

**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 и трансформаторы**

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация: Электроснабжение железных дорог

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: 17.05.2024

## 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-3** - Способен проводить разработку и экспертизу проектов систем электроснабжения железных дорог и метрополитенов, их отдельных элементов и технологических процессов, в том числе, с использованием систем автоматизированного проектирования?;

**ПК-5** - Способен применять знания в области электротехники, электроники и цифровых технологий при решении профессиональных задач .

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

### **Знать:**

Знать основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин.

### **Уметь:**

Уметь применять, эксплуатировать электрические машины

### **Владеть:**

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

### **Знать:**

Виды электрических машин и их основные характеристики; эксплуатационные требования к различным видам электрических машин.

### **Уметь:**

Уметь производить выбор электрических машин.

**Владеть:**

Владеть методами расчета, проектирования и конструирования электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 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	
		№4	№5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	96	32	64
В том числе:			
Занятия лекционного типа	48	16	32
Занятия семинарского типа	48	16	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 84 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 однонаправленного 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 однонаправленного 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.</b></p> <p><b>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 расположения 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 мощностью 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 регулировочная характеристики). Условия самовозбуждения генераторов. Генераторы параллельного возбуждения (электрическая схема, характеристика холостого хода, внешняя и регулировочная</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	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 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.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
15	<b>Синхронные электрические машины. Основные сведения</b> Основные сведения о синхронных машинах. Магнитное поле и электромагнитные поля обмоток возбуждения и якоря. Приведение электромагнитных величин и параметров обмоток синхронных машин.
16	<b>Синхронные генераторы.</b> Математическая модель процессов в синхронном генераторе. Векторные диаграммы синхронных генераторов. Характеристики синхронных генераторов (нагрузочные, внешние, регулировочные).
17	<b>Синхронные двигатели.</b> 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	<b>Исследование характеристик генератора независимого возбуждения.</b> Сбор электрической схемы для исследования генератора с независимым возбуждением. Снятие характеристики холостого хода, регулировочной характеристики, внешней характеристики, определение коэффициент насыщения электрической машины.
2	<b>Исследование генератора с параллельным возбуждением.</b> Сбор электрической схемы для исследования генератора с параллельным возбуждением. Снятие характеристики холостого хода, внешней характеристики.
3	<b>Исследование двигателя с параллельным возбуждением.</b> Сбор электрической схемы для исследования двигателя с параллельным возбуждением. Снятие электромеханических характеристик двигателя при полном и ослабленном возбуждении, расчет рабочих характеристик.
4	<b>Исследование двигателя с последовательным возбуждением.</b> Сбор электрической схемы для исследования двигателя с последовательным возбуждением. Снятие электромеханических характеристик двигателя при полном и ослабленном возбуждении, расчет рабочих характеристик.
5	<b>Исследование однофазного трансформатора.</b> 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	<b>Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.</b> 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	<b>Законы электромагнитной индукции и электромагнитного взаимодействия</b> Решение задач по расчету ЭДС, индуцируемой в проводнике, а так же сил, действующих на проводник с током.
2	<b>Расчет параметров генераторов постоянного тока.</b> Решение задач по расчету параметров генераторов постоянного тока (ЭДС якоря, ток якоря, напряжение на зажимах)

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
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 так же 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.
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	Выполнение курсового проекта.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Расчет трехфазного силового трансформатора

Варианты заданий для курсового проекта:

№ п/п S, кВА  $U_{вн}$ , кВ  $U_{нн}$ , кВ Соединение

обмоток  $U_{кз}$ , %  $R_k$ , кВт ?

1 50 6,9 3,15 Д/Д 4 0,6 2,1

2 50 6 3,3 Д/У 4 0,88 2,2

3 50 5 0,69 У/Д 4 0,6 2,3

4 50 3 0,4 У/У 4 0,88 2,4

5 75 6,3 3,15 Д/Д 4 1,28 2,5

6 75 5 3,3 Д/У 4,5 0,88 2,6

7 75 3,3 0,4 У/Д 4 1,28 2,7

8 75 3 0,69 У/У 4,5 0,88 2,8

9 100 11 6,9 Д/Д 4,5 2,65 2,9

10 100 6,9 3,3 Д/У 4 1,28 3

11 100 5 3 У/Д 4,5 1,97 3,1

12 100 3,15 0,4 У/У 4 1,28 3,2

13 160 13,8 6 Д/Д 5 2,65 3,3

14 160 6,9 3 Д/У 4,5 1,97 3,4

15 160 5 3,15 У/Д 4,5 1,97 3,5

16 160 3,3 0,69 У/У 4 1,28 2,8

17 250 18 11 Д/Д 5,5 3,7 2,1

18 250 15 10 Д/У 5 2,65 2,2

19 250 10 6,6 У/Д 4,5 1,97 2,3



20 250 6,3 3,15 У/У 4 1,28 2,4

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, 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 4 семестре.

Курсовой проект в 5 семестре.

Экзамен в 5 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 ЭЭТ

М.В. Шевлюгин

Заведующий кафедрой ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин