

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Северский технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра «Электрооборудования и автоматизации технологических процессов»

ОДОБРЕНО
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 6 от 30.08.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
15.03.06 Мехатроника и робототехника
НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
Разработка роботизированных систем для атомной промышленности
Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
4	2	72	16	16	0	0	40	Зач.
Итого	2	72	16	16	0	0	40	

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Электрические машины и аппараты» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», образовательной программы «Разработка роботизированных систем для атомной промышленности».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

1) знать:

3.1 Знать принципы работы, конструктивные особенности и основные характеристики электрических машин и аппаратов

2) уметь:

У.1 Уметь рассчитывать основные параметры электрических машин и анализировать их рабочие характеристики по паспортным данным и результатам испытаний.

3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:

В.1 Владеть навыками выбора электрических машин и аппаратов для конкретных условий эксплуатации

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Электрические машины и аппараты» являются:

Формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области устройства, принципов работы, эксплуатации электрических машин и аппаратов, необходимых для профессиональной деятельности.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение принципов действия, конструктивных особенностей и классификации электрических машин (трансформаторов, асинхронных, синхронных, машин постоянного тока) и аппаратов (реле, контакторов, выключателей)
- освоение методов анализа рабочих характеристик и режимов эксплуатации.
- развитие умений расчета основных параметров (КПД, потерь, токов, мощностей) и проектирования простейших электромеханических систем.
- формирование способности анализировать и оптимизировать работу электрооборудования.
- подготовка к решению задач технического обслуживания и модернизации существующих систем.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Электрические машины и аппараты» (Б1.Б.3.11) -
Общепрофессиональный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	З-ОПК-9 знать основное технологическое оборудование, порядок действий по его внедрению и принципы его размещения в производственной системе. У-ОПК-9 уметь выполнять необходимые действия в установленном порядке в рамках проведения работ по внедрению и освоению нового технологического оборудования. В-ОПК-9 владеть навыками выполнения работ по освоению нового технологического оборудования.

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Электрические машины и аппараты» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<https://edu.ssti.ru/course/index.php?categoryid=145>).

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», образовательной программе «Разработка роботизированных систем для атомной промышленности».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в **зачетных единицах – 2, 72 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 4**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы**:

- **раздел 1** – «Трансформаторы»
- **раздел 2** – «Асинхронные машины»
- **раздел 3** – «Синхронные машины»
- **раздел 4** – «Машины постоянного тока»
- **раздел 5** – «Электрические аппараты кинематической и статической коммутации»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
4 семестр (16 недель)								
1	Трансформаторы	4	2		6	2/Зд1	3/КР1	12
2	Асинхронные машины	4	4		10	6/Зд2	7/КР2	12
3	Синхронные машины	3	4		10	10/Зд3	11/КР3	12
4	Машины постоянного тока	2	2		5	12/Зд4	13/КР4	12
5	Электрические аппараты кинематической и статической коммутации	3	4		9	16/Зд5	16/КР5	12
	Зачет							40
Итого за 4 семестр:		16	16		40			100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– знать основное технологическое оборудование, порядок действий по его внедрению и принципы его размещения в производственной системе. (З-ОПК-9)	1, 2, 3, 4, 5	Зд1, Зд2, КР2, Зд3, КР3, Зд4, КР4, Зд5, КР5, Зачет (4 сем.)
– уметь выполнять необходимые действия в установленном порядке в рамках проведения работ по внедрению и освоению нового технологического оборудования. (У-ОПК-9)	1, 2, 3, 4, 5	Зд1, КР1, Зд2, КР2, Зд3, КР3, Зд4, КР4, Зд5, КР5, Зачет (4 сем.)
– владеть навыками выполнения работ по освоению нового технологического оборудования. (В-ОПК-9)	1, 2, 3, 4, 5	Зд1, КР1, Зд2, КР2, Зд3, КР3, Зд4, КР4, Зд5, КР5, Зачет (4 сем.)

5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Трансформаторы	
1.1 Конструкция и принцип действия силовых трансформаторов. Схемы замещения и параметры трансформаторов.	2
1.2 Характеристики силовых трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов.	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	4
Раздел 2 Асинхронные машины	
2.1 Конструкция и принцип действия асинхронных машин. Энергетическая диаграмма, рабочие характеристики асинхронных двигателей.	2
2.2 Способы пуска асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	4
Раздел 3 Синхронные машины	
3.1 Конструкция и принцип действия синхронных машин.	1
3.2 Характеристики синхронных генераторов. Синхронные режимы. Синхронные двигатели.	2
<i>Итого по разделу 3:</i>	3
Раздел 4 Машины постоянного тока	
4.1 Конструкция и принцип действия машин постоянного тока. Характеристики генераторов, двигателей постоянного тока. Способы регулирования частоты вращения.	2
<i>Итого по разделу 4:</i>	2
Раздел 5 Электрические аппараты кинематической и статической коммутации	
5.1 Электрические контакты, электрическая дуга. Нагрев электрических аппаратов, магнитные цепи и электромагниты.	2
5.2 Общие сведения об электрических аппаратах. Контактторы. Пускатели. Автоматические выключатели. Реле. Датчики.	1
<i>Итого по разделу 5:</i>	3
Всего по теоретическому разделу дисциплины:	16

5.3 Содержание лабораторного практикума

Лабораторный практикум в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Трансформаторы	
1.1 Расчет параметров схемы замещения силового трансформатора. Расчет эксплуатационных характеристик силового трансформатора.	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	2
Раздел 2 Асинхронные машины	
2.1 Расчет основных величин асинхронных двигателей.	2
2.2 Построение схем обмоток машин переменного тока.	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	4
Раздел 3 Синхронные машины	
3.1 Расчет основных величин синхронных машин.	2
3.2 Исследование реакции якоря в синхронных машинах.	2
<i>Итого по разделу 3:</i>	4
Раздел 4 Машины постоянного тока	
4.1 Расчет основных величин машин постоянного тока.	2
<i>Итого по разделу 4:</i>	2
Раздел 5 Электрические аппараты кинематической и статической коммутации	
5.1 Расчет электрических контактов. Расчет параметров электрической дуги.	2
5.2 Выбор электрических аппаратов.	2
<i>Итого по разделу 5:</i>	4
Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:	16

5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: Работа в команде.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Опережающая самостоятельная работа, Поисковый метод.

7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ОПК-9	З-ОПК-9	Зд1, Зд2, КР2, Зд3, КР3, Зд4, КР4, Зд5, КР5, Зачет (4 сем.)

ОПК-9	У-ОПК-9	Зд1, КР1, Зд2, КР2, Зд3, КР3, Зд4, КР4, Зд5, КР5, Зачет (4 сем.)
ОПК-9	В-ОПК-9	Зд1, КР1, Зд2, КР2, Зд3, КР3, Зд4, КР4, Зд5, КР5, Зачет (4 сем.)

Шкалы оценки образовательных достижений. Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Зачета.

Аттестация в 4 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
Зд1	Задание (задача)	10	6
КР1	Контрольная работа	2	1.2
Зд2	Задание (задача)	10	6
КР2	Контрольная работа	2	1.2
Зд3	Задание (задача)	10	6
КР3	Контрольная работа	2	1.2
Зд4	Задание (задача)	10	6
КР4	Контрольная работа	2	1.2
Зд5	Задание (задача)	10	6
КР5	Контрольная работа	2	1.2
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Зачет		40	24
Итого:		100	60

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х балльной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)			удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)
Зачет	Зачтено						Не зачтено

Оценка «*отлично*» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка «*хорошо*» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы для Зачета (4 семестр):

- 1 Силовые трансформаторы. Устройство и принцип действия. Элементы конструкции.
- 2 Основные уравнения трансформатора. Коэффициент трансформации.
- 3 Приведенный трансформатор.
- 4 Схемы замещения двухобмоточного трансформатора (Т-образная, Г-образная).
- 5 Векторные диаграммы трансформатора под нагрузкой. Опыт холостого хода трансформатора.
- 6 Опыт короткого замыкания трансформатора. Определение параметров схемы замещения по опытам холостого хода и короткого замыкания. Работа трансформатора при нагрузке.
- 7 Внешняя характеристика, потери и КПД трансформатора при различных величинах и характерах нагрузки.
- 8 Условие максимума КПД.
- 9 Схемы и группы соединения обмоток трансформатора. Параллельная работа трансформаторов.
- 10 Принцип взаимного преобразования электрической и механической энергии в индукционных преобразователях.
- 11 Электрические машины переменного тока (синхронные, асинхронные). Принцип обратимости преобразования энергии в электрических машинах.
- 12 Создание вращающегося магнитного поля.
- 13 Пульсирующие, эллиптические и круговые поля.
- 14 Основные уравнения АМ. Схемы замещения (Т-образная, Г-образная).
- 15 Электромагнитный вращающий момент асинхронного двигателя (АД).
- 16 Режимы работы АМ: двигателя, генератора, электромагнитного тормоза. Скольжение.
- 17 Электромагнитный вращающий момент АМ в режиме двигателя при различных значениях угла между ЭДС и током обмотки ротора.
- 18 Способы пуска АД с короткозамкнутым ротором. Регулирование частоты вращения АД.
- 19 Явнополюсные и неявнополюсные СМ. Возбуждение СМ.
- 20 Магнитное поле обмотки возбуждения явнополюсной и неявнополюсной СМ.
- 21 Магнитное поле обмотки якоря в явнополюсной СМ.
- 22 Реакция якоря. Метод двух реакций, продольная и поперечная реакция якоря. Основные уравнения СМ.
- 23 Характеристики синхронного генератора.
- 24 Отношение короткого замыкания. Параллельная работа синхронных генераторов.
- 25 Синхронные режимы параллельной работы СМ.
- 26 Угловая характеристика активной мощности СМ. Работа
- 27 СМ при постоянной активной мощности и переменном возбуждении.
- 28 Синхронные двигатели. Пуск синхронных двигателей.
- 29 Основные элементы конструкции и принцип действия электромеханических преобразователей постоянного тока.

30 Магнитное поле обмотки возбуждения, магнитное поле обмотки якоря. Основные уравнения, ЭДС, электромагнитный момент МПТ.

31 Генераторы постоянного тока независимого, параллельного, смешанного возбуждения.

32 Основные характеристики генераторов. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Пуск двигателей в ход.

33 Особенности пуска ДПТ параллельного и последовательного возбуждения. Скоростная, механическая, моментная характеристики. Рабочие характеристики двигателей постоянного тока.

34 Физические процессы в электрических аппаратах. Электрические аппараты низкого и высокого напряжения, электрические аппараты с функцией коммутации, управления, контроля и защиты в электротехнических и электроэнергетических системах.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

Л1.1 Киселев В. И. Электрические машины: учебник и практикум для вузов / В. И. Киселев, Э. В. Кузнецов, А. И. Копылов, В. П. Лунин ; под общей редакцией В. П. Лунина. - Москва: Юрайт, 2024 - 231 с

Л1.2 Копылов И. П. Электрические машины: учебник для вузов / И. П. Копылов. - Москва: Юрайт, 2024 - 669 с

Л1.3 Курбатов П. А. Электрические аппараты: учебник и практикум для вузов / под редакцией П. А. Курбатова. - Москва: Юрайт, 2024 - 250 с

8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Курбатов П. А. Электрические и электронные аппараты: учебник и практикум для вузов / П. А. Курбатов [и др.] ; под редакцией П. А. Курбатова. - Москва: Юрайт, 2024 - 440 с

Л2.2 Мишенков Г. В. Электрические и электронные аппараты. Прикладные задачи виброударозащиты: учебное пособие для вузов / Г. В. Мишенков, Е. В. Позняк, В. Е. Хроматов. - Москва: Юрайт, 2024 - 151 с

Л2.3 Сипайлова Н. Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование: учебное пособие для вузов / Н. Ю. Сипайлова. - Москва: Юрайт, 2024 - 167 с

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 Научная электронная библиотека <https://www.elibrary.ru/>

9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <https://www.sti.mephi.ru/objects.html>

10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Лекции. Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: помечать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

Практические занятия. Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать факты и наблюдения современной жизни и т. д.

Промежуточная аттестация. Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей

На лекционных, практических занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Подготовка к контрольным работам
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса

- Выполнение индивидуальных заданий
- Выполнение расчетных работ
- Подготовка к практическим занятиям, семинарам
- Подготовка и написание отчета по практике
- Подготовка к экзамену
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (4 семестр)

В течение 4 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

Автор(ы): П.В. Тютева