексте научной работы, умению его анализировать. Студент не только характеризует проблему и своё отношение к ней, но и показывает пути её решения, предлагает методы её преодоления.

Объем и сроки выполнения курсового проекта.

Курсовой проект выполняется студентами в соответствии с учебным планом. Объем курсового проекта: пояснительная записка 30-40 листов печатного текста форматом А4; графическая часть до 4 листов чертежей формата А1 и спецификация.

Сроки выполнения курсового проекта (работы):

20 % - 3 неделя семестра;

40 % - 6 неделя семестра;

60 % - 9 неделя семестра;

80 % - 12 неделя семестра,

100 % - 15 неделя семестра;

Защита курсовой работы 16-17 неделя семестра (за 1-2 неделю до начала экзаменационной сессии).

Критерии формирования оценки за курсовой проект (балльно-рейтинговая система оценивания):

1. Соблюдение сроков выполнения проекта диапазон оценок от 0 до 25.

25 баллов – безусловное соблюдение графика выполнения проекта;

20 баллов – отставание от сроков не более чем на одну неделю, при условии завершения проекта и представления научному руководителю (без защиты) на 15 неделе;

15 баллов – невыполнение промежуточных сроков, при условии окончательной сдачи (без защиты) на 15 неделе;

10 баллов – окончательное предоставление проекта научному руководителю не позже 18 недели семестра;

0 баллов – окончательное завершение проекта и представление его научному руководителю (без защиты) позже 18 недели семестра.

2. Оформление Пояснительной записки курсового проекта диапазон оценок от 25 до 50.

41-50 баллов – выполнение Пояснительной записки проекта на высоком качественном уровне с соблюдением всех требований ЕСКД;

31-40 баллов – тоже, что и выше, но с несущественными погрешностями исполнения (дифференцированно, в зависимости от числа погрешностей);

25-30 баллов – выполнение расчетной части проекта на минимально допустимом уровне;

Расчетная часть работы не удовлетворяющая 25 баллам должна быть переделана студентом.

3. Графическое оформление проекта диапазон оценок от 25 до 50.

41-50 баллов – выполнение проекта на высоком качественном уровне с соблюдением всех требований ЕСКД;

30-40 баллов – тоже, что и выше, с несущественными погрешностями в исполнении графического материала (дифференцированно, в зависимости от числа погрешностей);

25-30 баллов – выполнение графической части проекта на минимально допустимом по качеству уровне;

Графическая часть работы не удовлетворяющая 25 баллам должна быть переделана студентом.

4. Оценка за защиту проекта диапазон оценок от 5 до 25.

21-25 баллов – при защите студент успешно отвечает более чем на 80 % заданных вопросов, демонстрируя при ответе теоретические знания, практические умения и владение основными навыками;

11-20 баллов – при защите студент успешно отвечает более чем на 60-80 % заданных вопросов, демонстрируя при ответе теоретические знания, практические умения и владение основными навыками;

5-10 баллов – при защите студент успешно отвечает более чем на 50 % заданных вопросов, демонстрируя при ответе теоретические знания, практические умения и владение основными навыками.

Защита проекта проводится публично, в присутствии других студентов, перед утвержденными заведующим кафедрой комиссиях, в состав которой обязательно входит преподаватель – научный руководитель проекта. Форма защиты выбирается членами комиссии (публичный доклад с вывешиванием листов проекта, ответы на вопросы, опрос по листам проекта, ответ по билетам и т.д.). Студент, не защитивший проект, допускается к повторной защите не ранее чем через два дня. Третья защита курсового проекта проводится в аттестационной комиссии, состав которой назначается директором института с включением в состав комиссии заведующего кафедрой, научного руководителя, представителя дирекции, представителя студенческого совета. Студент, который в итоге получил за курсовой проект решением аттестационной комиссии оценку «неудовлетворительно» считается имеющим академическую задолженность и должен выполнить курсовой проект повторно по новому заданию.

Защита курсового проекта оценивается по стобалльной шкале с переводом в оценку по пятибалльной шкале.

