

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

« 31 » марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.19 Электрические машины

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (код и наименование направления подготовки / специальности)
Направленность(профиль):	Электрические станции (наименование профиля / магистерской программы /специализации)
Программа:	бакалавриат (бакалавриат, магистратура, специалитет)
Форма обучения:	очная, заочная (очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр	4/5	6/7
Общая трудоёмкость в з.е./часах	8,5/306	8,5/306
Контактная работа (час.), в том числе	127	34
лекции (час.)	68	12
лабораторные работы (час.)	51	8
практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе	125	236
курсовая работа (семестр/час.)	5/27	7/27
Контроль (экзамен, час./зачёт)	4сем., зачёт; 5сем.,экз.,54ч.	6сем., зачёт; 7сем.,экз.,36ч.

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины Электрические машины составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» для бакалавриата направленность(профиль) «Электрические станции» для 2023 года приёма.

Составитель:

доцент кафедры

«ЭМиТОЭ» к.т.н., доцент



Г.В. Демченко

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электромеханика и теоретические основы электротехники».

Протокол от «13» 03 2023 года № 7

Заведующий кафедрой



Е.А. Журавель

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Электрические станции».

Протокол от «14» 03 2023 года № 7

Заведующий кафедрой



С.Н. Ткаченко

(подпись)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДонНТУ» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от «23» 03 2023 года № 3

Председатель



С.Н. Ткаченко

(подпись)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электромеханика и ТОЭ».

Протокол от « » 20__ года №

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Электрические станции».

Протокол от « » 20__ года №

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Электрические машины» рассматривает вопросы электромеханического преобразования энергии в электрических машинах, устройство и физические процессы в них, электромагнитные параметры и характеристики, режимы работы и основные способы управления электрическими машинами.

Цель дисциплины – изучение и углубленное усвоение фундаментальных знаний в области электромагнитных явлений, которые лежат в основе работы электрических машин и трансформаторов, и их применение при анализе режимов работы электрических машин, которые широко используются в практической работе специалистов в области электромеханики.

Объектом изучения дисциплины являются электромеханические преобразователи энергии, физические основы их работы, характеристики и электромагнитные параметры схем замещения.

Задачи дисциплины – научить студентов: основам конструкции и рабочих свойств основных типов электрических машин общего и специального назначения; основам математического описания процессов электромагнитного преобразования энергии в стационарных и переходных режимах; методикам анализа работы электрических машин в различных режимах работы; отличительным особенностям конструкции и характеристик электрических машин автоматических устройств, вентильных двигателей и др.; основным принципам проектирования, конструирования, изготовления и эксплуатации оборудования, обеспечению энергосбережения и энергоэффективности, надежности и безопасности эксплуатации; методикам выбора электрических машин для электротехнических механизмов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: классификацию, конструкцию, принцип действия и назначение основных типов электрических машин и трансформаторов; физические основы их работы, методы математического описания режимов работы; параметры и схемы замещения электрических машин и трансформаторов; характеристики электрических машин и трансформаторов; преимущества, недостатки и область применения различных типов электрических машин и трансформаторов;

уметь: пользоваться основными аналитическими выражениями и уравнениями при решении практических задач по описанию и анализу режимов работы электродвигателей, генераторов и трансформаторов; выполнять испытания электрических машин и трансформаторов; используя условия работы и особенности эксплуатации технологического оборудования анализировать и описывать установившиеся и переходные процессы в системах, которые имеют в своем составе электрические машины и трансформаторы;

владеть: методиками определения параметров и характеристик основных типов электрических машин и трансформаторов; алгоритмами выбора электрических машин для различных технологических условий их эксплуатации.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующей компетенции: ОПК 4.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к циклу профессиональных дисциплин базовой части учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: высшая математика, общая физика и теоретические основы электротехники, которые обеспечивают основу для изучения дисциплины «Электрические машины».

Дисциплина «Электрические машины» обеспечивает формирование знаний, необходимых при анализе режимов работы электрических машин и трансформаторов при изучении последующих дисциплин профессионального направления: электрические системы и сети, электрические аппараты и другие электротехнические дисциплины.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)			
	Всего	В том числе		
		Лекции	Лабор.	СРС
Тема 1. Трансформаторы	54/50	14/2	8/2	32/46
Тема 2. Общие вопросы теории электрических машин	7/12	2/1	0/0	5/11
Тема 3. Общие вопросы машин переменного тока	9/12	2/1	2/0	5/11
Тема 4. Синхронные машины	59/51	16/2	7/2	36/47
Тема 5. Асинхронные машины	43/49	16/2	18/2	9/45
Тема 6. Машины постоянного тока	41/49	16/2	16/2	9/45
Тема 7. Режимы нагрузки электрических машин	4/6	2/2	0/0	2/4
Контактная работа (дополнительная)	8 /14			
Курсовая работа	27/27			27/27
Итого по видам занятий	252/270	68/12	51/8	125/236
Контроль	54/36			
Итого:	306			

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ОПК-4	Темы 1-7

3.2 Лекции

Тема 1. Трансформаторы.

Содержание темы 1:

Общие вопросы теории электрических машин (ЭМ). Роль и значение электрических машин в современной электротехнике и электроэнергетике. Краткие исторические сведения по развитию ЭМ. Основные виды ЭМ, их устройство и принцип действия. Классификация ЭМ.

Устройство и принцип действия трансформатора. Классификация. Принцип действия трансформатора. Формула электродвижущей силы (ЭДС). Коэффициент трансформации. Уравнения магнитодвижущих сил (МДС). Физические процессы в трансформаторе при холостом ходе.

Приведение вторичных величин к первичным (к первичной обмотке) на основе инвариантности мощности. Векторная диаграмма и Т-образная схема замещения с учетом потерь в магнитопроводе трансформатора. Определение параметров схемы замещения по опытам холостого хода и короткого замыкания. Векторная диаграмма трансформатора при холостом ходе. Короткое замыкание трансформаторов: эксплуатационное и опытное. Векторная диаграмма трансформатора при коротком замыкании. Параметры короткого замыкания. Характеристики короткого замыкания.

Работа трансформаторов под нагрузкой. Основные расчетные формулы. Векторная диаграмма при активно-индуктивной нагрузке. Упрощенная схема замещения и векторная диаграмма трансформатора. Изменение напряжения трансформатора при нагрузке. Внешние характеристики. Энергетическая диаграмма активной мощности трансформатора. Потери и коэффициент полезного действия (КПД) трансформатора. Зависимость КПД от нагрузки. Условия получения максимального КПД.

Трехфазные трансформаторы. Схемы соединения обмоток. Особенности холостого хода трехфазных трансформаторов. Группы соединения обмоток трансформатора. Способы определения групп соединения обмоток трансформатора.

Параллельная работа трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. Оценка возможности появления уравнивающих токов. Распределение нагрузки между параллельно работающими трансформаторами при: разных коэффициентах трансформации; разных напряжениях короткого замыкания. Несимметричная нагрузка трехфазных трансформаторов.

Специальные трансформаторы. Автотрансформаторы. Преимущества и недостатки автотрансформаторов. Области применения. Многообмоточные трансформаторы. Основные уравнения напряжений трехобмоточного трансформатора, схемы замещения. Области применения.

Сварочные трансформаторы. Трансформаторы для преобразования частоты и числа фаз. Трансформаторы для питания выпрямительных установок. Пик-трансформаторы. Регулирование напряжения в трансформаторах. Принципы регулирования. Схемы регулирования напряжения трансформатора с отключением от сети и под нагрузкой.

Переходные процессы в трансформаторах. Особенности работы трансформатора во время его включения к сети с разомкнутой вторичной системой. Внезапное короткое замыкание на выводах вторичной обмотки трансформатора. Ударный ток КЗ. Электродинамические силы при внезапном коротком замыкании.

Литература к теме 1: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#).

Тема 2. Общие вопросы теории электрических машин

Содержание темы 2:

Понятие об электромеханическом преобразовании энергии. Математическое описание электромагнитного и электрического поля. Основные законы электромеханики.

Электромеханический преобразователь. Уравнения электромеханического преобразования энергии. Обобщенный электромеханический преобразователь. Уравнения обобщенной электрической машины в неподвижной системе координат α, β . Уравнения обобщенной электрической машины в системе координат d, q . Параметры электрических машин.

Литература к теме 2: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#).

Тема 3. Общие вопросы машин переменного тока.

Содержание темы 3:

Конструктивные схемы и устройство машин переменного тока. Принцип действия. Классификация машин переменного тока. Основные принципы создания обмоток машин переменного тока. Классификация обмоток машин переменного тока.

ЭДС обмоток машин переменного тока. ЭДС витка. ЭДС катушки. Коэффициент укорочения. Обмоточный коэффициент. ЭДС фазы. Улучшение формы кривой ЭДС. Высшие гармоники и их подавление. Скос пазов. МДС обмоток машин переменного тока. МДС катушки. МДС трехфазной обмотки. Принцип создания вращающегося магнитного поля.

Литература к теме 3: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#).

Тема 4. Синхронные машины.

Содержание темы 4:

Общие вопросы синхронных машин (СМ). Назначение и роль СМ как преобразователей энергии. Устройство СМ. Явнополюсные и неявнополюсные СМ. Системы возбуждения СМ.

Принцип действия СМ в режиме генератора. Основные способы охлаждения СМ. Автономная работа синхронного генератора при симметричной нагрузке. Реакция якоря синхронного генератора (СГ).

Поперечное и продольное поле якоря. Коэффициенты приведения продольной и поперечной МДС якоря к МДС обмотки возбуждения

Уравнения напряжений и векторные диаграммы СГ без учета насыщения и с учетом насыщения. Определение номинального тока возбуждения и изменения напряжения при сбросе нагрузки.

Характеристики СГ: характеристика холостого хода (XXX), нормальная XXX. Характеристика трехфазного короткого замыкания СГ. Отношение короткого замыкания (ОКЗ) синхронного генератора. Нагрузочная характеристика при индуктивной нагрузке. Внешние и регулировочные характеристики СГ.

Параллельная работа синхронных генераторов. Условия подключения СГ на параллельную работу. Электромагнитная мощность СМ и угловые характеристики. Статическая устойчивость. Динамическая устойчивость. Перегрузочная способность.

Работа СМ при постоянной активной мощности и переменном возбуждении. U-образные характеристики СГ. Регулирование активной и реактивной мощности.

Синхронные двигатели. Способы пуска трехфазного синхронного двигателя (СД). Пусковой, максимальный и входной в синхронизм моменты. Уравнения и векторные диаграммы СД. U-образные и угловые характеристики СД. Рабочие характеристики СД.

Переходные режимы в синхронных машинах. Переходный процесс при внезапном симметричном коротком замыкании обмоток статора СГ. Переходные процессы в обмотке возбуждения и в успокоительной обмотке.

Сверхпереходной и переходной процессы. Электродинамические силы и моменты при внезапном симметричном коротком замыкании.

Несимметричные режимы СМ. Однофазное и двухфазное КЗ синхронных машин. Колебания и динамическая устойчивость СМ.

Специальные синхронные машины. Заключительная лекция.

Литература к теме 4: [1, 2, 3].

Тема 5. Асинхронные машины.

Содержание темы 5:

Общие вопросы асинхронных машин (АМ). Устройство и принцип действия асинхронного двигателя (АД). Области применения АД. Конструкция обмоток статора и ротора. Частота вращения магнитного поля статора. Частота вращения ротора. Скольжение.

Режимы работы АМ. Работа АМ в двигательном режиме, в режиме генератора и электромагнитного тормоза. Работа асинхронной машины при заторможенном роторе. Основные уравнения, сравнение с трансформатором. Индукционный регулятор. Фазорегулятор. Работа асинхронной машины при вращающемся роторе. Основные уравнения. ЭДС и ток в обмотке ротора. Частота тока ротора.

Приведение параметров ротора к параметрам статора. Основные уравнения напряжений и токов АМ, векторная диаграмма АД. Схемы замещения асинхронной машины: Т-образная, Г-образная, упрощенная.

Энергетическая диаграмма асинхронной машины. Электромагнитная мощность. Электромагнитный вращающийся момент АД. Анализ механических характеристик АД. Устойчивость работы АД с механизмом. Уравнение

электромагнитного момента АД в относительных единицах, формула Клосса. Построение графиков механических характеристик по каталожным данным. Потери и КПД асинхронного двигателя. Рабочие характеристики АД.

Обоснование круговой диаграммы АД. Определение параметров схемы замещения АД и построение круговой диаграммы по данным опытов холостого хода и короткого замыкания АД. Построение графиков рабочих характеристик АД с помощью круговой диаграммы.

Основные проблемы пуска АД. Пусковые характеристики. Пуск в ход АД с фазным ротором. Пуск в ход АД с короткозамкнутым ротором. Улучшение пусковых характеристик АД с короткозамкнутым ротором (двигатели с глубокими пазами на роторе, двигатели с двухклеточным ротором). Регулирование частоты вращения АД: изменением частоты питающего напряжения; изменением числа пар полюсов; изменением скольжения: за счет введения в цепь ротора добавочного сопротивления, за счет изменения величины напряжения на статоре, за счет введения добавочной ЭДС в цепь ротора. Способы электрического торможения АД.

Работа асинхронных машин в ненормальных, несимметричных и особых режимах. Работа АД в ненормальных режимах: при отклонении частоты питания от номинального значения; при отклонении напряжения питания от номинального значения; при несинусоидальном напряжении. Работа АД в несимметричных режимах: обрыв линейного провода; обрыв фазы статора, обмотка которого соединена в "треугольник" (работа в открытый треугольник); обрыв фазы ротора.

Специальные асинхронные машины. Работа асинхронной машины в режиме генератора. Асинхронный преобразователь частоты. Устройство и принцип действия однофазных АД. Работа трехфазного АД от однофазной сети. Управляемые (исполнительные) АД. Линейные асинхронные двигатели.

Литература к теме 5: [1, 2, 3].

Тема 6. Машины постоянного тока.

Содержание темы 6:

Общие сведения по машинам постоянного тока. Устройство и принцип действия машин постоянного тока в режиме генератора и двигателя. Основные элементы конструкции машин постоянного тока. Принцип образования обмоток машин постоянного тока, их классификация.

Магнитное поле в воздушном зазоре машины при холостом ходе. Магнитная цепь машины постоянного тока. Характеристика намагничивания машины. Магнитное поле при нагрузке машины. Реакция якоря. Электромагнитный момент машин постоянного тока. Основы теории коммутации.

Генераторы постоянного тока. Классификация по способам возбуждения. Энергетическая диаграмма. Генератор с независимым возбуждением. Характеристики: холостого хода, нагрузочная, внешняя, регулировочная, короткого замыкания.

Генераторы с самовозбуждением. Принцип самовозбуждения. Условия самовозбуждения генераторов параллельного и смешанного возбуждения.

Характеристики этих генераторов. Области применения. Параллельная работа генераторов постоянного тока.

Двигатели постоянного тока. Устройство и принцип действия двигателя постоянного тока. Классификация. Основные уравнения. Энергетическая диаграмма. Потери и КПД.

Моментные, скоростные (частотные), механические и рабочие характеристики двигателя с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Проблемы пуска двигателей постоянного тока.

Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока: введением сопротивления в цепь якоря; изменением магнитного потока; изменением напряжения, которое подводится к якорю. Электрическое торможение двигателей постоянного тока.

Специальные машины постоянного тока. Микродвигатели постоянного тока. Исполнительные двигатели постоянного тока. Специальные генераторы постоянного тока.

Литература к теме 6: [1, 2, 3].

Тема 7. Режимы нагрузки электрических машин.

Содержание темы 7:

Режимы нагрузки электрических машин. Нагревание и охлаждение электрических машин. Заключительная лекция.

Литература к теме 7: [1, 2, 3].

3.3 Практические занятия

Практические занятия учебным планом дисциплины «Электрические машины» не предусмотрены.

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн./заочн.	Литера тура
Семестр пятый / шестой / шестой			
1	Исследование трансформатора в режиме холостого хода	2/1	[4]
2	Определение параметров и характеристик трансформатора	2/1	[4]
3	Определение групп соединения обмоток трансформаторов	2/1	[4]
4	Исследование параллельной работы трансформаторов	2/0	[4]
5	Выполнение обмоток статора и ротора машин переменного тока	2/0	[6]
6	Исследование трехфазного синхронного генератора при автономной работе	2/1	[5]
7	Определение параметров синхронного генератора	2/1	[5]
8	Исследование работы синхронного генератора параллельно с мощной сетью	2/1	[5]
9	Заключительное занятие. Защита отчетов	1/0	
	<i>Итого за семестр:</i>	17/6	
10	Изучение конструкции асинхронного двигателя	2/0	[1, 2, 3]
11	Исследование трехфазной асинхронной машины при холостом ходе	2/0	[6]

12	Рабочие характеристики асинхронного двигателя	2/1	[6]
13	Прием и защита отчетов по асинхронным машинам	2/0	
14	Определение параметров схемы замещения и круговая диаграмма асинхронной машины	2/0	[6]
15	Исследование режима пуска асинхронных двигателей	2/0	[6]
16	Исследование несимметричных режимов работы асинхронных двигателей	2/0	[6]
17	Заключительное занятие по асинхронным машинам. Защита отчетов	2/0	
18	Изучение конструкции машины постоянного тока	2/0	[1, 2, 3]
19	Исследование машины постоянного тока. Определение сопротивлений обмоток	2/0	[7]
20	Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением	2/0	[7]
21	Исследование генераторов постоянного тока с самовозбуждением	2/1	[7]
22	Прием и защита отчетов по машинам постоянного тока	2/0	
23	Исследование параллельной работы генераторов постоянного тока	2/0	[7]
24	Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением	2/0	[7]
25	Исследование двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением	2/0	[7]
26	Заключительное занятие. Защита отчетов.	2/0	
	<i>Итого за семестр:</i>	34/2	
Итого:		51/8	

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн./заочн.
1	Изучение лекционного материала	45/100
2	Подготовка к лабораторным работам	34/66
3	Выполнение курсовой работы	36/36
4	Выполнение индивидуального задания	-/12
Итого:		115/214

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовая работа по дисциплине связана с самостоятельным выполнением этапов расчета синхронного турбогенератора, которые не рассматриваются на лекциях и лабораторных занятиях и изучаются студентом самостоятельно в соответствии с [8]. Объем учебной нагрузки при выполнении курсовой работы – 36 часов.

Индивидуальное задание предусмотрено для студентов заочной формы обучения. Тематика индивидуального задания связана с самостоятельным выполнением расчетной работы в соответствии с [3]. Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 12 часов.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой производственный опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

1. Конструкция однофазных и трёхфазных трансформаторов
2. Магнитные, проводниковые и электроизоляционные материалы, применяемые в трансформаторах.
3. Принцип действия и ЭДС обмоток трансформатора. Коэффициент трансформации
4. Основные уравнения трансформатора.
5. Понятие приведённого трансформатора и его уравнения.
6. Схемы замещения трансформатора
7. Векторная диаграмма трансформатора при активно-индуктивной нагрузке
8. Векторная диаграмма трансформатора при активно-ёмкостной нагрузке
9. Определение параметров схемы замещения трансформатора по опытам холостого хода и короткого замыкания

10. Внешние характеристики трансформаторов при изменении величины и характера нагрузки
11. Потери мощности и к.п.д. трансформатора.
12. Маркировка выводов, схемы соединения обмоток трёхфазных трансформаторов
13. Группы соединения обмоток трёхфазных трансформаторов.
14. Сравнительная характеристика основных типов электрических машин переменного тока
15. Получение вращающегося магнитного поля в многофазных электрических машинах
16. Устройство и принцип действия асинхронных машин
17. Режимы работы асинхронной машины
18. Физические процессы в асинхронной машине с неподвижным ротором
19. Физические процессы в асинхронной машине с вращающимся ротором
20. Приведение ЭДС, токов и сопротивлений ротора к обмотке статора
21. Схемы замещения асинхронных машин
22. Уравнение электромагнитного момента асинхронной машины
23. Анализ механических характеристик асинхронной машины
24. Построение механических характеристик асинхронных машин по каталожным данным
25. Режим генераторного торможения асинхронной машин
26. Режимы электромагнитного торможения асинхронных машин
27. Асинхронные двигатели с фазным ротором
28. Асинхронные двигатели с глубокопазым ротором
29. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей изменением частоты
30. Полусопереключаемые асинхронные двигатели
31. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей изменением скольжения
32. Характеристики асинхронных двигателей при отклонениях питающего напряжения
33. Частотное регулирование скорости АД
34. Работа асинхронного двигателя от однофазной сети
35. Конструкция и принцип действия синхронных машин
36. Реакция якоря в неявнополюсных синхронных генераторах
37. Реакция якоря в явнополюсных синхронных генераторах
38. Характеристики холостого хода и короткого замыкания синхронных генераторов
39. Уравнения и векторная диаграмма ЭДС и напряжений неявнополюсных синхронных генераторов
40. Уравнения и векторная диаграмма ЭДС и напряжений явнополюсных синхронных генераторов
41. Внешние и регулировочные характеристики синхронных генераторов
42. Принцип действия и основные характеристики синхронных двигателей
43. Способы пуска синхронных двигателей
44. Принцип действия и режимы работы синхронных компенсаторов

45. Угловые характеристики синхронных машин
46. Статическая устойчивость синхронных генераторов
47. Устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока
48. Преобразования энергии в машинах постоянного тока. Принцип обратимости.
49. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент машины постоянного тока.
50. Принцип действия генераторов постоянного тока самовозбуждением.
51. Генераторы постоянного тока с независимым и смешанным возбуждением
52. Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока с независимым возбуждением.
53. Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением.
54. Режимы электрического торможения двигателей постоянного тока с независимым возбуждением.
55. Способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.
56. Специальные электрические машины.

4.3 Пример экзаменационного билета

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Уровень высшего профессионального образования:	Бакалавриат (бакалавриат, специалитет, магистратура)
Направление подготовки (специальность):	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (код, название)
Профиль:	Электрические станции (название)
Семестр:	4
Учебная дисциплина:	Электрические машины

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Изменится ли основной магнитный поток и ток холостого хода, если трансформатор включить в сеть с частотой больше или меньше номинальной?
2. Проанализируйте порядок включения трансформаторов на параллельную работу. Какие условия включения и как они выполняются? Как происходит распределение нагрузки между трансформаторами, если они имеют разные напряжения короткого замыкания.
3. Объясните устройство и принцип действия синхронного генератора.
4. Приведите уравнение угловой характеристики синхронного генератора с явно выраженными полюсами на роторе. Проанализируйте график этой характеристики. Что такое статическая устойчивость синхронного генератора?
5. Определите электрическую мощность автотрансформатора и приведите схему автотрансформатора. Напряжение $U_2 = 1000$ В и ток $I_2 = 50$ А, количество витков $W_1 = 1000$ и $W_2 = 800$.
6. Определите номинальный вращающий момент, ток якоря, активную и реактивную мощности, которые потребляет из сети шестиполусный синхронный двигатель с номинальной мощностью $P_H = 6300$ кВт, если номинальное напряжение сети $U_H = 6$ кВ, частота $f = 50$ Гц, коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,9$, КПД $\eta = 0,97$.

4.4 Критерии оценивания

Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе выполнения лабораторных работ. Правильный ответ на вопрос теоретической части курса оценивается в 15 баллов. Если в ответе допущены неточности либо при неполном ответе, оценка уменьшается на 5 баллов. В случае неверного ответа на теоретический вопрос обучающийся получает за него ноль баллов.

Правильно решенная задача оценивается 20 баллов. Если в решении есть несущественные неточности, не повлиявшие на результат, максимальная оценка уменьшается на 5 баллов. Если не указаны или неверно указаны единицы измерения физических величин, допущены погрешности в вычислениях, оценка снижается на 10 баллов. При неполном решении с ошибками в вычислениях оценка составляет 5 баллов. При отсутствии выполнения задания обучающийся получает ноль баллов.

Полученные баллы за ответы на вопросы и задачи билета суммируются, итоговая оценка выводится по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	отлично
80-89	B	хорошо
75-79	C	
70-74	D	удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	неудовлетворительно
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.5 Пример текущего опроса на лабораторных занятиях

На примере темы «Исследование трансформатора в режиме холостого хода»

Билет №1

1. С какой целью магнитопровод трансформатора выполняется из отдельных пластин, изолированных друг от друга?

Варианты ответа:

- а) для облегчения магнитопровода; б) для уменьшения потерь в обмотках;
в) для уменьшения вихревых токов; г) для повышения E_2 .

2. От чего зависит величина активной мощности трансформатора при конкретной силе тока?

Варианты ответа:

- а) от коэффициента трансформации; б) от напряжения;
в) от потерь мощности трансформатора; г) от характера нагрузки.

3. На какие напряжение и ток рассчитана первичная обмотка лабораторного трансформатора согласно паспортным данным?

Варианты ответа:

а) $U=380\text{ В}$, $I=3,8\text{ А}$;

б) $U=220\text{ В}$, $I=3,8\text{ А}$;

в) $U=220\text{ В}$, $I=6,65\text{ А}$;

г) $U=380\text{ В}$, $I=6,65\text{ А}$.

4. Какую из обмоток можно промаркировать методом пробной звезды в данной работе?

Варианты ответа:

а) первичную;

б) вторичную;

в) первичную и вторичную;

г) дополнительную.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

І Основная литература

1. Усольцев, А.А. Электрические машины [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Усольцев Александр Анатольевич ; А.А. Усольцев ; С.-Пб. нац. исслед. ун-т инф-ц. технологий, механики и оптики. – 23 Мб. – Санкт-Петербург : ИТМО, 2013. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. URL: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9935.pdf>

ІІ Дополнительная литература

2. Игнатович, В. М. Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 182 с. <https://www.iprbookshop.ru/34738.html>
3. Апухтин, А.С. Электрические машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / А.С. Апухтин ; ГОУ ВПО «ДонНТУ». – 90 Мб.– Донецк : ДонНТУ, 2016. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/cd4505.pdf>

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины». Раздел «Трансформаторы» [Электронный ресурс] / Составители А.С. Апухтин, Г.В. Демченко : ГОУ ВПО «ДонНТУ», Каф. Электромеханики и ТОЭ. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДонНТУ, 2017. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/m4921.pdf>
5. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины». Раздел «Синхронные машины» [Электронный ресурс] / Составители А.С. Апухтин, Г.В. Демченко : ГОУ ВПО «ДонНТУ», Каф. Электромеханики и ТОЭ. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДонНТУ, 2017. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/m4922.pdf>

6. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины». Раздел «Асинхронные машины» [Электронный ресурс] / Составители А.С. Апухтин, Г.В. Демченко : ГОУ ВПО «ДонНТУ», Каф. Электромеханики и ТОЭ. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДонНТУ, 2017. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/m4920.pdf>
7. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины». Раздел «Машины постоянного тока» [Электронный ресурс] / Составители А.С. Апухтин, Г.В. Демченко : ГОУ ВПО «ДонНТУ», Каф. Электромеханики и ТОЭ. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДонНТУ, 2017. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/m4923.pdf>
8. Методические рекомендации по электрическим машинам к курсовой работе «Расчет турбогенератора» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль подготовки «Электрические станции») [Электронный ресурс] / Составитель Г.В. Демченко : ГОУ ВПО «ДОННТУ», Каф. Электромеханики и ТОЭ. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: через личный кабинет студента.

Электронно-информационные ресурсы
ЭБС ДонНТУ – <http://donntu.org/library>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Лекционные занятия:

Учебная аудитория №1.003, учебный корпус 1, для проведения занятий лекционного типа и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: ноутбук, мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

7.2 Лабораторные работы:

Лаборатория электрических машин №1.003, оснащена испытательными стендами в составе испытательных и нагрузочных электрических машин, соединенных между собой механически с помощью пальчиковых полумуфт; выводы от машин находятся на рабочей панели, на этой же панели находятся выводы от измерительных приборов и пуско-регулирующей аппаратуры (реостаты однофазный и трехфазный, автотрансформатор и индукционный регулятор), а также выводы от автоматов питания как переменным, так и постоянным током; выше рабочей панели находится панель с измерительными приборами и автоматами питания; ниже рабочей панели находятся рукоятки пуско-регулирующей аппаратуры; всего 8 рабочих мест по разделам «Трансформаторы»,

«Асинхронные машины» и «Машины постоянного тока» и 6 рабочих мест по разделу «Синхронные машины», что позволяет проводить фронтальные лабораторные работы – все студенты выполняют побригадно одну и ту же работу.

По выполненным лабораторным работам студент составляет отчеты. Отчёт оформляется на листах формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми кафедрой электромеханики и ТОЭ к отчётам о лабораторных работах. Защита отчётов происходит публично на аудиторном занятии преподавателю, ведущему занятия. Имеются бланки отчётов о лабораторных работах на электронном носителе.

7.3 Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС – Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux – лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox – лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) – лицензия GNU GPL).