



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной физики, электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Электрические машины

направление подготовки/специальность 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Форма обучения заочная

Санкт-Петербург, 2023

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины является формирование у студентов теоретических и практических знаний в области основных принципов действия, устройства и эксплуатации электрических машин.

Задачами освоения дисциплины является привитие студенту определенного, предусмотренного государственным стандартом и учебной программой комплекса знаний и умений в области электрических машин, позволяющих ему решать практические и исследовательские задачи, связанные с проектированием электрических машин, их выбором, испытанием и эксплуатацией.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-4.5 Осуществляет анализ установившихся режимов работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик	<b>знает</b> соответствующий физико-математический аппарат и современные методы анализа и средства расчета установившихся и переходных процессов в электрических и магнитных цепях, устройство и принцип действия трансформаторов, машин постоянного тока, асинхронных и синхронных машин, а также их характеристики, режимы работы, способы пуска и регулирование скорости, области применения <b>умеет</b> составлять и читать схемы электрических и электронных цепей. оценивать рабочие характеристики электродвигателей, обрабатывать результаты экспериментов в соответствии с техническим заданием <b>владеет</b> методами анализа и синтеза электрических схем и устройств на основе законов теоретической электротехники, методами анализа вариантов и прогнозирования последствий принятия решений, связанных с проектированием, выбором, эксплуатацией и испытаниями электрических машин, навыками работы с технической и справочной литературой

## 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.22 основной профессиональной образовательной программы 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Информационные технологии	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, УК-1.1, УК-1.2, УК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3



1.1.	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин.	2	0,5						10	10,5	ОПК-4.5
1.2.	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития ЭМ.	2	0,5						10	10,5	ОПК-4.5
2.	2 раздел. Трансформаторы										
2.1.	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора.	2	0,5						8	8,5	ОПК-4.5
2.2.	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания. Специальные виды трансформаторов.	2	0,5						10	10,5	ОПК-4.5
3.	3 раздел. Машины постоянного тока (МПТ)										
3.1.	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах. Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	2	1						15	16	ОПК-4.5
3.2.	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	2	1						15	16	ОПК-4.5
4.	4 раздел. Общие вопросы теории и устройства синхронных и асинхронных машин.										
4.1.	Фазные обмотки реальных трехфазных асинхронных и синхронных машин.	3	0,5						13	13,5	ОПК-4.5
4.2.	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного то-ка.	3	0,5						13	13,5	ОПК-4.5
5.	5 раздел. Асинхронные машины (АМ)										
5.1.	Устройство и физические основы функционирования асинхронной машины в двигательном и тормозном режимах.	3	0,5						14	14,5	ОПК-4.5

5.2.	Математическое описание установившихся процессов в электрических цепях АМ.	3	0,5					13	13,5	ОПК-4.5
5.3.	Уравнения электромеханической и механической характеристик АМ.	3	0,5			2		14	16,5	ОПК-4.5
5.4.	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД).	3	1		2		4	14	21	ОПК-4.5
5.5.	Способы пуска асинхронных двигателей.	3	1				2	13	16	ОПК-4.5
5.6.	Общие сведения о специальных конструкциях АД.	3	0,5					13	13,5	ОПК-4.5
6.	6 раздел. Синхронные машины									
6.1.	Устройство и физические основы функционирования СМ в генераторном и двигательном режимах.	3	0,5				2	13	15,5	ОПК-4.5
6.2.	Основные виды векторных диаграмм и характеристики синхронных генераторов.	3	0,5				2	14	16,5	ОПК-4.5
6.3.	Синхронные двигатели (СД)	3	0,5		2		2	14	18,5	ОПК-4.5
6.4.	Общие сведения о специальных синхронных двигателях.	3	0,5				2	13,7 5	16,25	ОПК-4.5
6.5.	Способы охлаждения электрических машин.	3	1					12	13	ОПК-4.5
7.	7 раздел. Иная контактная работа									
7.1.	Иная контактная работа.	3							1,25	ОПК-4.5
8.	8 раздел. Контроль									
8.1.	Экзамен	3							13	ОПК-4.5

#### 5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин.	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин Особенности конструкции электрических машин постоянного и переменного тока. Классификация частей машины по назначению. Общие сведения о режимах работы и рабочих характеристиках электрических машин.
2	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития ЭМ. Технические требования к конструкции электрических машин (по способам монтажа, защиты от внешних воздействий, охлаждения, уменьшения уровня шума и др.). Основные направления развития электромашиностроительной отрасли.

	ЭМ.	
3	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора.	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора. Режим холостого хода трансформатора, уравнения ЭДС и МДС. Характеристика намаг-ничивания трансформатора. Уравнения трансформатора при холостом ходе в комплексной форме. Потери при холо-стом ходе. Уравнения трансформатора при нагрузке. Векторная диаграмма трансформатора. Электрическая схема замещения трансформатора. Экспериментальное определение параметров и потерь трансформатора (опыты холосто-го хода и короткого замыкания). Изменение напряжения и КПД трансформатора при нагрузке. Рабочие характеристики трансформатора
4	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания. Специальные виды трансформаторов.	Трёхфазные трансформаторы. Специальные виды трансформаторов Способы трансформации трехфазных токов и напряжений (схемы, обозначения, основные соотношения). Группы соединения трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов. Общие сведения о переходных процессах при включении трансформаторов в сеть и при коротком замыкании на выводах вторичной обмотки. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
5	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах. Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах. Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ). Обратимая электрическая машина. ГПТ независимого, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Характеристики ГПТ: холостого хода, внешние и регулировочные. Тахогенераторы постоянного тока и их применение в качестве датчиков угловой скорости
6	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы. Классификация ДПТ по способу возбуждения и области применения. Способы пуска, реверса и регулирования частоты вращения, тормозные режимы, рабочие характеристики. Механические характеристики ДПТ при однозонном и двухзонном регулировании. Общие сведения о ДПТ с безпазовым и с печатным якорем.
7	Фазные обмотки реальных трехфазных асинхронных и синхронных машин.	Фазные обмотки реальных трехфазных асинхронных и синхронных машин. Фазные обмотки трехфазных асинхронных и синхронных машин. Схемы обмоток машин переменного тока (петлевые и волновые). Выбор типа и параметров обмотки. Основные принципы расчета магнитного поля многофазной обмотки как суммы полей систем катушек. Пульсирующие гармонические составляющие МДС фазы.
8	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного то-ка.	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного тока. Потокоцепления и ЭДС многофазной обмотки. Потокоцепления и ЭДС, образованные высшими гармоническими несинусоидальными вращающимися магнитными полями. Основные способы подавления высших гармонических в асинхронных и синхронных электрических машинах (укорочение шага обмотки, скос пазов).

9	Устройство и физические основы функционирования асинхронной машины в двигательном и тормозном режимах.	Устройство и физические основы функционирования асинхронной машины в двигательном и тормозном режимах. Конструкции АМ с короткозамкнутым и фазным ротором. Принципы создания вращающихся магнитных полей. Особенности возникновения электромагнитного момента АМ. Качественный анализ зависимостей тока в обмотке ротора и электромагнитного момента АМ от скольжения.
10	Математическое описание установившихся процессов в электрических цепях АМ.	Математическое описание установившихся процессов в электрических цепях АМ. Т-образная схема замещения асинхронной машины при неподвижном и вращающемся роторе. Уравнения электрического равновесия АМ. Векторные диаграммы для различных режимов работы асинхронной машины. Энергетические диаграммы АМ. КПД асинхронной машины. Рабочие характеристики и круговая диаграмма асинхронной машины.
11	Уравнения электромеханической и механической характеристик АМ.	Уравнения электромеханической и механической характеристик АМ. Вывод и анализ уравнения электромеханической характеристики АМ. Вывод и анализ уравнения механической характеристики АМ. Определение проектного значения электромагнитного момента АМ. Построение механической характеристики АМ по паспортным данным. Формула Клосса.
12	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД).	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД). Регулирование частоты вращения изменением угловой скорости вращающегося магнитного поля (изменением частоты напряжения статора). Регулирование частоты вращения АД изменением скольжения. Регулирование частоты вращения АД изменением числа пар полюсов обмотки статора.
13	Способы пуска асинхронных двигателей.	Способы пуска асинхронных двигателей. Прямой пуск АД (непосредственное подключение обмотки статора к сети). Пуск при пониженном напряжении, подаваемом на обмотку статора к сети. АД с глубокими пазами и двух-клеточные двигатели. Пуск АД с фазным ротором при подключении к обмотке ротора пусковых реостатов.
14	Общие сведения о специальных конструкциях АД.	Общие сведения о специальных конструкциях АД. Однофазные асинхронные двигатели. Асинхронные двигатели со сплошным ротором. Линейные АД. Асинхронные микромашины автоматических устройств. Асинхронные исполнительные двигатели. Асинхронные тахогенераторы. Вращающиеся трансформаторы. Сельсины. Фазорегуляторы.
15	Устройство и физические основы функционирования СМ в генераторном и двигательном режимах.	Устройство и физические основы функционирования синхронных машин. Устройство, принцип действия и классификация синхронных машин. Генераторный и двигательный режимы работы СМ. Конструктивные отличия явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин. Классификация систем возбуждения СМ. Магнитные поля и параметры обмоток возбуждения и якоря.
16	Основные виды векторных диаграмм и характеристики синхронных генераторов.	Основные виды векторных диаграмм и характеристики синхронных генераторов. Векторные диаграммы явнополюсного и неявнополюсного синхронных генераторов. Характеристики холостого хода, короткого замыкания; внешняя, регулировочная и нагрузочная. Параллельная работа синхронных генераторов с сетью.

17	Синхронные двигатели (СД)	Синхронные двигатели Конструктивные особенности, достоинства и недостатки синхронных двигателей. Векторные диаграммы, электромагнитный момент, угловая и механические характеристики, U-образная характеристика СД. Способы пуска и реверса СД.
18	Общие сведения о специальных синхронных двигателях.	Общие сведения о специальных синхронных двигателях. Синхронные двигатели с постоянными магнитами. Гистерезисные и шаговые двигатели. Их устройство и применение.
19	Способы охлаждения электрических машин.	Способы охлаждения электрических машин. Охлаждение трансформаторов. Естественное и принудительное охлаждение электродвигателей.

### 5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
12	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД).	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД). Выполнение практического задания. Построение искусственных механических характеристик АД при разных способах регулирования скорости вращения.
17	Синхронные двигатели (СД)	Электромагнитный момент, угловая и механические характеристики, U-образная характеристика СД. Способы пуска и реверса СД. Построение механических характеристик СД при разных способах регулирования скорости. Пусковые режимы СД.

### 5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
11	Уравнения электромеханической и механической характеристик АМ.	Исследование способов пуска асинхронного двигателя. Измерение пускового момента и пускового тока при разных способах пуска. Изучение методов ограничения пусковых моментов и токов.
12	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД).	Исследование способов регулирования частоты вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Построение механических характеристик при разных способах регулирования скорости АД
13	Способы пуска асинхронных двигателей.	Исследование режимов работы частотно-управляемого асинхронного двигателя. Экспериментальное исследование механических и регулировочных характеристик частотно-управляемых асинхронных двигателей.
15	Устройство и физические основы функционирования СМ в генераторном и двигательном режимах.	Определение параметров синхронной машины.
16	Основные виды векторных диаграмм и характеристики синхронных генераторов.	Исследование трехфазного синхронного генератора, включенного на параллельную работу с сетью Приобретение навыков в сборке схемы и включении синхронного генератора на параллельную работу с сетью методом точной синхронизации; изучение свойств синхронного генератора,



		включенного на параллельную работу.
17	Синхронные двигатели (СД)	Исследование трёхфазного синхронного генератора. подготовка отчета по лабораторной работе.
18	Общие сведения о специальных синхронных двигателях.	Исследование трехфазного синхронного двигателя Изучение устройства синхронного двигателя и приобретение навыков в сборке схемы, пуске и снятии данных для построения характеристик двигателя; получение сведений о свойствах трехфазных синхронных двигателей.

#### 5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин.	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин. Освоение теоретического материала. Изучение рабочих характеристик электрических машин.
2	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития ЭМ.	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Освоение теоретического материала. Изучение основных требований к конструкциям электрических машин.
3	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора.	Изучение основных режимов работы трансформатора. Особенности применения и эксплуатации однофазного трансформатора. Освоение изученного материала. Проведение расчета магнитных цепей. Подготовка отчета по лабораторной работе. Расчет и подготовка к защите курсового проекта.
4	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания. Специальные виды трансформаторов.	Трёхфазные трансформаторы. Параллельная работа трансформаторов. Основные переходные процессы в трансформаторах. Освоение теоретического материала. Требования к монтажу и эксплуатации трехфазных трансформаторов. Схема подключения трансформаторов при параллельной работе. Обоснование экономической эффективности корректного выбора мощности и схем подключения трансформаторов в трехфазных цепях. Подготовка курсового проекта.
5	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах. Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ). Освоение теоретического материала. Принцип действия генераторов постоянного тока. Виды генераторов.

6	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	Способы регулирования частоты вращения ДПТ. Освоение теоретического материала. Приобретение навыков расчета и построения необходимые характеристик электрических машин.
7	Фазные обмотки реальных трехфазных асинхронных и синхронных машин.	Разновидности схем обмоток электрических машин переменного тока. Освоение теоретического материала.
8	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного тока.	Основные способы подавления высших гармоник в машинах переменного тока. Освоение теоретического материала.
9	Устройство и физические основы функционирования асинхронной машины в двигательном и тормозном режимах.	Особенности асинхронных машин. Освоение теоретического материала. Связь между режимами АМ и скольжением. Подготовка к тестам.
10	Математическое описание установившихся процессов в электрических цепях АМ.	Схема замещения АМ Освоение теоретического материала, подготовка к тестам.
11	Уравнения электромеханической и механической характеристик АМ.	Анализ электромеханической характеристики асинхронного двигателя. Усвоение теоретического материала, подготовка отчета по лабораторной работе, подготовка к тестам.
12	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД).	Способы регулирования частоты вращения АД. Освоение теоретического материала, подготовка к тестам, подготовка отчета по лабораторной работе.
13	Способы пуска асинхронных двигателей.	Способы пуска асинхронных двигателей. Освоение теоретического материала, подготовка к тестам.
14	Общие сведения о специальных конструкциях АД.	Области применения и особенности функционирования специальных АД Освоение теоретического материала, подготовка к тестам.
15	Устройство и физические основы функционирования СМ в генераторном и двигательном режимах.	Принцип действия синхронных машин. Освоение теоретического материала, подготовка отчета по лабораторной работе, подготовка к тестам.
16	Основные виды векторных диаграмм и характеристики синхронных генераторов.	Основные характеристики синхронного генератора. Освоение теоретического материала, подготовка к тестам.
17	Синхронные двигатели (СД)	Определение рабочих характеристик синхронного двигателя Освоение теоретического материала, подготовка к тестам, подготовка

		отчета по лабораторной работе.
18	Общие сведения о специальных синхронных двигателях.	Области применения специальных синхронных двигателей. Освоение теоретического материала, подготовка к тестам.
19	Способы охлаждения электрических машин.	Охлаждение электрических машин Освоение теоретического материала.

## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к написанию курсового проекта;
- подготовка к зачету;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных, лабораторных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения практических заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям, курсового проекта в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;

выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;

ознакомиться с методическими рекомендациями к выполнению лабораторных работ;

подготовить отчеты по выполненным лабораторным и практическим работам;

ознакомиться с методическими рекомендациями к выполнению курсового проекта;

подготовить отчет по курсовому проекту;

подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины являются зачет с оценкой, защита курсового проекта, экзамен. Форма проведения зачета - устная. Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения экзамена – устная. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин.	ОПК-4.5	устный опрос
2	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития ЭМ.	ОПК-4.5	устный опрос.
3	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты.

	Схема замещения. Характеристики трансформатора.		
4	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания. Специальные виды трансформаторов.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты.
5	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах. Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	ОПК-4.5	устный опрос, тесты.
6	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты.
7	Фазные обмотки реальных трехфазных асинхронных и синхронных машин.	ОПК-4.5	устный опрос.
8	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного то-ка.	ОПК-4.5	устный опрос.
9	Устройство и физические основы функционирования асинхронной машины в двигательном и тормозном режимах.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты.
10	Математическое описание установившихся процессов в электрических цепях АМ.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты
11	Уравнения электромеханической и механической характеристик АМ.	ОПК-4.5	Устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе.
12	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей (АД).	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе.
13	Способы пуска асинхронных двигателей.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты.
14	Общие сведения о специальных конструкциях АД.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе.
15	Устройство и физические основы функционирования СМ в генераторном и двигательном режимах.	ОПК-4.5	устный опрос. ответы на тесты.
16	Основные виды векторных диаграмм и характеристики синхронных генераторов.	ОПК-4.5	устный опрос, ответы на тесты.
17	Синхронные двигатели (СД)	ОПК-4.5	устный опрос, ответы на тесты, отчет по лабораторной работе.
18	Общие сведения о специальных синхронных двигателях.	ОПК-4.5	устный опрос, ответы на тесты.
19	Способы охлаждения электрических машин.	ОПК-4.5	устный опрос.
20	Иная контактная работа.	ОПК-4.5	Курсовой проект. Вопросы к зачету
21	Экзамен	ОПК-4.5	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-4.5 на портале дистанционного обучения СПбГАСУ по адресу: <https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2378> размещены тестовые задания.

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания: - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки: - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безусловно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Принципы устройства и обмотки машин переменного тока.

2. Синхронные двигатели. Векторная диаграмма, угловая и механическая характеристики,

U–образная характеристика

3. Схемы обмоток машин переменного тока.

4. Электромагнитные процессы в явнополюсных и неявнополюсных СМ при холостом

ходе.

5. Общие сведения о синхронных машинах. Назначение, области применения,

конструкции.

6. Особенности расчета параметров короткозамкнутой обмотки АД.

7. Основная гармоническая составляющая индукции магнитного поля трехфазной

обмотки статора.

8. Электромагнитная мощность и электромагнитный момент СМ.

9. Высшие гармонические составляющие индукции вращающегося магнитного поля трехфазной обмотки статора.

10. Системы возбуждения СМ, их классификация.

11. Уравнения МДС, намагничивающий ток. Диаграмма напряжений и токов АД.

12. Электромеханическое преобразование энергии в генераторном режиме СМ. Потери и КПД.

13. ЭДС, индуцируемые вращающимися магнитными полями.

14. Характеристики СГ при автономной нагрузке (регулирующая, внешняя, х.к.з., нагрузочная).

15. Магнитное поле вращающейся обмотки возбуждения, гармонические составляющие поля возбуждения.

16. Условия самовозбуждения СГ при включении на емкостную нагрузку.

17. Особенности параллельной работы СМ. Условия включения, регулирование нагрузки.

18. Потери при преобразовании энергии в машинах переменного тока и их КПД.

19. Общие сведения об асинхронных машинах. Конструкции с короткозамкнутым и фазным ротором.

20. Способы включения СМ на параллельную работу (самосинхронизация, частотный пуск, асинхронный пуск).

21. Электромеханическое преобразование энергии в АД. Потери и КПД.

22. МДС и ЭДС обмотки якоря в СМ.

23. Приведение электромагнитных процессов в АД к трансформатору. Схема замещения АД.

24. Синхронные двигатели и компенсаторы.

25. Режимы работы АМ, токи в обмотках статора и ротора, электромагнитный момент.

26. Колебания ротора СМ при параллельной работе.

27. Электромагнитные процессы в явнополусной и неявнополусной СМ при нагрузке без учета и с учетом насыщения.

28. Управления электромеханической и механической характеристик АД.

29. Графическое определение электромеханических характеристик с помощью круговой диаграммы.

30. Общая характеристика несимметричных режимов работы СМ.

31. Пуск АД с короткозамкнутым и фазным ротором.

32. Работа синхронного генератора на автономную несимметричную нагрузку.

33. 1. Особенности конструкции и применения синхронных турбо- и гидрогенераторов.

34. Рабочие характеристики АД и способы регулирования частоты вращения.

35. Несимметричные режимы работы АД.

36. Электромагнитный момент и способы пуска СД.

37. Синхронные машины с постоянными магнитами, гистерезисные двигатели.

38. Общие сведения о сериях выпускаемых АД.

39. Асинхронные микромашины автоматики (тахогенераторы, вращающиеся трансформаторы, сельсины).

40. Общие сведения о переходных процессах в асинхронных и синхронных машинах (при отключении или включении в сеть, при к.з.).

41. СД малой мощности. Шаговые двигатели, их разновидности, режимы работы и

42. Однофазные АД. Устройство, применение, основные уравнения.

43. Специальные исполнения АМ (асинхронные генераторы, линейный двигатель, преобразователь частоты)

44. Общие сведения о математическом описании переходных процессов в машинах переменного тока.

45. Асинхронный короткозамкнутый двигатель с улучшенными пусковыми характеристиками.

46. Общие сведения о современном состоянии электромашиностроения и тенденциях его развития.

47. Уравнения электромеханической и механической характеристик АД.

48. СД, векторная диаграмма, угловая, механическая и U-образная характеристики.

49. АД, принцип действия, уравнения ЭДС и МДС обмоток статора и ротора.

50. Регулирование активной и реактивной мощности СМ, угловые и U-образные характеристики.

51. Системы охлаждения трансформаторов.

52. Способы охлаждения электродвигателей.



7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся  
Задания приведены в приложении.

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Расчет силового трехфазного двухобмоточного трансформатора.

Методические указания и варианты заданий размещены на портале дистанционного обучения СПбГАСУ по адресу: [https://moodle.spbgasu.ru/pluginfile.php/201983/mod\\_resource/content/1/КП%20по%20электрическим%20машинам-converted.pdf](https://moodle.spbgasu.ru/pluginfile.php/201983/mod_resource/content/1/КП%20по%20электрическим%20машинам-converted.pdf)

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и зачета с оценкой.

В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса и практическое задание, соответствующие содержанию формируемых компетенций.

Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 30 минут.

Зачет с оценкой проводится в форме собеседования и тестирования (в том числе компьютерное).

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знания теоретического материала;</li> <li>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач.</p> <p>Делает некорректные выводы.</p> <p>Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач.</p> <p>Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов.</p> <p>Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач</p> <p>Делает корректные выводы по результатам решения задачи.</p> <p>Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий.</p> <p>Не допускает ошибок при выполнении заданий.</p> <p>Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий.</p> <p>Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>
-------------------	---	--	---	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1	Коломийцев Ю. Н., Шимаров А. И., Электрические трансформаторы, Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/91158.html">https://www.iprbooks.hop.ru/91158.html</a>
2	Бондаренко А. В., Новопашин В. Ф., Электрические машины, СПб., 2012	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/00365/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/00365/</a>
3	Анисимова М. С., Электрические машины. Машины постоянного тока, Москва: МИСИС, 2017	<a href="https://e.lanbook.com/img/cover/book/108080.jpg">https://e.lanbook.com/img/cover/book/108080.jpg</a>
4	Анисимова М. С., Электрические машины. Машины постоянного тока, Москва: МИСИС, 2017	<a href="https://e.lanbook.com/book/108080">https://e.lanbook.com/book/108080</a>
5	Попова И. С., Электрические машины. Асинхронные машины, Москва: МИСИС, 2017	<a href="https://e.lanbook.com/img/cover/book/108079.jpg">https://e.lanbook.com/img/cover/book/108079.jpg</a>

<u>Дополнительная литература</u>		
1	Воронин А. И., Шадрин Г. А., Трансформаторы и дроссели источников электропитания электронных устройств, Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2009	<a href="http://www.iprbookshop.ru/13993.html">http://www.iprbookshop.ru/13993.html</a>
2	Вяльцев Г. Б., Приступ А. Г., Шевченко А. Ф., Электрические машины. Часть II. Синхронные машины, , 2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/45194.html">http://www.iprbookshop.ru/45194.html</a>
3	Ватаев А. С., Давидчук Г. А., Лебедев А. М., Электрические машины и трансформаторы, Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2023	<a href="https://www.iprbookshop.ru/124638.html">https://www.iprbookshop.ru/124638.html</a>
4	Шимаров А. И., Электротехника и основы электроники. Асинхронные двигатели, Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017	<a href="https://www.iprbookshop.ru/91164.html">https://www.iprbookshop.ru/91164.html</a>
1	Рандин Д. Г., Специальные электрические машины. Машины постоянного тока, Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/122192.html">https://www.iprbookshop.ru/122192.html</a>

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Игнатович, В. М. Электрические машины и трансформаторы: учеб. пособие для академического бакалавриата / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. — 6-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 181 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00798-5.	<a href="https://biblio-online.ru/bcode/413960">https://biblio-online.ru/bcode/413960</a>
Дробов А.В. Электрические машины. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дробов А.В., Галушко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Минск: РИПО, 2017.— 112 с.	<a href="http://www.iprbookshop.ru/67794.html">http://www.iprbookshop.ru/67794.html</a>
Битюцкий, И.Б. Электрические машины. Двигатель постоянного тока. Курсовое проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Б. Битюцкий, И.В. Музылева. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2018. — 168 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/99215">https://e.lanbook.com/book/99215</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)

Math Cad версия 15	Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО"Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная
Matlab версия R2019a	Договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты". Лицензия до 31.12.2025

#### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

##### Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
01 . Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
01 . Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
01 . Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.