

**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  
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Электрические машины и электропривод**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Технология производства и ремонта  
подвижного состава

Форма обучения: Очно-заочная

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: 24.05.2024

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

Целями освоения учебной дисциплины "Электрические машины и электропривод" являются:

- формирование у обучающихся определенного состава компетенций, которые базируются на характеристиках будущей профессиональной деятельности: дать необходимый объем современных знаний о конструкциях и принципах действия электрических машин постоянного и переменного тока, параметрах и характеристиках, способах управления, применения в различных промышленных и транспортных установках;

- изучение конструкций генераторов и двигателей постоянного и переменного тока, трансформаторов, асинхронных и синхронных машин с различным способом возбуждения и регулирования, а также применения различных типов электрических машин в системах электропривода.

Задачами освоения учебной дисциплины "Электрические машины и электропривод" являются:

- освоение конструкций и принципа действия;

- освоение обмоток машин постоянного и переменного тока, расчета магнитной цепи, реакции якоря, процессов коммутации в коллекторных машинах;

- освоение характеристик генераторов и двигателей постоянного и переменного тока, регулирования скорости вращения;

- освоение в области применения двигателей в системах электропривода;

- освоение конструкций и методов расчета, характеристик и свойств трансформаторов;

- освоение конструкций, принципа действия, методов расчета, способов регулирования скорости вращения асинхронных и синхронных машин переменного тока;

- освоение и моделирование систем электропривода для различных типов электрических машин.

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

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

**ПК-1** - Способен к анализу и разработке технологических процессов производства и ремонта подвижного состава.

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

### **Знать:**

основные виды, конструкции принцип действия и способы регулирования различных типов электрических машин;

- методы расчета и характеристики машин постоянного и переменного тока;
- реакцию якоря, коммутацию в машинах постоянного тока, способы борьбы с реакцией якоря и улучшением условий коммутации;
- способы пуска в ход и регулирования скорости вращения;
- математическое описание всех видов электрических машин и способов их моделирования;
- конструкции, математическое описание, характеристики, типы и области использования трансформаторов;
- конструкции, методы расчета и характеристики машин переменного тока;
- способы управления электрических машин переменного тока при питании от полупроводниковых преобразователей в системах электропривода;
- способы повышения энергетической эффективности транспортных электрических машин и электроприводов;

### **Уметь:**

- выбрать и рассчитать электрическую машину постоянного и переменного тока;
- определить способы пуска и управления скоростью вращения двигателя в промышленном и транспортном электроприводе;
- моделировать электромеханические процессы в системах электропривода с машинами постоянного и переменного тока при питании от полупроводниковых преобразователей;
- оценить энергетическую эффективность систем электропривода;

### **Владеть:**

Владеть прикладным программным обеспечением для построения систем управления электрическими машинами и электроприводом, модельно-ориентированным подходом к проектированию электроприводов и систем управления

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 з.е. (252 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	
		№6	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	24	24
В том числе:			
Занятия лекционного типа	16	8	8
Занятия семинарского типа	32	16	16

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 204 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	5 семестр Классификация электрических машин. Рассматриваемые вопросы: - материалы, применяемые в электрических машинах; - основные законы электромеханики.
2	5 семестр Принцип действия и конструкция машины постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - петлевые и волновые обмотки; - условия симметрии обмоток; - уравнивающие соединения.
3	5 семестр Магнитная цепь машины постоянного тока и ее расчет. Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- характеристика холостого хода;</li> <li>- коэффициент насыщения.</li> </ul>
4	<p>5 семестр ЭДС якоря и электромагнитный момент.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- реакция якоря в машине постоянного тока;</li> <li>- магнитное поле при работе под нагрузкой;</li> <li>- способы борьбы с реакцией якоря.</li> </ul>
5	<p>5 семестр Коммутация в машинах постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- напряжение между коллекторными пластинами;</li> <li>- ускоренная и замедленная;</li> <li>- искрение на коллекторе;</li> <li>- способы улучшения коммутации.</li> </ul>
6	<p>5 семестр Схемы включения машин постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- генераторы, основные характеристики.</li> </ul>
7	<p>5 семестр Двигатели постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электромагнитный момент;</li> <li>- характеристики двигателей постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением.</li> </ul>
8	<p>5 семестр Способы пуска в ход двигателей постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- переходные процессы в двигателях постоянного тока;</li> <li>- полупроводниковые преобразователи в системах электропривода постоянного тока.</li> </ul>
9	<p>5 семестр Потери и КПД в двигателях постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нагревание и охлаждение электрических машин;</li> <li>- режимы работы.</li> </ul>
10	<p>5 семестр Математическое описание электрических машин постоянного тока в системах автоматического управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналитическое описание машин постоянного тока.</li> </ul>
11	<p>5 семестр Модели двигателей постоянного тока при различных способах управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модели систем электропривода с двигателями постоянного тока.</li> </ul>
12	<p>5 семестр Трансформаторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- назначение, конструкция, принцип действия;</li> <li>- холостой ход идеального трансформатора.</li> </ul>
13	<p>5 семестр Работа трансформатора под нагрузкой.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уравнения равновесия ЭДС, напряжений и токов трансформатора;</li> <li>- векторная диаграмма и схема замещения трансформатора.</li> </ul>
14	<p>5 семестр Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- внешняя характеристика, потери и КПД трансформатора.</li> </ul>
15	<p>5 семестр Трехфазный трансформатор. Группы соединения трехфазного трансформатора. Трехфазный трансформатор.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- группы соединения трехфазного трансформатора;</li> <li>- трехфазный трансформатор;</li> <li>- условия включения на параллельную работу.</li> </ul>
16	<p>5 семестр Специальные трансформаторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- автотрансформаторы;</li> <li>- работа трансформаторов с выпрямительными устройствами.</li> </ul>
17	<p>5 семестр Специальные и измерительные трансформаторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- трансформаторы в устройствах АТС на железнодорожном транспорте;</li> <li>- модели трансформаторов.</li> </ul>
18	<p>6 семестр Электрические машины переменного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общие вопросы;</li> <li>- образование вращающегося магнитного поля;</li> <li>- асинхронные и синхронные машины;</li> <li>- конструкции, принцип действия.</li> </ul>
19	<p>6 семестр Обмотки машин переменного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции и схемы;</li> <li>- МДС обмоток переменного тока;</li> <li>- частота вращения магнитного поля;</li> <li>- ЭДС обмоток машин переменного тока.</li> </ul>
20	<p>6 семестр Асинхронные машины</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Асинхронная машина при неподвижном и вращающемся роторе;</li> <li>- Приведение параметров роторной обмотки к статорной.</li> </ul>
21	<p>6 семестр Схемы замещения асинхронной машины</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электромагнитный момент асинхронной машины.</li> </ul>
22	<p>6 семестр Способы регулирования скорости вращения асинхронной машины.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- асинхронные машины в системах электропривода.</li> </ul>
23	<p>6 семестр Пространственное преобразование векторов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- преобразователи координат и фаз;</li> <li>- математическое описание асинхронной машины;</li> <li>- системы уравнений асинхронной машины в неподвижных и вращающихся осях.</li> </ul>
24	<p>6 семестр Моделирование асинхронных машин в системах электропривода.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- функциональные и виртуальные модели;</li> <li>- построение моделей при питании от автономных инверторов напряжений.</li> </ul>
25	<p>6 семестр Современные алгоритмы управления асинхронным электроприводом</p> <p>Рассматриваемые вопросы</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные системы управления асинхронным электроприводом.</li> </ul>
26	<p>6 семестр Синхронные машины.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- холостой ход;</li> <li>- работа синхронной машины под нагрузкой;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- реакция якоря.
27	6 семестр Определение синхронного индуктивного сопротивления. Рассматриваемые вопросы: - отношение короткого замыкания; - характеристики синхронных генераторов.
28	6 семестр Электромагнитный момент синхронной машины. Рассматриваемые вопросы: - перегрузочная способность; - параллельная работа синхронной машины с сетью; - угловые характеристики мощности.
29	6 семестр Регулирование реактивной мощности. Рассматриваемые вопросы: - статическая перегружаемость; - U-образные характеристики.
30	6 семестр Синхронные двигатели с электромагнитным возбуждением Рассматриваемые вопросы: - синхронные двигатели с и постоянными магнитами.
31	6 семестр Тяговые асинхронные и синхронные электрические машины Рассматриваемые вопросы: - конструкции; - общие принципы управления.

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	5 семестр Ознакомление с техникой безопасности при работе в лаборатории. Изучение конструкций электрических машин и лабораторных стендов. Рассматриваемые вопросы: - занятия проводятся в лаборатории электрических машин постоянного тока.
2	5 семестр Исследование однофазного трансформатора Рассматриваемые вопросы: - Провести опыты: 1. Холостого хода. 2. Короткого замыкания; - снять внешнюю характеристику трансформатора при активной и активно-индуктивной нагрузке; - выполнение расчетного задания и оформление отчета по выполненной работе.
3	5 семестр Исследование трехфазного трансформатора Рассматриваемые вопросы: - провести измерения напряжений при схемах соединения «звезда» и «треугольник». Определить группу соединения; - выполнение расчетного задания и оформление отчета по выполненной работе.
4	5 семестр Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением. Рассматриваемые вопросы: - снятие характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением: 1. Холостой ход. 2. Нагрузочная.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	3. Внешняя. 4. Регулировочная; - выполнение расчетного задания и оформление отчета по выполненной работе
5	5 семестр Исследование генератора постоянного тока с параллельным возбуждением Рассматриваемые вопросы: - снятие характеристик генератора постоянного тока с параллельным возбуждением: 1. Внешняя. 2. Регулировочная; - выполнение расчетного задания и оформление отчета по выполненной работе.
6	5 семестр Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. Рассматриваемые вопросы: - снятие характеристик двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением: 1. Скоростная. 2. Механическая естественная. 3. Механическая при включении добавочного сопротивления в цепь якоря. 4. Механическая при изменении потока возбуждения; - выполнение расчетного задания и оформление отчета по выполненной работе.
7	5 семестр Исследование двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Рассматриваемые вопросы: - снятие характеристик двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением: 1. Скоростная. 2. Механическая естественная. 3. Механическая при включении добавочного сопротивления в цепь якоря. 4. Механическая при изменении потока возбуждения; - выполнение расчетного задания и оформление отчета по выполненной работе.
8	6 семестр Моделирование электропривода с двигателем постоянного тока Рассматриваемые вопросы: - построить Simulink-модель двигателя постоянного тока по дифференциальным уравнениям; - провести моделирование пусковых и нагрузочных характеристик.
9	6 семестр Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением при питании от широтно-импульсного преобразователя. Рассматриваемые вопросы: - построить Simulink-модель двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением при питании от широтно-импульсного преобразователя; - снять пусковые и механические характеристики при питании от ШИП.
10	6 семестр Техника безопасности. Изучение конструкций машин переменного тока. Образование вращающегося магнитного поля. Рассматриваемые вопросы: - занятия проводятся в лаборатории электрических машин переменного тока.
11	6 семестр Исследование индукционного регулятора (фазорегулятора). Рассматриваемые вопросы: - снятие внешней характеристики асинхронного фазорегулятора.
12	6 семестр Исследование асинхронной машины с короткозамкнутым ротором. Рассматриваемые вопросы: - снятие и построение рабочих характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
13	6 семестр Исследование асинхронной машины с фазным ротором. Рассматриваемые вопросы: - снятие и построение рабочих характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором при включении добавочных сопротивлений в цепь ротора.



№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
14	6 семестр Исследование асинхронного электропривода со скалярным управлением Рассматриваемые вопросы: - снять пусковые и нагрузочные характеристики Simscape-модели асинхронного двигателя при управлении по закону $U/f = \text{const}$ .
15	6 семестр Исследование синхронного генератора с электромагнитным возбуждением Рассматриваемые вопросы: - снять характеристики синхронного генератора: 1. Холостой ход. 2. Двух—и трехфазное короткое замыкание 3. Внешняя: - расчетным путем определить индуктивное сопротивление по продольной оси и ОКЗ.
16	6 семестр Параллельная работа синхронной машины с сетью. Рассматриваемые вопросы: - провести запуск и синхронизацию синхронной машины с сетью; - перевести синхронную машину в режим двигателя и генератора; - снять U-образные характеристики синхронной машины.
17	6 семестр Исследование синхронного двигателя с электромагнитным возбуждением. Рассматриваемые вопросы: - провести запуск и синхронизацию синхронной машины с сетью; - перевести синхронную машину в режим двигателя; - снять рабочие характеристики синхронного двигателя.
18	6 семестр Моделирование асинхронного электропривода. Рассматриваемые вопросы: - провести плавный запуск асинхронного двигателя при питании от преобразователя напряжения и частоты; - снять нагрузочные характеристики.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Основные законы электротехники, применяемые в электрических машинах. Формулировки и правила. Принцип работы генератора и двигателя. Конструкции машин постоянного тока. Назначение и принцип работы коллектора. Элементы конструкции: пакеты якоря, обмотка якоря, коллектор, статор, полюсная система, главные, дополнительные полюса, компенсационная обмотка.
2	Технология изготовления статоров и якорных обмоток машин постоянного тока. Расчет петлевых и волновых обмоток, особенности конструкции тяговых машин.
3	Магнитное поле машины постоянного тока Расчет и построение характеристики холостого хода. Реакция якоря и ее влияние на работу машины постоянного тока.
4	Коммутация в машине постоянного тока. Замедленная и ускоренная. Напряжение между коллекторными пластинами. Ограничения для общепромышленных и тяговых электрических машин. Виды коммутации.
5	Генераторы постоянного тока с независимым, параллельным и смешанным возбуждением. Особенности характеристик и способов управления напряжением генераторов.
6	Двигатель постоянного тока. Основные характеристики и способы управления скоростью вращения. Управляемые выпрямители и широтно-импульсные преобразователи для питания двигателей постоянного тока. Построение

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	моделей электропривода постоянного тока.
7	Конструкции силовых однофазных и трехфазных трансформаторов. Технология изготовления сердечников и обмоток трансформаторов. Работа трансформатора в режиме холостого хода и под нагрузкой. Приведение параметров вторичной обмотки к параметрам первичной. Схема замещения.
8	Определение параметров схемы замещения трансформатора опытным путем. Определение параметров схемы замещения из паспортных данных. Моделирование однофазного и трехфазного трансформатора при работе с разными характерами нагрузки. Особенности работы трансформаторов на выпрямительную нагрузку.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам.
2	Работа с лекционным материалом.
3	Освоение программного комплекса для моделирования электрических машин
4	Выполнение курсового проекта.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов Проектирование силового трансформатора

Варианты заданий для курсового проекта:

№ п/п S, кВА U<sub>вн</sub>, кВ U<sub>нн</sub>, кВ Соединение

обмоток U<sub>кз</sub>, % R<sub>к</sub>, 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

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Электрические машины железнодорожного транспорта В.А. Винокуров, Д.А. Попов Однотомное издание Транспорт , 1986	НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (уч.6); НТБ (фб.)
2	Электрические машины А.И. Вольдек Однотомное издание Энергия, Ленингр. отд-ние , 1978	НТБ (уч.6); НТБ (фб.)
3	Электротехнический справочник Под общ. ред. проф. И.Н.Орлова и др. Однотомное издание Энергоатомиздат , 1988	НТБ (фб.)

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

Информационный портал Экспонента (<https://exponenta.ru/>);

научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru))

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miiit.ru>)

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

Требуется лицензионное программное обеспечение MATLAB 2020 с полны комплект приложений Simulink, Simscape, а также полный комплект MicrosoftOffice (Word, Excel, PowerPoint, Visio, MSProject)

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

Лабораторные стенды по исследованию электрических машин постоянного и переменного тока.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовой проект в 6 семестре.

Экзамен в 6, 7 семестрах.

#### 10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

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

А.Н. Фиронов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ТТМиРПС

М.Ю. Куликов

Заведующий кафедрой ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин