

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 03.09.2022 14:46:27
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП
«Возобновляемая энергетика»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

для подготовки бакалавров

по направлению

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по профилю

«Возобновляемая энергетика»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

к.т.н., доцент Ваганов М.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РАПС
16.09.2020, протокол № 5

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭА, 30.09.2020, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	РАПС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	3
Семестр	5
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	86
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	94
Всего (академ. часов)	180
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	3

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

Рассматриваются общие вопросы теории электрических машин постоянного тока. На этой базе выполняется анализ процессов, происходящих в генераторах и двигателях постоянного тока как в автономном режиме, так и при параллельной работе генераторов постоянного тока. Рассматриваются процессы нагревания и охлаждения электрических машин и их режимы работы. Разбираются физические основы работы трансформаторов в установившихся и переходных режимах, схемы и группы соединения обмоток однофазных и трёхфазных трансформаторов, а также параллельная работа трансформаторов.

SUBJECT SUMMARY

«ELECTRICAL MACHINES»

Deals with the General theory of electrical machines DC. On this basis, analysis is performed of processes occurring in the generator and DC motors in standalone mode and parallel operation of DC generators. The processes of heating and cooling of electrical machines and their modes of operation.

Understand the physical basis of operation of transformers in steadystate and transient conditions, scheme and group of winding connection odnovatny and three phase transformers parallel operation of transformers.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель дисциплины -изучение физических основ работы электрических машин и приобретение знаний в области теории электрических машин. анализ процессов, происходящих в генераторах и двигателях постоянного тока как в автономном режиме, так и при параллельной работе генераторов постоянного тока, процессы нагревания и охлаждения электрических машин и их режимы работы, физические основы работы трансформаторов в установившихся и переходных режимах, схемы и группы соединения обмоток однофазных и трёхфазных трансформаторов, а также параллельная работа трансформаторов и формирование умений и навыков применения их в профессиональной деятельности.
2. Формирование умений, обеспечивающих анализ и регулирование процессов, происходящих в генераторах и двигателях постоянного тока как в автономном режиме, так и при параллельной работе генераторов постоянного тока, процессы нагревания и охлаждения электрических машин и их режимы работы
3. Знания физических основ работы электрических машин и приобретение знаний в области теории электрических машин.
4. Умения, обеспечивающие анализ и регулирование процессов, происходящих в генераторах и двигателях постоянного тока как в автономном режиме, так и при параллельной работе генераторов постоянного тока, процессы нагревания и охлаждения электрических машин и их режимы работы
5. Освоение способов, приёмов обработки экспериментальных данных и и приобретение соответствующих навыков

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Физика»
2. «Математический анализ»
3. «Теоретическая механика»
4. «Прикладная механика»
5. «Теоретические основы электротехники»
6. «Электротехническое материаловедение»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Проектирование электронных устройств»
2. «Технологии роботизированного производства»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
<i>ОПК-3.1</i>	<i>Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока</i>
<i>ОПК-3.2</i>	<i>Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока</i>
<i>ОПК-3.3</i>	<i>Применяет знания теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами</i>
<i>ОПК-3.4</i>	<i>Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств</i>
<i>ОПК-3.5</i>	<i>Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и электрических машин, использует знание их режимов работы и характеристик</i>
<i>ОПК-3.6</i>	<i>Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				3
2	Тема 1. Устройство и принцип действия машины постоянного тока	2	0	0		4
3	Тема 2. Магнитная система машины постоянного тока	1				3
4	Тема 3. Обмотка якоря машины постоянного тока	1				3
5	Тема 4. Э.Д.С. обмотки якоря	1				3
6	Тема 5. Работа машины постоянного тока при нагрузке	1		0		4
7	Тема 6. Коммутация машин постоянного тока	1				3
8	Тема 7. Генераторы независимого возбуждения	2	4	6		4
9	Тема 8. Генераторы параллельного и смешанного возбуждения	2	3	6		4
10	Тема 9. Общие свойства двигателей постоянного тока	1				3
11	Тема 10. Двигатели параллельного возбуждения	1	4	6		4
12	Тема 11. Двигатели последовательного и смешанного возбуждения	1	3	6		4
13	Тема 12. Параллельная работа генераторов постоянного тока	1		4		3
14	Тема 13. Потери и К.П.Д. машин постоянного тока	1				3
15	Тема 14. Нагревание и охлаждение электрических машин	1				3
16	Тема 15. Принцип действия трансформатора и их устройство	2	3			4
17	Тема 16. Холостой ход однофазного трансформатора	1				3
18	Тема 17. Работа трансформатора при нагрузке	1		6		4
19	Тема 18. Опыт короткого замыкания трансформатора	1				3
20	Тема 19. Потенциальные диаграммы трансформатора	1				3
21	Тема 20. Потери и к.п.д. трансформаторов	1				3
22	Тема 21. Трёхфазные трансформаторы	1	0	0		4

23	Тема 22. Параллельная работа трансформаторов	1				3
24	Тема 23. Автотрансформаторы	2	0	0		4
25	Тема 24. Многообмоточные трансформаторы	1				3
26	Тема 25. Переходные процессы в трансформаторах	1				3
27	Тема 26. Пиковые трансформаторы	1				3
28	Тема 27. Потенциальные регуляторы напряжения	1				3
29	Заключение	1			1	
	Итого, ач	34	17	34	1	94
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Области применения электрических машин. Краткий исторический обзор
2	Тема 1. Устройство и принцип действия машины постоянного тока	Принцип действия машины постоянного тока. Устройство и назначение основных элементов. Конструктивная схема машины постоянного тока
3	Тема 2. Магнитная система машины постоянного тока	Принципиальная схема магнитной системы. Полный и полезный магнитные потоки. Основные участки магнитной системы. Расчет М.Д.С. станины, полюсов и сердечника якоря. Коэффициент воздушного зазора и М.Д.С. воздушного зазора. Расчет М.Д.С. зубцовой зоны якоря. Кривая намагничивания магнитной системы. Коэффициент насыщения.
4	Тема 3. Обмотка якоря машины постоянного тока	Назначение обмотки якоря и требования к ней. Классификация якорных обмоток. Секция обмотки якоря и первый частичный шаг. Простая петлевая обмотка: шаги, схема и свойства обмотки. Простая волновая обмотка: шаги, схема и свойства обмотки.
5	Тема 4. Э.Д.С. обмотки якоря	Кривая магнитной индукции поля возбуждения в воздушном зазоре и полезный магнитный поток. Э.Д.С. обмотки якоря. Напряжение между соседними коллекторными пластинами при холостом ходе.
6	Тема 5. Работа машины постоянного тока при нагрузке	Понятие реакции якоря. Линейная нагрузка якоря. Поперечная М.Д.С. обмотки якоря. Распределение М.Д.С. обмотки якоря по окружности якоря. Действие поперечной составляющей М.Д.С. обмотки якоря. Продольная составляющая М.Д.С. обмотки якоря и ее действие. Напряжение между соседними коллекторными пластинами при нагрузке.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
7	Тема 6. Коммутация машин постоянного тока	Причины искрения под щетками. Понятие коммутации. Уравнение коммутации. Линейная коммутация. Добавочный ток коммутации. Криволинейная коммутация. Способы улучшения коммутации: добавочные полюса и сдвиг щеток с геометрической нейтрали. Компенсационная обмотка.
8	Тема 7. Генераторы независимого возбуждения	Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения. Схема и область применения генераторов независимого возбуждения. Характеристики холостого хода, внешняя и регулировочная. Нагрузочная характеристика и характеристический треугольник. Характеристики короткого замыкания и характеристический треугольник. Косвенное построение внешней характеристики.
9	Тема 8. Генераторы параллельного и смешанного возбуждения	Схема генератора параллельного возбуждения и его характеристика холостого хода. Внешняя и регулировочная характеристики. Схема и внешние характеристики генератора смешанного возбуждения.
10	Тема 9. Общие свойства двигателей постоянного тока	Свойства обратимости машины постоянного тока. Электромагнитный момент машины постоянного тока.
11	Тема 10. Двигатели параллельного возбуждения	Схема и определение двигателя параллельного возбуждения. Понятие нагрузки на двигатель. Электромеханическая и механическая характеристики двигателя. Пуск двигателя параллельного возбуждения. Характеристика электромагнитного момента. Энергетическая диаграмма двигателя. Регулирование скорости вращения двигателей параллельного возбуждения.
12	Тема 11. Двигатели последовательного и смешанного возбуждения	Схема и определение двигателя последовательного возбуждения. Электромеханическая и механическая характеристики двигателя. Пуск двигателя последовательного возбуждения. Характеристика электромагнитного момента. Регулирование скорости вращения двигателей последовательного возбуждения. Схема и электромеханическая характеристика двигателя смешанного возбуждения.
13	Тема 12. Параллельная работа генераторов постоянного тока	Назначение параллельной работы генераторов. Схема параллельной работы генераторов параллельного возбуждения. Условия включения на параллельную работу. Параллельная работа генераторов в режиме внешних характеристик и распределение нагрузки между генераторами. Перевод нагрузки с одного генератора на другой. Схема и параллельная работа генераторов смешанного возбуждения. Назначение уравнивающего провода.
14	Тема 13. Потери и К.П.Д. машин постоянного тока	Потери машины постоянного тока. Классификация потерь. К.П.Д. генераторов и двигателей. Зависимость К.П.Д. генератора от нагрузки. Условие максимума К.П.Д. генератора.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
15	Тема 14. Нагревание и охлаждение электрических машин	Теплофизические свойства электрических машин. Уравнение теплового баланса электрической машины в процессе нагревания. Дифференциальное уравнение нагревания электрической машины и его решение. Изменение температуры машины при ее охлаждении. Классы нагревостойкости изоляции. Номинальные данные машины. Режимы работы электрических машин
16	Тема 15. Принцип действия трансформатора и их устройство	Определение трансформатора. Область применения трансформаторов и их классификация. Принцип действия трансформатора. Закон электромагнитной индукции применительно к трансформаторам. Э.Д.С. обмоток трансформаторов. Амплитуда магнитного потока взаимной индукции.
17	Тема 16. Холостой ход однофазного трансформатора	Условия проведения опыта холостого хода. Векторная диаграмма трансформатора при холостом ходе. Кривая тока холостого хода и расчёт составляющих этого тока. Эквивалентная синусоида тока холостого хода. Потери при холостом ходе трансформатора.
18	Тема 17. Работа трансформатора при нагрузке	Векторная диаграмма сложения М.Д.С. обмоток трансформатора. Рассеяние обмоток трансформатора. Эквивалентная электрическая схема замещения трансформатора с магнитной связью. Приведение вторичной обмотки трансформатора к первичной. Уравнения трансформатора. Эквивалентная схема замещения трансформатора. Векторные диаграммы трансформатора при разном характере нагрузки. Внешняя характеристика трансформатора.
19	Тема 18. Опыт короткого замыкания трансформатора	Схема опыта короткого замыкания трансформатора и условия его выполнения. Параметры короткого замыкания. Напряжение короткого замыкания трансформатора. Схема замещения и векторная диаграмма. Характеристики короткого замыкания
20	Тема 19. Потенциальные диаграммы трансформатора	Определение потенциальной диаграммы и её построение. Расчёт величины относительного изменения напряжения трансформатора при переходе от холостого хода к нагрузке
21	Тема 20. Потери и к.п.д. трансформаторов	Потери в трансформаторах. Влияние величины нагрузки на к.п.д. трансформаторов. Условие максимума к.п.д. трансформатора
22	Тема 21. Трёхфазные трансформаторы	Магнитные системы трёхфазных трансформаторов. Трансформаторная группа. Ток холостого хода трёхфазного трёхстержневого трансформатора. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов. Работа трёхфазного трансформатора при нагрузке. Метод симметричных составляющих

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
23	Тема 22. Параллельная работа трансформаторов	Назначение и схема параллельной работы трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. Распределение нагрузки между трансформаторами при параллельной работе
24	Тема 23. Автотрансформаторы	Определение и область применения автотрансформаторов. Устройство и принцип действия автотрансформаторов. Соотношение между токами в автотрансформаторе. Мощность автотрансформатора
25	Тема 24. Многообмоточные трансформаторы	Область применения многообмоточных трансформаторов. Трёхобмоточные трансформаторы. Магнитные потоки и Э.Д.С. обмоток трёхобмоточного трансформатора. Особенности работы трёхобмоточного трансформатора при нагрузке.
26	Тема 25. Переходные процессы в трансформаторах	Ток включения однофазного трансформатора. Внезапное короткое замыкание трансформатора
27	Тема 26. Пиковые трансформаторы	Назначение пиковых трансформаторов и их принцип действия. Классификация пиковых трансформаторов. Стержневой пиковый трансформатор с линейной индуктивностью. Пиковые трансформаторы с магнитными шунтами.
28	Тема 27. Потенциальные регуляторы напряжения	Однофазный потенциальный регулятор. Трёхфазный потенциальный регулятор. Фазовращатели.
29	Заключение	Современный уровень электрических машин. Перспективы развития электрических машин.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование генераторов независимого возбуждения.	6
2. Исследование генераторов параллельного и смешанного возбуждения.	6
3. Исследование двигателя параллельного возбуждения.	6
4. Исследование двигателя последовательного возбуждения.	6
5. Исследование параллельной работы генераторов параллельного и смешанного возбуждения.	4
6. Исследование трансформатора.	6
Итого	34

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Расчет характеристик генераторов независимого возбуждения.	4

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
2. Расчет характеристик генераторов параллельного и смешанного возбуждения.	3
3. Расчет характеристик двигателя параллельного возбуждения.	4
4. Расчет характеристик двигателя последовательного возбуждения.	3
5. Расчет характеристик трансформатора.	3
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

По каждой теме содержания рабочей программы могут быть предусмотрены индивидуальные домашние задания (расчетно-графические работы, рефераты, конспекты изученного материала, доклады и т.п.).

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	15
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	15
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	8
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	6
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	94

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Ваганов, Михаил Александрович. Синхронные машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2015. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Ваганов, Михаил Александрович. Электрические машины [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / М. А. Ваганов, Ю. Г. Тимофеев, 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Электрические машины [Текст] : метод. указания к практ. занятиям / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2006. -35 с.	204
4	Ваганов, Михаил Александрович. Трансформаторы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2014. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
5	Ваганов, Михаил Александрович. Генераторы и двигатели постоянного тока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2016. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
6	Ваганов, Михаил Александрович. Асинхронные двигатели [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2013. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
Дополнительная литература		
1	Ваганов, Михаил Александрович. Общие вопросы теории электрических машин постоянного тока [Текст] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2012. - 71, [1] с.	14

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Электрические машины (учебник) http://www.studfiles.ru/preview/2892119/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10316>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Электрические машины» формой промежуточной аттестации является экзамен.

Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Допуском к экзамену является выполнение, подготовка отчета и защита 6 лабораторных работ, лабораторные работы защищают на 2 коллоквиумах.

Экзамен проводится в традиционной форме по билетам, время на подготовку 40 минут.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Устройство и принцип действия машины постоянного тока
2	Магнитная система машины постоянного тока
3	Обмотка якоря машины постоянного тока
4	Э.Д.С. обмотки якоря
5	Работа машины постоянного тока при нагрузке
6	Коммутация машин постоянного тока
7	Генераторы независимого возбуждения
8	Генераторы параллельного и смешанного возбуждения
9	Общие свойства двигателей постоянного тока
10	Двигатели параллельного возбуждения
11	Двигатели последовательного и смешанного возбуждения
12	Параллельная работа генераторов постоянного тока
13	Потери и К.П.Д. машин постоянного тока
14	Нагревание и охлаждение электрических машин
15	Принцип действия трансформатора и их устройство
16	Холостой ход однофазного трансформатора
17	Работа трансформатора при нагрузке
18	Опыт короткого замыкания трансформатора
19	Потенциальные диаграммы трансформатора
20	Потери и к.п.д. трансформаторов
21	Трёхфазные трансформаторы
22	Параллельная работа трансформаторов
23	Автотрансформаторы
24	Многообмоточные трансформаторы
25	Переходные процессы в трансформаторах
26	Пиковые трансформаторы
27	Потенциальные регуляторы напряжения

28	Современный уровень электрических машин. Перспективы развития электрических машин
29	

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Электрические машины ФЭА**

1. Общие свойства двигателей постоянного тока.
2. Автотрансформаторы.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

М.П. Белов

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Примерные вопросы на коллоквиум:

1. Области применения электрических машин.
2. Краткий исторический обзор.
3. Машины постоянного тока.
4. Устройство и принцип действия машины постоянного тока.
5. Принцип действия машины постоянного тока.
6. Устройство и назначение основных элементов.
7. Конструктивная схема машины постоянного тока.
8. Магнитная система машины постоянного тока.
9. Принципиальная схема магнитной системы.

10. Полный и полезный магнитные потоки.
11. Основные участки магнитной системы.
12. Расчет М.Д.С. станины, полюсов и сердечника якоря.
13. Коэффициент воздушного зазора и М.Д.С. воздушного зазора.
14. Расчет М.Д.С зубцовой зоны якоря.
15. Кривая намагничивания магнитной системы.
16. Коэффициент насыщения.
17. Обмотка якоря машины постоянного тока.
18. Назначение обмотки якоря и требования к ней.
19. Классификация якорных обмоток.
20. Секция обмотки якоря и первый частичный шаг.
21. Простая петлевая обмотка: шаги, схема и свойства обмотки.
22. Простая волновая обмотка: шаги, схема и свойства обмотки.
23. Э.Д.С. обмотки якоря.
24. Кривая магнитной индукции поля возбуждения в воздушном зазоре и полезный магнитный поток.
25. Э.Д.С. обмотки якоря.
26. Напряжение между соседними коллекторными пластинами при холостом ходе.
27. Работа машины постоянного тока при нагрузке.
28. Понятие реакции якоря.
29. Линейная нагрузка якоря.
30. Поперечная М.Д.С. обмотки якоря.
31. Распределение М.Д.С. обмотки якоря по окружности якоря.
32. Действие поперечной составляющей М.Д.С. обмотки якоря.
33. Продольная составляющая М.Д.С. обмотки якоря и ее действие.
34. Напряжение между соседними коллекторными пластинами при нагрузке.
35. Коммутация машин постоянного тока.
36. Причины искрения под щетками.

37. Понятие коммутации.
38. Уравнение коммутации.
39. Линейная коммутация.
40. Добавочный ток коммутации.
41. Криволинейная коммутация.
42. Способы улучшения коммутации: добавочные полюса и сдвиг щеток с геометрической нейтрали.
43. Компенсационная обмотка.
44. Генераторы независимого возбуждения.
45. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.
46. Схема и область применения генераторов независимого возбуждения. Характеристики холостого хода, внешняя и регулировочная.
47. Нагрузочная характеристика и характеристический треугольник. Характеристики короткого замыкания и характеристический треугольник.
48. Косвенное построение внешней характеристики.
49. Генераторы параллельного и смешанного возбуждения.
50. Схема генератора параллельного возбуждения и его характеристика холостого хода.
51. Внешняя и регулировочная характеристики.
52. Схема и внешние характеристики генератора смешанного возбуждения.
53. Общие свойства двигателей постоянного тока.
54. Свойства обратимости машины постоянного тока.
55. Электромагнитный момент машины постоянного тока.
56. Двигатели параллельного возбуждения.
57. Схема и определение двигателя параллельного возбуждения.
58. Понятие нагрузки на двигатель.
59. Электромеханическая и механическая характеристики двигателя.
60. Пуск двигателя параллельного возбуждения.
61. Характеристика электромагнитного момента.

62. Энергетическая диаграмма двигателя.
63. Регулирование скорости вращения двигателей параллельного возбуждения.
64. Двигатели последовательного и смешанного возбуждения.
65. Схема и определение двигателя последовательного возбуждения.
66. Электромеханическая и механическая характеристики двигателя.
67. Пуск двигателя последовательного возбуждения.
68. Характеристика электромагнитного момента.
69. Регулирование скорости вращения двигателей последовательного возбуждения.
70. Схема и электромеханическая характеристика двигателя смешанного возбуждения.
71. Параллельная работа генераторов постоянного тока.
72. Назначение параллельной работы генераторов.
73. Схема параллельной работы генераторов параллельного возбуждения.
74. Условия включения на параллельную работу.
75. Параллельная работа генераторов в режиме внешних характеристик и распределение нагрузки между генераторами.
76. Перевод нагрузки с одного генератора на другой.
77. Схема и параллельная работа генераторов смешанного возбуждения.
78. Назначение уравнивающего провода.
79. Потери и К.П.Д. машин постоянного тока.
80. Потери машины постоянного тока.
81. Классификация потерь.
82. К.П.Д. генераторов и двигателей.
83. Зависимость К.П.Д. генератора от нагрузки.
84. Условие максимума К.П.Д. генератора.
85. Нагревание и охлаждение электрических машин.
86. Теплофизические свойства электрических машин.

87. Уравнение теплового баланса электрической машины в процессе нагревания.
88. Дифференциальное уравнение нагревания электрической машины и его решение.
89. Изменение температуры машины при ее охлаждении.
90. Классы нагревостойкости изоляции.
91. Номинальные данные машины.
92. Режимы работы электрических машин.
93. Принцип действия трансформатора и их устройство.
94. Определение трансформатора.
95. Область применения трансформаторов и их классификация.
96. Принцип действия трансформатора.
97. Закон электромагнитной индукции применительно к трансформаторам.
98. Э.Д.С. обмоток трансформаторов.
99. Амплитуда магнитного потока взаимной индукции.
100. Холостой ход однофазного трансформатора.

Примерные вопросы для проверки остаточных знаний:

1. Области применения электрических машин.
2. Машины постоянного тока.
3. Устройство и принцип действия машины постоянного тока.
4. Принцип действия машины постоянного тока.
5. Устройство и назначение основных элементов.
6. Магнитная система машины постоянного тока.
7. Кривая намагничивания магнитной системы.
8. Обмотка якоря машины постоянного тока.
9. Классификация якорных обмоток.
10. Простая петлевая обмотка: шаги, схема и свойства обмотки.
11. Простая волновая обмотка: шаги, схема и свойства обмотки.
12. Кривая магнитной индукции поля возбуждения в воздушном зазоре и по-

лезный магнитный поток.

13. Понятие реакции якоря.
14. Действие поперечной составляющей М.Д.С. обмотки якоря.
15. Продольная составляющая М.Д.С. обмотки якоря и ее действие.
16. Генераторы независимого возбуждения.
17. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.
18. Нагрузочная характеристика и характеристический треугольник. Характеристики короткого замыкания и характеристический треугольник.
19. Генераторы параллельного и смешанного возбуждения.
20. Схема генератора параллельного возбуждения и его характеристика холостого хода.
21. Внешняя и регулировочная характеристики.
22. Схема и внешние характеристики генератора смешанного возбуждения.
23. Общие свойства двигателей постоянного тока.
24. Двигатели параллельного возбуждения.
25. Электромеханическая и механическая характеристики двигателя.
26. Энергетическая диаграмма двигателя.
27. Регулирование скорости вращения двигателей параллельного возбуждения.
28. Двигатели последовательного и смешанного возбуждения.
29. Схема и определение двигателя последовательного возбуждения.
30. Электромеханическая и механическая характеристики двигателя.
31. Потери и К.П.Д. машин постоянного тока.
32. К.П.Д. генераторов и двигателей.
33. Нагревание и охлаждение электрических машин.
34. Теплофизические свойства электрических машин.
35. Уравнение теплового баланса электрической машины в процессе нагревания.
36. Классы нагревостойкости изоляции.

37. Номинальные данные машины.
38. Режимы работы электрических машин.
39. Принцип действия трансформатора и их устройство.
40. Определение трансформатора.
41. Принцип действия трансформатора.
42. Холостой ход однофазного трансформатора.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля	
10	Тема 1. Устройство и принцип действия машины постоянного тока Тема 2. Магнитная система машины постоянного тока Тема 3. Обмотка якоря машины постоянного тока Тема 4. Э.Д.С. обмотки якоря Тема 5. Работа машины постоянного тока при нагрузке Тема 6. Коммутация машин постоянного тока Тема 7. Генераторы независимого возбуждения	Коллоквиум	
11			
16			
17			Тема 8. Генераторы параллельного и смешанного возбуждения Тема 9. Общие свойства двигателей постоянного тока Тема 10. Двигатели параллельного возбуждения Тема 11. Двигатели последовательного и смешанного возбуждения Тема 12. Параллельная работа генераторов постоянного тока Тема 13. Потери и К.П.Д. машин постоянного тока Тема 14. Нагревание и охлаждение электрических машин Тема 15. Принцип действия трансформатора и их устройство Тема 16. Холостой ход однофазного трансформатора
17			
16			
17			
17			

6.4 Методика текущего контроля

Методика текущего контроля на лекционных занятиях.

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80% занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

Методика текущего контроля на лабораторных занятиях.

Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты. В процессе обучения по дисциплине «Электрические машины» студент обязан выполнить **6 лабораторных работ**. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита.

Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально (или в бригадах по четыре человека). Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ пра-

вилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы. Примеры контрольных вопросов приведены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам.

Методика текущего контроля на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80% занятий). В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также мо-

жет учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска	
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, лабораторные стенды.	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА
1		программа актуальна, изменения не требуются	15.06.2021, протокол № 9	к.т.н., доцент, М.А. Ваганов	
2		программа актуальна, изменения не требуются	16.03.2022, протокол № 7	к.т.н., доцент, М.А. Ваганов	