Таблица – Шкала оценок защиты курсового проекта

отлично	85-100 баллов
хорошо	70-84 балла
удовлетворительно	52-69 баллов
неудовлетворительн о	0-51 балл

Экзамен. Экзамены являются ведущими, наиболее значительными формами организации контроля. В ходе их проводится итоговая проверка результатов учебной деятельности студентов по изучению конкретной дисциплины, является уровень сформированности знаний и умений. Экзаменационные билеты для устного экзамена и задания составляет преподаватель, обсуждается на заседании кафедры не позднее чем за месяц до сессии и утверждает заведующий кафедрой. В экзаменационные билеты включаются 2-3 вопроса из разных разделов программы в зависимости от специфики предмета и одну задачу или пример. Вопросы комплекта билетов по предмету охватывают весь основной пройденный материал. Главное требование при комплектовании билетов - создание равноценных билетов и по объему учебного материала, и по его характеру, и по степени активизации познавательной деятельности студентов. Для очной формы обучения - в университете действует балльно-рейтинговая система, целесообразно систематически готовиться к занятиям, набирать баллы, спокойно получать допуск к экзамену или автоматически получать заслуженную в течение всего семестра оценку.

Приложение 3 – Методические указания к курсовому проекту

Введение

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Электрические машины и аппараты» осуществляется с целью глубокого изучения и освоения студентами принципов действия, расчетов и режимов работы трансформаторов, машин постоянного и переменного тока, а также их использование и эксплуатация в условиях сельскохозяйственного производства.

Задачи:

- ознакомление студентов с теоретическими основами электрических машин и аппаратов;
- практическим применением основных выводов в сельском хозяйстве;
- научить решать инженерные задачи с использованием основных выводов по дисциплине.

Для помощи студентам в организации процесса самостоятельного изучения курса ЭМ и А в настоящем пособии приводятся программа курса, перечень рекомендуемых учебных пособий, задания к курсовой работе в 50 вариантах и краткие методические указания по их выполнению.

Задание для курсовой работы состоит из двух разделов. В первом разделе методических указаний размещены задания на выполнение двух задач: по трансформаторам и асинхронным машинам. Второй раздел содержит задачи по синхронным машинам и машинам постоянного тока.

1 Студент должен самостоятельно проработать программный материал по рекомендованным учебным пособиям, выполнить по первому и второму разделам по две работы. К концу первого семестра изучаемого материала студент выполняет и сдает задачи по трансформаторам и машинам постоянного тока, а на последующем семестре – по асинхронным и синхронным машинам.

Следует иметь в виду, что студент выбирает номер задания, соответствующий последним двум цифрам зачетной книжки. Если цифра превышает число 50, то номер задания определяется путем вычитания из последних двух цифр зачетной книжки цифры 50.

2 Решение производить в общем виде, а затем подставить числовые значения. Указывать названия электрических и физических величин и единицы их измерения.

3 Схемы и графический материал выполнять в соответствии с требованиями ЕСКД и стандарта специальности СТС 311400-2005.

4 Курсовая работа подписывается студентом с указанием даты ее окончания.

5 На первой странице курсовой работы следует написать номер индивидуального задания, номер зачетной книжки и ф.и.о. студента, номер группы, ф.и.о. преподавателя (приложение 2).

Задание для выполнения курсового проекта

Трехфазный двухобмоточный трехстержневой трансформатор включен в сеть с напряжением U_H при схеме соединения обмоток Y/Y_H . Величины, характеризующие номинальный режим работы трансформатора, приведены в таблице 1: полная мощность S_H , первичное линейное напряжение U_{1H} ; вторичное линейное напряжение U_{2H} ; напряжение короткого замыкания U_K ; мощность потерь короткого замыкания (при номинальном токе) p_{KH} . Кроме того, заданы значения тока холостого хода I_0 (в % от I_{1H}), мощность потерь холостого хода p_0 , коэффициент мощности $\cos \varphi_2$ и характер нагрузки.

Таблица 1 - Данные к задаче 1 раздела № 1

Варианты	S_H , кВА	U_{1H} , кВ	U_{2H} , кВ	u_k , %	i_0 , %	p_0 , %	P_{K3} , Вт	$\cos \varphi_2$	Характер нагрузки
1	25	10	0,4	4,5	3,2	125	690	0,9	Активно-индуктивная
2	40	10	0,4	4,7	3,0	180	1000	0,95	Активно-индуктивная
3	63	10	0,4	4,7	2,8	265	1280	0,85	Активно-индуктивная
4	63	20	0,4	5,3	2,8	290	1280	0,80	Активно-индуктивная
5	100	10	0,4	4,7	2,6	365	2270	0,70	Активно-индуктивная
6	100	35	0,4	6,5	2,6	465	2270	0,75	Активно-емкостная
7	160	10	0,4	6,5	2,4	540	3100	0,95	Активно-индуктивная
8	160	35	0,4	6,8	2,4	660	3100	1,0	активная
9	250	10	0,4	6,5	2,3	780	4200	0,9	Активно-индуктивная
10	250	35	0,4	6,8	2,3	960	4200	0,88	Активно-индуктивная
11	400	to	0,4	4,5	2,1	1080	5500	0,8	Активно-индуктивная
12	400	35	0,4	6,5	2,1	1350	5500	1,0	активная
13	630	10	0,4	5,5	2,0	1680	7600	0,95	Активно-емкостная
14	630	35	0,4	6,5	2,0	2000	8500	0,9	Активно-емкостная
15	63	20	0,4	5,0	4,4	390	1280	0,85	Активно-индуктивная
16	160	20	0,4	6,6	4,0	730	2530	0,80	Активно-индуктивная
17	250	20	0,4	6,6	3,7	1050	3580	1,0	активная
18	400	20	0,4	6,2	3,3	1530	5180	1,0	активная
19	630	20	0,4	6,4	3,2	2100	7340	0,88	Активно-индуктивная
20	1000	10	0,4	5,5	1,4	2450	12200	0,82	Активно-индуктивная
21	1000	35	0,4	6,5	1,5	2750	12200	0,89	Активно-емкостная
22	1600	10	0,4	5,5	1,3	3300	18000	0,91	Активно-индуктивная
23	1600	35	0,4	6,5	1,4	3650	18000	0,81	Активно-емкостная
24	2500	10	0,4	6,5	1,0	4600	23500	0,78	Активно-индуктивная
25	2500	36	0,4	6,5	1,1	5100	23600	0,83	Активно-емкостная
26	25	10	0,4	4,0	3,0	120	680	0,80	Активно-индуктивная
27	40	10	0,4	4,5	3,0	170	970	0,90	Активно-

									емкостная
28	63	10	0,4	4,5	2,8	250	1150	0,80	Активно-индуктивная
29	63	20	0,4	5,0	2,8	270	1150	0,85	Активно-емкостная
30	100	10	0,4	4,5	2,5	350	2200	0,75	Активно-индуктивная
31	100	35	0,4	6,5	2,5	450	2200	0,85	Активно-индуктивная
32	160	10	0,4	6,5	2,3	530	2900	0,80	Активно-емкостная
33	160	35	0,4	6,6	2,3	650	3000	1,0	активная
34	250	10	0,4	6,5	2,3	750	3900	0,85	Активно-индуктивная
35	250	35	0,4	6,6	2,3	950	3900	0,85	Активно-индуктивная
36	400	10	0,4	4,5	2,3	1050	6400	0,80	Активно-емкостная
37	400	10	0,4	6,5	2,1	1300	5400	0,90	Активно-индуктивная
38	630	10	0,4	5,5	2,0	1600	7500	0,90	Активно-емкостная
39	630	35	0,4	6,5	2,0	1900	8400	0,85	Активно-индуктивная
40	63	20	0,4	5,0	4,3	380	1250	0,80	Активно-индуктивная
41	160	20	0,4	6,5	4,0	720	2500	0,85	Активно-емкостная
42	250	20	0,4	6,5	3,6	950	3400	1,0	активная
43	400	20	0,4	6,1	3,4	1500	5000	0,82	Активно-индуктивная
44	630	20	0,4	6,3	3,1	2100	7300	0,75	Активно-индуктивная
45	1000	10	0,4	5,2	1,5	2450	12200	0,80	Активно-емкостная
46	1000	35	0,4	6,4	1,5	2700	12200	0,85	Активно-индуктивная
47	1600	10	0,4	5,5	1,3	3300	1900	0,85	Активно-индуктивная
48	1600	35	0,4	6,5	1,4	3650	18000	0,80	Активно-емкостная
49	2500	10	0,4	5,5	1,0	4600	23500	0,85	Активно-индуктивная
50	2500	35	0,4	6,5	1,1	5100	23500	0,80	Активно-емкостная

Содержание задания

- 1 Начертить электромагнитную схему трехфазного трансформатора и определить номинальные токи в обмотках трансформатора $I_{1ф}$ и $I_{2ф}$, фазное напряжение обмоток $U_{1ф}$ и $U_{2ф}$, коэффициент трансформации фазных напряжений k и ток холостого хода I_0 в амперах.

- 2 Определить параметры схемы замещения трансформатора $R_1, X_1, R'_2, X'_2, R_0, X_0$.
- 3 Построить зависимость КПД трансформатора от нагрузки $\eta = f(\beta)$ при $\cos \varphi_2 = \text{const}$ и определить оптимальную загрузку его по току $\beta_{\text{опт}}$.
- 4 Построить зависимость изменения вторичного напряжения от изменения нагрузки $\Delta U = f(\beta)$ и внешнюю характеристику трансформатора $U_2 = f(\beta)$ при $U_1 = \text{const}$ и $\cos \varphi_2 = \text{const}$.

Примечание. При решении задачи все характерные величины трехфазного трансформатора определяют для одной фазы.

Рекомендации для выполнения

К пункту 1. Начертить электромагнитную схему трехфазного двухобмоточного трехстержневого трансформатора со схемой соединения Y/Y_n . Для силовых трехфазных трансформаторов можно считать, что мощность $S_{1H} = \sqrt{3}U_{1H}I_{1H}$ практически равна вторичной мощности $S_{2H} = \sqrt{3}U_{2H}I_{2H}$, поскольку номинальное значение КПД близко к единице. Поэтому номинальное (линейное) значение первичного и вторичного токов трансформатора следует определить из этих соотношений. Значения фазных токов и напряжений определяют на основе известных из курса ТОЭ соотношений между линейными и фазными величинами в трехфазной системе при соединении обмоток трансформатора в Y и Δ . Величину тока холостого хода в амперах определяют из соотношения

$$I_0 = \frac{I_0 \%}{100} I_{1H}, A \quad (1)$$

К пункту 2. Для определения параметров схемы замещения трансформатора вначале находят значение фазного напряжения короткого замыкания $U_{\text{кф}}$, а также величину полного Z_k , активного R_k и индуктивного X_k сопротивлений короткого замыкания по следующим зависимостям:

$$U_{\text{кф}} = \frac{U_k \%}{100} \frac{U_{1H}}{\sqrt{3}} B; \quad Z_k = \frac{U_{\text{кф}}}{I_{1H}} Ом; \quad (2)$$

$$R_k = \frac{P_{\text{кн}}}{3I_{1H}^2} Ом; \quad X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} Ом. \quad (3)$$

Поскольку $R_k = R_1 + R'_2$ и $X_k = X_1 + X'_2$, то сопротивления обмоток трансформатора можно легко определить на основе допущения, что $R_1 \approx R'_2$ и $X_1 \approx X'_2$, то есть $R_1 = R'_2 = R_k/2$ Ом и $X_1 = X'_2 = X_k/2$ Ом.

Действительные значения сопротивлений вторичной обмотки трансформатора R_2 и X_2 определяют из приведенных их значений R'_2 и X'_2 и на основе соотношений

$$R_2 = \frac{R'_2}{K^2} Ом; \quad X_2 = \frac{X'_2}{K^2} Ом. \quad (4)$$

Значение величины полного Z_m , активного R_m и индуктивного сопротивлений ветви намагничивания X_m для схемы замещения трансформатора определяют из соотношений

$$Z_0 = \frac{U_{1\text{нф}}}{I_0} Ом; \quad R_0 = \frac{P_0}{3I_0^2} Ом; \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} Ом. \quad (5)$$

$$R_0 = R_0 - R_1 Ом, \quad X_m = X_0 - X_1 Ом, \quad Z_m = \sqrt{R_m^2 + X_m^2} Ом. \quad (6)$$

На основании выполненных расчетов следует вычертить Т-образную схему замещения трансформатора и указать на ней величины соответствующих сопротивлений.

К пункту 3. Оптимальный коэффициент загрузки трансформатора по току, соответствующий максимальному значению КПД, определяют из соотношения

$$\beta_{opt} = \sqrt{p_0 / p_{кн}} \quad (7)$$

Величину КПД трансформатора при заданном значении загрузки по току $\beta_i = I_i/I_n$ определяют методом отдельных потерь по формуле

$$\eta_i = \frac{\beta_i S_n \cos \varphi_2}{\beta_i S_n \cos \varphi_2 + p_0 + \beta_i^2 p_{кн}} \quad (8)$$

Для построения зависимости $\eta = f(\beta)$ при $U_1 = \text{const}$ и $\cos \varphi_2 = \text{const}$ в выражение (8) последовательно подставляют значения $\beta_i = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25$ и β_{opt} и находят соответствующие им значения η_i . Для упрощения вычислений можно воспользоваться современными средствами автоматизации расчетов.

К пункту 4. Для построения зависимости $\eta = f(\beta)$ при $U_1 = \text{const}$ и $\cos \varphi_2 = \text{const}$ пользуются выражением

$$\Delta U_i \% = \beta_i (U_{ка} (\%) \cos \varphi_2 \pm U_{кр} (\%) \sin \varphi_2), \quad (9)$$

где $U_{ка}$, $U_{кр}$ соответственно значения падения напряжения на активном и индуктивном сопротивлении короткого замыкания трансформатора, которые определяют из соотношений

$$U_{ка} \% = \frac{p_{кн} [Bm]}{10 S_n [кВА]}; \quad U_{кр} \% = \sqrt{U_{к\%}^2 - U_{ка\%}^2} \quad (10)$$

В выражение (9) подставляют значения $\beta_i = 0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,25$ и находят соответствующие им значения ΔU_1 . На основании данных расчетов строят график $\Delta U_1 = f(\beta)$.

Для построения внешней характеристики трансформатора $U_2 = f(\beta)$ при $U_1 = \text{const}$ и $\cos \varphi_2 = \text{const}$ находят значение величины вторичного напряжения U_2 с учетом характера нагрузки (столбец 10) при рассматриваемых выше значениях β_i , т. е. $U_{2i} = U_{2н\%} - \Delta U_i, \%$. На основании полученных данных строят график $U_2 = f(\beta)$.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия трансформаторов.
2. Почему магнитопровод трансформатора набирается из листовой или рулонной трансформаторной стали?
3. Почему в трехфазном трехстержневом трансформаторе токи холостого хода крайних фаз больше тока средней фазы?
4. Как влияет величина зазора между стержнем и ярмом на величину тока холостого хода?
5. Почему при чисто активной нагрузке, подключенной к трансформатору, коэффициент мощности в первичной цепи меньше единицы?
6. Напишите выражение ЭДС, индуцируемой в обмотке.
7. Что такое коэффициент трансформации и как он определяется?
8. Каковы формы кривой тока холостого хода у силовых и измерительных трансформаторов?
9. Изменится ли основной магнитный поток в стержнях трансформатора при увеличении нагрузки от холостого хода до полной? Если изменится, то как и почему?
10. Что такое поля рассеяния обмоток и как они влияют на работу трансформатора?
11. Что такое напряжение короткого замыкания двухобмоточного трансформатора и как его определяют?

12. Произведите приведение параметров вторичной обмотки g_2 , x_2 , Z_2 и Z_H к первичной обмотке.

13. Изобразите Т-образную схему замещения трансформатора и объясните, как опытным путем определить ее параметры.

14. Начертите схемы и сравните трехфазные трансформаторы при соединении их обмоток $Y/Y—O$, $Y/Y_H—O$, $Y/\Delta—11$ и $Y/Z—11$.

15. Объясните работу трансформатора с обмоткой, включенной по схеме зигзаг, его преимущества и недостатки.

16. В каких случаях применение автотрансформаторов экономичнее применения двухобмоточных трансформаторов?

17. Каковы условия включения трехфазных трансформаторов на параллельную работу?

18. Какие потери мощности имеет трансформатор при холостом ходе и при нагрузке, как их определить расчетом и опытом?

19. Как вычислить КПД трансформатора и при какой нагрузке он имеет максимальное значение?

20. Постройте векторные диаграммы трансформатора при холостом ходе, при активно-индуктивной, активно-емкостной нагрузках.

21. Какие специальные типы трансформаторов вы знаете?