

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы специалитета  
по специальности  
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Электрические машины

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения  
поездов

Специализация: Автоматика и телемеханика на  
железнодорожном транспорте

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 5214  
Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег  
Евгеньевич  
Дата: 21.05.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) «Электрические машины» являются:

- формирование у студентов знаний конструкции, принципа работы, процессов и характеристик, экспериментальных исследований и эксплуатации электрических машин.

Задачами освоения учебной дисциплины (модуля) «Электрические машины» являются:

- освоение методов и способов проектирования электрических машин, которые необходимы для изучения специальных дисциплин.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ПК-1** - Способен организовывать и выполнять работы (технологические процессы) по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации объектов системы обеспечения движения поездов на основе знаний об особенностях функционирования её основных элементов и устройств, а так же правил технического обслуживания и ремонта;

**ПК-4** - Способен разрабатывать проекты устройств и систем, технологических процессов производства, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта элементов, устройств и средств технологического оснащения системы обеспечения движения поездов.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Владеть:**

Владеть методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; методами расчета параметров электроэнергетических устройств и электроустановок; методами расчета, проектирования и конструирования электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем.

### **Знать:**

Знать основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин; виды электрических машин и их основные характеристики; эксплуатационные требования к различным видам электрических машин.

**Уметь:**

Уметь применять, эксплуатировать и производить выбор электрических машин.

**3. Объем дисциплины (модуля).****3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

**3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:**

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

**3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 80 академических часа (ов).**

**3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.**

**4. Содержание дисциплины (модуля).****4.1. Занятия лекционного типа.**

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p><b>Физические основы электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Упрощенная модель индуктивной электрической машины. Основные элементы и принимаемые допущения. Электрическая машина – определение. Энергоносители. Закон электромагнитной индукции (по Фарадею). Правило правой руки. Формулировка для контура по Максвеллу. Закон электромагнитного взаимодействия. Правило левой руки. Формулировка для ферромагнитных тел. Упрощенная модель индуктивной электрической машины. Основные элементы и принимаемые допущения.</p>
2	<p><b>Механизм электромашинного преобразования энергии. Механизм электромашинного преобразования энергии. Условие одностороннего преобразования энергии. Фундаментальные принципы функционирования электрических машин.</b></p> <p>Ток в обмотке возбуждения. Элементарная трубка магнитного потока. Распределение магнитной энергии. Распределение индукции по поверхности ротора. Понятие о северном и южном полюсах машины. Преобразование механической энергии в электрическую (кратко). Общая схема преобразования энергии. Механическая мощность, механический момент на валу. Энергия магнитного поля в зазоре. ЭДС обмоток якоря и возбуждения, ЭДС холостого хода якоря. Напряжения на зажимах обмоток. Суммарная мощность обмоток, ее разделение на мощность потерь, мощность изменения магнитного поля (реактивную) и электромагнитную мощность. Электромагнитный момент, его связь с механическим и частотой вращения. Условие одностороннего преобразования энергии и средства его достижения. Энергоприток и энергоотток. Принцип обратимости машины. Принцип саморегулирования.</p>
3	<p><b>Устройство и конструктивная структура электрических машин постоянного тока. Принцип действия</b></p> <p>Упрощенная структура электрической машины постоянного тока – описание конструкции.</p> <p><b>Генераторный режим работы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Общая схема, взаимное расположение якоря и полюсов</li> <li>– ЭДС вращения</li> <li>– ЭДС якоря, ее направление, ЭДС на щетках, ее «выпрямление»</li> <li>– коммутация</li> <li>– схема моментов и ЭДС</li> <li>– уравнение напряжения якоря</li> <li>– силы, действующие на проводники обмотки якоря, электромагнитный момент</li> <li>– моменты, действующие на якорь, баланс моментов</li> </ul> <p><b>Двигательный режим работы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– схема, электромагнитные силы и моменты</li> <li>– ЭДС якоря</li> <li>– уравнение напряжения якоря</li> <li>– моменты, действующие на якорь, баланс моментов</li> <li>– схема моментов и ЭДС</li> <li>– электромагнитная мощность</li> </ul> <p><b>Параллельное рассмотрение двух режимов</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– связь электромагнитной мощности с электрическими мощностями цепи якоря</li> <li>– переход от уравнений моментов к уравнениям мощностей</li> <li>– вывод уравнений баланса мощностей</li> </ul> <p><b>Потери энергии и КПД машин постоянного тока</b></p> <p><b>Механическая мощность – определяющий фактор преобразования</b></p>
4	<p><b>Генераторы постоянного тока</b></p> <p>Общие сведения о генераторах постоянного тока. Классификация генераторов по способу возбуждения. Основные параметры и характеристики генераторов постоянного тока. Генераторы независимого возбуждения (электрическая схема, характеристика холостого хода, внешняя и</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	регулировочная характеристики). Условия самовозбуждения генераторов. Генераторы параллельного возбуждения (электрическая схема, характеристика холостого хода, внешняя и регулировочная характеристики). Генераторы последовательного возбуждения (электрическая схема, внешняя характеристика). Генераторы смешанного возбуждения (электрическая схема, характеристика холостого хода, внешняя и регулировочная характеристики).
5	<b>Двигатели постоянного тока</b> Общие сведения о двигателях постоянного тока. Основные параметры и характеристики двигателей постоянного тока. Двигатели параллельного возбуждения (электрическая схема, рабочая, механическая и скоростная характеристики). Двигатели последовательного возбуждения (электрическая схема, рабочая, механическая и скоростная характеристики). Двигатели независимого возбуждения (кратко).
6	<b>Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока</b> Способы пуска двигателя постоянного тока в работу. Прямое включение двигателя в сеть. Реостатный пуск. Пуск при пониженном напряжении на якоре. Способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока. Дополнительное сопротивление в цепи якоря. Регулирование магнитного потока. Регулирование напряжения на якоре (система генератор-двигатель; применение регулируемого трансформатора при питании от сети переменного тока; применение управляемого выпрямителя при питании от сети переменного тока; применение импульсного прерывателя постоянного напряжения)
7	<b>Трансформаторы. Основные сведения</b> Основные сведения о трансформаторах. Конструкция, принцип действия и электромагнитные процессы. Математическая модель электромагнитных процессов. Приведение вторичной обмотки к первичной. Математическая модель приведенного трансформатора)
8	<b>Схема замещения и энергетические диаграммы трансформатора</b> Определение вида и параметров схемы замещения двухобмоточного трансформатора. Опыты холостого хода и короткого замыкания (схемы замещения и определяемые параметры). Потери энергии в трансформаторе. Энергетические диаграммы. КПД трансформатора.
9	<b>Работа трансформатора под нагрузкой</b> Физические условия работы трансформатора. Векторные диаграммы трансформатора при активно-индуктивной и активно-емкостной нагрузках. Регулирование напряжения трансформатора.
10	<b>Параллельная работа трансформаторов</b> Параллельная работа двухобмоточных трансформаторов. Условия параллельной работы трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов неодинаковых групп соединения обмоток. Параллельная работа трансформаторов с неодинаковыми коэффициентами трансформации. Параллельная работа трансформаторов с неодинаковыми напряжениями короткого замыкания.
11	<b>Асинхронные электрические машины. Основные сведения</b> Основные сведения об асинхронных машинах. Конструкция, принцип действия и электромагнитные процессы. Скольжение асинхронной машины и зависимость режимов работы от него. Математическая модель электромагнитных процессов.
12	<b>Схема замещения и энергетические диаграммы асинхронной электрической машины</b> Приведение параметров обмотки ротора к обмотке статора. Схема замещения асинхронной машины. Энергетические диаграммы асинхронной машины для двигательного и генераторного режимов. КПД асинхронной машины.
13	<b>Основные параметры и характеристики асинхронных двигателей</b> Электромагнитные моменты и характеристики асинхронной машины. Рабочие характеристики асинхронного двигателя. Механическая характеристика асинхронного двигателя.
14	<b>Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей</b> Способы пуска асинхронного двигателя в работу. Прямое включение двигателя в сеть. Реакторный

