

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: Локомотивы

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: 01.06.2023

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 в области 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-3 - Способен участвовать в подготовке проектов объектов подвижного состава и технологических процессов.

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 | |
| | | №5 | №6 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 144 | 80 | 64 |
| В том числе: | | | |
| Занятия лекционного типа | 64 | 32 | 32 |
| Занятия семинарского типа | 80 | 48 | 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 108 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; |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|---|
| | - уравнивающие соединения. |
| 3 | 5 семестр Магнитная цепь машины постоянного тока и ее расчет. Рассматриваемые вопросы: - характеристика холостого хода; - коэффициент насыщения. |
| 4 | 5 семестр ЭДС якоря и электромагнитный момент. Рассматриваемые вопросы: - реакция якоря в машине постоянного тока; - магнитное поле при работе под нагрузкой; - способы борьбы с реакцией якоря. |
| 5 | 5 семестр Коммутация в машинах постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - напряжение между коллекторными пластинами; - ускоренная и замедленная; - искрение на коллекторе; - способы улучшения коммутации. |
| 6 | 5 семестр Схемы включения машин постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - генераторы, основные характеристики. |
| 7 | 5 семестр Двигатели постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - электромагнитный момент; - характеристики двигателей постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением. |
| 8 | 5 семестр Способы пуска в ход двигателей постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - переходные процессы в двигателях постоянного тока; - полупроводниковые преобразователи в системах электропривода постоянного тока. |
| 9 | 5 семестр Потери и КПД в двигателях постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - нагревание и охлаждение электрических машин; - режимы работы. |
| 10 | 5 семестр Математическое описание электрических машин постоянного тока в системах автоматического управления. Рассматриваемые вопросы: - Аналитическое описание машин постоянного тока. |
| 11 | 5 семестр Модели двигателей постоянного тока при различных способах управления. Рассматриваемые вопросы: - модели систем электропривода с двигателями постоянного тока. |
| 12 | 5 семестр Трансформаторы. Рассматриваемые вопросы: - назначение, конструкция, принцип действия; - холостой ход идеального трансформатора. |
| 13 | 5 семестр Работа трансформатора под нагрузкой. Рассматриваемые вопросы: - уравнения равновесия ЭДС, напряжений и токов трансформатора; - векторная диаграмма и схема замещения трансформатора. |
| 14 | 5 семестр Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора. Рассматриваемые вопросы: - внешняя характеристика, потери и КПД трансформатора. |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|--|
| 15 | <p>5 семестр Трехфазный трансформатор.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - группы соединения трехфазного трансформатора; - трехфазный трансформатор; - условия включения на параллельную работу. |
| 16 | <p>5 семестр Специальные трансформаторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - автотрансформаторы; - работа трансформаторов с выпрямительными устройствами. |
| 17 | <p>5 семестр Специальные и измерительные трансформаторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - трансформаторы в устройствах АТС на железнодорожном транспорте; - модели трансформаторов. |
| 18 | <p>6 семестр Электрические машины переменного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общие вопросы; - образование вращающегося магнитного поля; - асинхронные и синхронные машины; - конструкции, принцип действия. |
| 19 | <p>6 семестр Обмотки машин переменного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - конструкции и схемы; - МДС обмоток переменного тока; - частота вращения магнитного поля; - ЭДС обмоток машин переменного тока. |
| 20 | <p>6 семестр Асинхронные машины.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Асинхронная машина при неподвижном и вращающемся роторе; - Приведение параметров роторной обмотки к статорной. |
| 21 | <p>6 семестр Схемы замещения асинхронной машины</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электромагнитный момент асинхронной машины. |
| 22 | <p>6 семестр Способы регулирования скорости вращения асинхронной машины.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - асинхронные машины в системах электропривода. |
| 23 | <p>6 семестр Пространственное преобразование векторов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - преобразователи координат и фаз; - математическое описание асинхронной машины; - системы уравнений асинхронной машины в неподвижных и вращающихся осях. |
| 24 | <p>6 семестр Моделирование асинхронных машин в системах электропривода.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - функциональные и виртуальные модели; - построение моделей при питании от автономных инверторов напряжений. |
| 25 | <p>6 семестр Современные алгоритмы управления асинхронным электроприводом</p> <p>Рассматриваемые вопросы</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные системы управления асинхронным электроприводом. |
| 26 | <p>6 семестр Синхронные машины.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|-------|--|
| | - холостой ход; - работа синхронной машины под нагрузкой; - 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: |

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание |
|----------|---|
| | 1. Холостой ход. 2. Нагрузочная. 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 | 5 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 | 5 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 механическую 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. |

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание |
|----------|---|
| | Рассматриваемые вопросы: - снятие и построение рабочих характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором при включении добавочных сопротивлений в цепь ротора. |
| 14 | 6 семестр Исследование асинхронного электропривода со скалярным управлением. Рассматриваемые вопросы: - снять пусковые и нагрузочные характеристики Simscapе-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. |

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание |
|-------|---|
| | Основные характеристики и способы управления скоростью вращения. Управляемые выпрямители и широтно-импульсные преобразователи для питания двигателей постоянного тока. Построение 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. |
| 9 | Конструкции асинхронных и синхронных машин переменного тока Элементы конструкции: пакеты статора, виды обмоток статора, роторы асинхронной и синхронной машин. Расчет и схемы статорных обмоток. Источники магнитных полей для асинхронной и синхронной машин. Машины переменного тока в тяговых электроприводах. |
| 10 | Приведение параметров асинхронной машины от неподвижного к вращающемуся ротору Схема замещения асинхронной машины. Расчет по паспортным данным. Механическая характеристика асинхронной машины. Способы управления скоростью вращения. |
| 11 | Современное представление асинхронных машин при пространственном преобразовании координат. Математическое описание асинхронного двигателя в неподвижной и вращающейся системах координат. |
| 12 | Системы питания электрических машин в электроприводах переменного тока. Автономные инверторы. Широтно-импульсные транзисторные преобразователи. Векторная ШИМ. |
| 13 | Законы управления асинхронными машинами. Управление асинхронным электроприводом при постоянстве потокосцепления ротора. Принципы полеориентированного управления и прямого управления моментом асинхронного электропривода. |
| 14 | Холостой ход и работа под нагрузкой. Реакция якоря в синхронной машине. Опытное определение продольного индуктивного сопротивления. Характеристики и способы управления напряжением синхронных генераторов. |
| 15 | Угловая характеристика синхронной машины. Статическая и динамическая перегружаемость. Способы сохранения синхронизма при набросах нагрузки. Особенности конструкций магнитоэлектрических синхронных машин. |
| 16 | Особенности конструкции и способов управления асинхронных машин и синхронных машин с постоянными магнитами в тяговом электроприводе. Моделирование полеориентированного управления в тяговом электроприводе. |

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. |
| 6 | Подготовка к текущему контролю. |

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов Проектирование асинхронного электродвигателя

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

| № п/п | Библиографическое описание | Место доступа |
|-------|---|---|
| 1 | Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для студ. вузов по напр. подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / А.И. Вольдек, В.С. Попов. - СПб. : Питер, 2010. - 350 с. : ил. - Библиогр.: с.341-342. - Алф. указ.: с.344-349. - 2000 экз. - ISBN 978-5-469-01381-5 (в пер.) : 310.00 р. - Текст : непосредственный. | Фундаментальная библиотека (ауд. 1230) |
| 2 | 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.) |
| 3 | Электротехнический справочник : в 3-х томах. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. проф. И.Н.Орлова и др. - 7-е изд., испр. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 488 с. : ил. - (в пер.) : 3.70 р. - Текст : непосредственный | Фундаментальная библиотека (ауд. 1230) |

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)
Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.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 5 семестре.

Экзамен в 5, 6 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 ЭиЛ
Председатель учебно-методической
комиссии

О.Е. Пудовиков

С.В. Володин