



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра 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 очная

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	знает 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. умеет составлять и читать схемы электрических и электронных цепей. оценивать рабочие характеристики электродвигателей, обрабатывать результаты экспериментов в соответствии с техническим заданием. владеет 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.21 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	Высшая математика	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4

2	Электродинамика	ПК-3.2, ПК-3.3
3	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
4	Физика	ОПК-3.5, ОПК-3.6, УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4

Высшая математика

знать:

дифференциальное и интегральное исчисления;

операционное исчисление;

владеть:

методами решения линейных и нелинейных дифференциальных уравнений

теорию вероятностей и математическую статистику

Электродинамика

знать:

законы и методы при изучении специальных электротехнических дисциплин

уметь:

рассчитывать схемы и элементы основного оборудования, вторичных цепей, устройств

защиты и автоматики электроэнергетических объектов;

находить аналогии и прототипы в методах проектирования и исследования

электротехнических и электроэнергетических систем.

Информационные технологии

знать:

современные прикладные программы в области электротехники

Физика

владеть:

методиками расчета электрических цепей постоянного и переменного токов.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Электрооборудование зданий и городской среды	ПК-3.3, ПК-2.3
2	Электрический привод объектов стройиндустрии	ПК-2.1, ПК-2.3, ПК-4.2
3	Электрооборудование источников энергии зданий и сооружений	ПК-2.1, ПК-4.2
4	Электроснабжение зданий и городской среды	ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-4.1, ПК-4.2

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			4
Контактная работа	80		80
Лекционные занятия (Лек)	32	0	32
Лабораторные занятия (Лаб)	32	0	32
Практические занятия (Пр)	16	0	16
Иная контактная работа, в том числе:	1,25		1,25
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача			
Часы на контроль	4		4
Самостоятельная работа (СР)	58,75		58,75
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)			
часы:	144		144
зачетные единицы:	4		4

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Основы функционирования и устройства электрических машин										
1.1.	Физические основы электромагнитного и электромеханического преобразования энергии в электрических машинах.	4	1					3	4	ОПК-4.5	
1.2.	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин.	4	1					3	4	ОПК-4.5	
1.3.	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития ЭМ.	4	2		2			4	8	ОПК-4.5	
2.	2 раздел. Трансформаторы										
2.1.	Принцип действия, устройство, назначение и области применения трансформаторов.	4	2					3	5	ОПК-4.5	
2.2.	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора.	4	2		6		4	4,75	16,75	ОПК-4.5	
2.3.	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания.	4	4		2		8	4	18	ОПК-4.5	
2.4.	Специальные виды трансформаторов	4	4				8	6	18	ОПК-4.5	
3.	3 раздел. Машины постоянного тока (МПТ)										
3.1.	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах.	4	2				4	5	11	ОПК-4.5	

3.2.	ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ.	4	2		2				3	7	ОПК-4.5
3.3.	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	4	2				4		5	11	ОПК-4.5
3.4.	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	4	4		4		4		4	16	ОПК-4.5
3.5.	Общие принципы выбора мощности электродвигателей. Современные серии ДПТ.	4	2						4	6	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.	4	2						5	7	ОПК-4.5
4.2.	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного тока.	4	2						5	7	ОПК-4.5
5.	5 раздел. Иная контактная работа										
5.1.	Иная контактная работа.	4								1,25	ОПК-4.5
6.	6 раздел. Контроль										
6.1.	Зачет	4								4	ОПК-4.5

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Физические основы электромагнитного и электромеханического преобразования энергии в электрических машинах.	Физические основы электромагнитного и электромеханического преобразования энергии в ЭМ. Основные определения. Преобразование электрической энергии в трансформаторе. Классификация индуктивных преобразователей энергии. Электромеханические процессы преобразования энергии в электрических машинах. Способы получения периодического изменения магнитного поля в электрической машине. Обмотки машин постоянного и переменного тока, их магнитные поля, потокосцепления и ЭДС. Электромагнитный вращающий момент. Электромеханическое преобразование энергии с помощью вращающегося магнитного поля. Электромагнитная, электрическая и механическая мощности. Потери при преобразовании энергии (электрические, магнитные и механические).
2	Классификация электрических машин. Термины и определения,	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин Особенности конструкции электрических машин постоянного и

	характеризующие режимы работы электрических машин.	переменного тока. Классификация частей машины по назначению. Общие сведения о режимах работы и рабочих характеристиках электрических машин.
3	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития ЭМ.	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.
4	Принцип действия, устройство, назначение и области применения трансформаторов.	Принцип действия, устройство, назначение и области применения трансформаторов Общие сведения о трансформаторах. Назначение, области применения и устройство. Активные и конструктивные части трансформатора. Номинальные данные трансформаторов.
5	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 холостом ходе. Уравнения трансформатора при нагрузке. Векторная диаграмма трансформатора. Электрическая схема замещения трансформатора. Экспериментальное определение параметров и потерь трансформатора (опыты холостого хода и короткого замыкания). Изменение напряжения и КПД трансформатора при нагрузке. Рабочие характеристики трансформатора
6	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания.	Трёхфазные трансформаторы. 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.
7	Специальные виды трансформаторов	Специальные виды трансформаторов. Особенности трансформаторов специального назначения. Многообмоточные трансформаторы и автотрансформаторы. Трансформаторы с плавным регулированием напряжения. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
8	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах.	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах. Назначение и области применения машин постоянного тока. Устройство и принцип действия МПТ. Принцип обратимости МПТ.
9	ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ.	ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ. Схемы обмоток якоря, ЭДС, электромагнитный момент и МДС обмоток МПТ. Коммутация тока якоря. Реакция якоря и способы ее компенсации, дополнительные полюса.
10	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ). ГПТ независимого, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Характеристики ГПТ: холостого хода, внешние и

	постоянного тока (ДПТ).	регулируемые. Тахогенераторы постоянного тока и их применение в качестве датчиков угловой скорости
11	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.
12	Общие принципы выбора мощности электродвигателей. Современные серии ДПТ.	Общие принципы выбора мощности электродвигателей. Современные серии ДПТ. Факторы, определяющие выбор мощности двигателя для электропривода. Выбор мощности двигателя для различных режимов работы (длительного, кратковременного и повторно-кратковременного). Краткие сведения о современных сериях ДПТ.
13	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.
14	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного тока.	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного тока. Потокосцепления и ЭДС многофазной обмотки. Потокосцепления 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).

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
3	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное состояние и тенденции развития ЭМ.	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Изучение принципа действия электрических машин и их технические характеристики; область применения электрических машин. Приобретение навыка выбора электромашины по техническим характеристикам исходя из требований и условия эксплуатации.
5	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора.	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора. Построение электрических схем замещения. Построение нагрузочных характеристик.
5	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики	Расчет двухобмоточного трансформатора. Получение навыка расчета и построения необходимых характеристик однофазного трансформатора.

	трансформатора.	
6	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания.	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов.
9	ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ.	ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ Расчет электромагнитного момента, возникающего в обмотках машин постоянного тока.
11	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики, способы пуска, реверса и регулирования частоты вращения, тормозные режимы, рабочие характеристики. Построение искусственных механических характеристик двигателей постоянного тока при различных способах управления скоростью ротора.

5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
5	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора.	Исследование однофазного двухобмоточного трансформатора Исследование режимов работы трансформатора: холостой ход, опыт короткого замыкания, нагрузочная характеристика. Определения коэффициента трансформации. Экспериментальное определение параметров и потерь трансформатора. Опыт короткого замыкания, опыт холостого хода.
6	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания.	Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора
6	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания.	Параллельная работа трехфазных трансформаторов.
7	Специальные виды трансформаторов	Исследование автотрансформатора Изучение устройства и принципа действия однофазного автотрансформатора; исследование работы автотрансформатора в режимах холостого хода и под нагрузкой. Определение: коэффициент трансформации; передаваемую мощность при различных нагрузках.
7	Специальные виды трансформаторов	Исследование измерительных трансформаторов тока и напряжения. Изучение назначения, области применения и конструкции трансформаторов тока и напряжения. Исследование характеристик и режимов работы трансформаторов тока и напряжение. Построение вольтамперной характеристики. Определение коэффициента трансформации. Определение погрешности.
8	Устройство и физические основы	Работа машины постоянного тока в генераторном и двигательном

	функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах.	режимах. получение временных зависимостей тока возбуждения и э.д.с. генератора постоянного тока при его возбуждении / самовозбуждении. Получение механической характеристики машины постоянного тока в двигательном режиме
10	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	Исследование генераторов постоянного тока. построение характеристики холостого хода как зависимость ЭДС генератора от тока возбуждения. Построение характеристики короткого замыкания $I_K=f(I_f)$. 1.4. Построение внешней $U=f(I)$, регулировочной $I_f=f(I)$ и нагрузочной $U=f(I_f)$ характеристик генератора постоянного тока с независимым / параллельным возбуждением
10	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	Исследование тахогенератора постоянного тока. Исследование режимов работы тахогенератора. Построение зависимости выходного напряжения от скорости нагрузки на роторе тахогенератора.
11	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	Двигатели постоянного тока независимого и параллельного возбуждения. Снятие внешней, регулировочной и нагрузочной характеристик двигателя постоянного тока с независимым / параллельным возбуждением
11	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения Снятие внешней, регулировочной и нагрузочной характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения
11	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	Двигатель постоянного тока смешанного возбуждения. Снятие внешней, регулировочной и нагрузочной характеристик двигателя постоянного тока смешанного возбуждения

5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Физические основы электромагнитного и электромеханического преобразования энергии в электрических машинах.	Физические основы электромагнитного и электромеханического преобразования энергии в электрических машинах Освоение теоретического материала по разделу. Процессы преобразования энергии в электрических машинах.
2	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин. Освоение теоретического материала. Изучение рабочих характеристик электрических машин.

	электрических машин.	
3	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.
4	Принцип действия, устройство, назначение и области применения трансформаторов.	Уравнения ЭДС и МДС трансформатора. Освоение теоретического материала по разделу. Изучение физических принципов работы трансформаторов, назначения и особенностей их применения в системах электроснабжения, технических характеристик и эксплуатационных параметров.
5	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.
6	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания.	Трёхфазные трансформаторы. Параллельная работа трансформаторов. Основные переходные процессы в трансформаторах. Освоение теоретического материала. Требования к монтажу и эксплуатации трёхфазных трансформаторов. Схема подключения трансформаторов при параллельной работе. Обоснование экономической эффективности корректного выбора мощности и схем подключения трансформаторов в трёхфазных цепях. Подготовка отчетов по лабораторным работам.
7	Специальные виды трансформаторов	Особенности измерительных трансформаторов Освоение изученного материала. Особенности конструкции автотрансформатора и его основные характеристики. Применение специальных трансформаторов в измерительных схемах. Подготовка отчетов по лабораторной работе.
8	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах.	Разновидности электрических машин постоянного тока. Освоение теоретического материала. Конструкция МПТ, область применения. Освоение навыков - распознавания типа динамической электрической машины по внешнему виду, заводским табличка и паспортам. Подготовка отчета по лабораторной работе.
9	ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ.	ЭДС обмотки якоря МПТ Освоение теоретического материала. Изучение физических принципов работы динамических электрических машин.
10	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ). Освоение теоретического материала. Подготовка отчета по лабораторной работе №7-10
11	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и	Способы регулирования частоты вращения ДПТ. Освоение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам № 11-13. Приобретение навыков расчета и построения необходимые характеристик электрических машин.

	режимы работы.	
12	Общие принципы выбора мощности электродвигателей. Современные серии ДПТ.	Факторы, определяющие выбор двигателя. Освоение теоретического материала. Приобретение знаний об области применения электрических машин, обоснования выбора электрические машины для конкретных задач электроэнергетики и электротехники. Технические решения, способствующие повышению эксплуатационных качеств электрических машин и аппаратов.
13	Фазные обмотки реальных трехфазных асинхронных и синхронных машин.	Разновидности схем обмоток электрических машин переменного тока. Освоение теоретического материала.
14	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.

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 в 4-м семестре, защита курсового проекта в в 4-м семестре, экзамен в 5-м семестре. 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	Физические основы электромагнитного и электромеханического преобразования энергии в электрических машинах.	ОПК-4.5	устный опрос.
2	Классификация электрических машин. Термины и определения, характеризующие режимы работы электрических машин.	ОПК-4.5	устный опрос
3	Требования, предъявляемые к электрическим машинам. Современное	ОПК-4.5	устный опрос, решение задач.

	состояние и тенденции развития ЭМ.		
4	Принцип действия, устройство, назначение и области применения трансформаторов.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты
5	Режимы работы. Уравнения ЭДС и МДС. Схема замещения. Характеристики трансформатора.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе, решение задач.
6	Трёхфазные трансформаторы. Группы соединения трансформаторов. Выполнение практического задания.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе, решение задач.
7	Специальные виды трансформаторов	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе
8	Устройство и физические основы функционирования МПТ в генераторном и двигательном режимах.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе.
9	ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, решение задач.
10	Эксплуатационные режимы работы и характеристики генераторов постоянного тока (ГПТ).	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе
11	Двигатели постоянного тока (ДПТ), эксплуатационные характеристики и режимы работы.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты, отчет по лабораторной работе
12	Общие принципы выбора мощности электродвигателей. Современные серии ДПТ.	ОПК-4.5	устный опрос, тесты
13	Фазные обмотки реальных трехфазных асинхронных и синхронных машин.	ОПК-4.5	устный опрос.
14	Способы подавления высших гармоник в кривых МДС и ЭДС электрических машин переменного тока.	ОПК-4.5	устный опрос.
15	Иная контактная работа.	ОПК-4.5	Курсовой проект. Вопросы к зачету
16	Зачет	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/index.php?categoryid=308>

размещены тестовые задания.

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

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>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
Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-4.5.

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 явнополюсной и неявнополюсной 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

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-4.5 на портале дистанционного обучения СПбГАСУ по адресу: <https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=308>

размещены практические задания.
Задания приведены в приложении.

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

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-4.5.
Расчет силового трехфазного двухобмоточного трансформатора.

Методические указания и варианты заданий размещены на портале дистанционного обучения СПбГАСУ по адресу: <https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=308>

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.

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

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		

	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>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.</p>	<p>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</p>
знания	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; -знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>

<p>умения</p>	<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>
<p>владение навыками</p>	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. 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
<u>Основная литература</u>		
1	Попова И. С., Электрические машины. Асинхронные машины, Москва: МИСИС, 2017	https://e.lanbook.com/book/108079
2	Коломийцев Ю. Н., Шимаров А. И., Электрические трансформаторы, Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017	http://www.iprbookshop.ru/91158.html
3	Щербаков Е. Ф., Александров Д. С., Дубов А. Л., Электроснабжение и электропотребление в строительстве, Санкт-Петербург: Лань, 2021	https://e.lanbook.com/book/168533
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Игнатович В. М., Ройз Ш. С., Электрические машины и трансформаторы, Москва: Издательство Юрайт, 2019	https://urait.ru/bcode/433833
2	Галян Э. Т., Однофазные и трехфазные силовые трансформаторы, Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017	https://www.iprbooks hop.ru/90662.html
3	, Трансформаторы тока. Методика поверки, Москва: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2012	http://www.iprbookshop.ru/22771.html
1	Кувайцев В. И., Измерительные трансформаторы напряжения, Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2004	http://www.iprbookshop.ru/50085.html
2	Кувайцев В. И., Измерительные трансформаторы напряжения, Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2004	http://www.iprbookshop.ru/50085.html

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.	https://biblio-online.ru/bcode/413960
Дробов А.В. Электрические машины. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дробов А.В., Галушко В.Н.— Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2017.— 112 с.	http://www.iprbookshop.ru/67794.html
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.	https://e.lanbook.com/book/99215

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/

Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/

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
LibreOffice	Свободно распространяемое

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
71. Учебная лаборатория электроэнергетики и электротехники: 2-я Красноармейская ул. д.4 Ауд. 504	Комплект типового лабораторного оборудования «Автоматика на основе программируемого контроллера» - 8 шт. Учебный стенд «Умный дом»
71. 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.
71. Учебные аудитории для проведения практических занятий, 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
71. 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

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