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	пуск асинхронного двигателя. Автотрансформаторный пуск асинхронного двигателя. Способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Регулирование за счет изменения частоты питающего напряжения. Регулирование путем изменения числа пар полюсов. Регулирование за счет изменения напряжения. Импульсное регулирование.
15	Синхронные электрические машины. Основные сведения Основные сведения о синхронных машинах. Магнитное поле и электромагнитные поля обмоток возбуждения и якоря. Приведение электромагнитных величин и параметров обмоток синхронных машин.
16	Синхронные генераторы. Математическая модель процессов в синхронном генераторе. Векторные диаграммы синхронных генераторов. Характеристики синхронных генераторов (нагрузочные, внешние, регулировочные).
17	Синхронные двигатели. Математическая модель процессов в синхронном двигателе. Векторные диаграммы синхронного двигателя. Рабочие характеристики синхронного двигателя.

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

#### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование характеристик генератора независимого возбуждения. Сбор электрической схемы для исследования генератора с независимым возбуждением. Снятие характеристики холостого хода, регулировочной характеристики, внешней характеристики, определение коэффициент насыщения электрической машины.
2	Исследование генератора с параллельным возбуждением. Сбор электрической схемы для исследования генератора с параллельным возбуждением. Снятие характеристики холостого хода, внешней характеристики.
3	Исследование двигателя с параллельным возбуждением. Сбор электрической схемы для исследования двигателя с параллельным возбуждением. Снятие электромеханических характеристик двигателя при полном и ослабленном возбуждении, расчет рабочих характеристик.
4	Исследование двигателя с последовательным возбуждением. Сбор электрической схемы для исследования двигателя с последовательным возбуждением. Снятие электромеханических характеристик двигателя при полном и ослабленном возбуждении, расчет рабочих характеристик.
5	Исследование однофазного трансформатора. Сбор электрической схемы для исследования однофазного трансформатора. Опыт по определению коэффициента трансформации, опыт холостого хода и короткого замыкания. Снятие внешней характеристики. Расчет параметров схемы замещения трансформатора.
6	Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Сбор электрической схемы для исследования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Снятие электромеханических характеристик двигателя, расчет рабочих характеристик.

#### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Законы электромагнитной индукции и электромагнитного взаимодействия Решение задач по расчету ЭДС, индуцируемой в проводнике, а так же сил, действующих на проводник с током.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
2	Расчет параметров генераторов постоянного тока. Решение задач по расчету параметров генераторов постоянного тока (ЭДС якоря, ток якоря, напряжение на зажимах)
3	Расчет параметров двигателей постоянного тока. Решение задач по расчету параметров двигателей постоянного тока (ток якоря, момент на валу, частота вращения)
4	Расчет характеристик генераторов постоянного тока с независимым возбуждением. Решение задач по расчету и построению внешней и регулировочной характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением.
5	Расчет характеристик генераторов постоянного тока с параллельным возбуждением. Решение задач по расчету и построению внешней и регулировочной характеристик генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.
6	Расчет характеристик генераторов постоянного тока со смешанным возбуждением Решение задач по расчету и построению внешней и регулировочной характеристик генератора постоянного тока со смешанным возбуждением.
7	Расчет характеристик двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением. Решение задач по расчету и построению скоростной и механической характеристик двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.
8	Расчет характеристик двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением. Решение задач по расчету и построению скоростной и механической характеристик двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением.
9	Пусковые диаграммы двигателя постоянного тока. Решение задач по расчету и построению пусковых диаграмм двигателя постоянного тока при реостатном пуске. Решение задач по расчету и построению пусковых диаграмм двигателя постоянного тока при реостатном пуске.
10	Определение основных параметров трансформатора. Решение задач по расчету параметров двухобмоточных трансформаторов (напряжения и токи обмоток, коэффициент трансформации)
11	Определение параметров схемы замещения трансформатора. Решение задач по расчету параметров схемы замещения двухобмоточного трансформатора на основе данных опытов холостого хода и короткого замыкания
12	Энергетические диаграммы трансформатора. Решение задач по построению энергетических диаграмм двухобмоточного трансформатора, а также определению его КПД.
13	Работа трансформатора под нагрузкой. Решение задач по построению векторных диаграмм двухобмоточного трансформатора при работе с активно-индуктивной и активно-емкостной нагрузкой.
14	Определение основных параметров асинхронных электрических машин. Решение задач по расчету параметров асинхронных электрических машин (напряжения и токи обмоток ротора и статора, скольжение).
15	Определение параметров схемы асинхронных электрических машин. Решение задач по расчету параметров Т-образной схемы замещения асинхронных электрических машин.
16	Механические характеристики асинхронного двигателя Решение задач по расчету и построению механических характеристик асинхронного двигателя.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
17	Определение основных параметров синхронных электрических машин. Решение задач по расчету и построению рабочих характеристик синхронных электрических машин.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам.
2	Работа с литературой.
3	Самостоятельное изучение разделов (тем) дисциплины(модуля).
4	Выполнение курсовой работы.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Однофазный трехобмоточный трансформатор с пластинчатым сердечником.
2. Однофазный трехобмоточный трансформатор с ленточным сердечником.
3. Тяговый трансформатор
4. Трёхфазный трансформатор.
5. Электрическая машина постоянного тока.
6. Коллекторный тяговый электродвигатель.
7. Асинхронный электродвигатель.
8. Синхронный электродвигатель.
9. Линейная электрическая машина.
10. Вентильный электродвигатель.

#### 5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы А.И. Вольдек, В.С. Попов Однотомное издание "Питер", 2008	НТБ (фб.); НТБ (чз.2)

2	Проектирование трансформаторов для питания устройств автоматики, телемеханики и микропроцессорных систем М.Д. Глущенко, Е.В. Васильев, А.А. Реморов, П.П. Смазнов; МИИТ. Каф. "Электрические машины" Однотомное издание МИИТ , 2004	НТБ (уч.3); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)
3	Расчет трансформаторов П.М. Тихомиров Однотомное издание Энергия , 1976	НТБ (фб.)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

<http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система научно-технической библиотеки МИИТ.

<http://rzd.ru/> - сайт ОАО «РЖД».

<http://elibrary.ru/> - научная электронная библиотека.

Поисковые системы: Yandex, Rambler, Google, Mail

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Для выполнения расчетной части курсовой работы необходимы программы Microsoft Excel и/или MathCad.

Для создания эскизов устройства, рассчитанного в курсовой работе, требуется программа «Компас».

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

натурные образцы электрических машин  
учебные плакаты электрических машин  
чертежи серийно выпускаемых электрических машин  
компьютерный класс с ЭВМ, подключенными к сетям INTERNET и INTRANET

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 3 семестре.

Курсовая работа в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры  
«Электропоезда и локомотивы»

И.И. Гарбузов

Согласовано:

Заведующий кафедрой АТСнажТ

А.А. Антонов

Заведующий кафедрой ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин