

**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)**

**Электронные и электромеханические системы управления  
электрическими машинами высокоскоростного подвижного состава**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Высокоскоростной наземный транспорт

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: 20.05.2024

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

Целями освоения учебной дисциплины "Электронные и электромеханические системы управления электрическими машинами высокоскоростного подвижного состава" являются:

- изучение математического описания и моделирования преобразовательной техники и электрических машин в векторном представлении;

- освоить принципы построения электроприводов и законов их управления на основе теории автоматического управления и синтеза замкнутых систем управления, математического описания электрических машин постоянного и переменного тока, широтно-импульсных преобразователей, автономных инверторов.

Задачей освоения учебной дисциплины "Электронные и электромеханические системы управления электрическими машинами высокоскоростного подвижного состава" является:

- освоение тяговых электрических машин высокоскоростного транспорта;

- освоения студентами систем управления электроприводами постоянного и переменного тока.

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

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

**ПК-9** - Имеет навык выполнять обоснование параметров конструкции конструкций и систем подвижного состава высокоскоростного наземного транспорта.

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

### **Знать:**

математические основы и способы построения моделей трансформаторов, электрических машин постоянного и переменного тока, преобразователей постоянного тока, выпрямителей, инверторов, законы, способы и алгоритмы управления в системах управления электроприводами постоянного и переменного тока.

### **Уметь:**

формировать модели систем электропривода постоянного и переменного

тока, производить настройку и отладку систем управления электроприводов

**Владеть:**

прикладным программным обеспечением для построения систем управления электроприводами постоянного и переменного тока

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 11 з.е. (396 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 | №8 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 192              | 80      | 64 | 48 |
| В том числе:  |                  |         |    |    |
| Занятия лекционного типа                                  | 96               | 32      | 32 | 32 |
| Занятия семинарского типа                                 | 96               | 48      | 32 | 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.

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|----------|--|
| 1        | 5 семестр Введение.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- содержание курса;<br>- основы моделирования систем электропривода.  |
| 2        | 5 семестр Матричная лаборатория.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- структура, основные приемы работы, краткий видеокурс;<br>- математический аппарат.   |
| 3        | 5 семестр Приложения, как интерактивный инструмент моделирования.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование электронных и электромеханических систем управления.  |
| 4        | 5 семестр Порядок построения и отладки моделей, примеры организации процесса моделирования.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- состав библиотек, основные приемы работы.   |
| 5        | 5 семестр Принципы построения систем электропривода.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- понятие передаточной функции.  |
| 6        | 5 семестр Динамические и частотные характеристики.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример анализа передаточной функции.   |
| 7        | 5 семестр Замкнутые системы автоматического управления.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- принцип обратной связи;<br>- переходные характеристики;<br>- технический и симметричный оптимум.                                    |
| 8        | 5 семестр Моделирование электрических цепей постоянного и переменного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование полупроводниковых элементов   |
| 9        | 5 семестр Топология электроприводов.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные типы и требования, предъявляемые к системам управления автоматическими приводами.   |
| 10       | 5 семестр Полупроводниковые преобразователи.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- полупроводниковые преобразователи в системах управления электрическими машинами.   |
| 11       | 5 семестр Неуправляемые и управляемые выпрямители.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- схемы, принцип управления, энергетические характеристики.  |
| 12       | 5 семестр Понятие о широтно-импульсной модуляции (ШИМ).<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- способы построения и управления ШИМ.  |
| 13       | 5 семестр Моделирование процессов в неуправляемых и управляемых тиристорных выпрямителях с ШИМ при работе на нагрузку.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- гармонический и спектральный анализ токов и напряжений выпрямителей. |
| 14       | 5 семестр Одно- и трехфазные трансформаторы в схемах с управляемыми выпрямителями.<br>Рассматриваемые вопросы:   |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание  |
|----------|---|
|          | - выбор параметров;<br>- моделирование трансформаторов.   |
| 15       | 5 семестр Четырехквadrантное электромеханическое преобразование в электроприводе.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- широтно-импульсные преобразователи (ШИП);<br>- схемы, способы управления.  |
| 16       | 5 семестр Двухквadrантный и четырехквadrантный ШИП с широтно-импульсной модуляцией.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные характеристики и способы управления.  |
| 17       | 5 семестр Моделирование процессов в ШИП.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- гармонический и спектральный анализ токов и напряжений ШИП.   |
| 18       | 6 семестр Математическое описание машин постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- классическая и операторная форма.  |
| 19       | 6 семестр Моделирование двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование реостатного пуска.  |
| 20       | 6 семестр Моделирование двигателя постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование двигателя последовательного возбуждения постоянного тока.  |
| 21       | 6 семестр Виртуальные модели двигателей.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование двигателей постоянного тока.  |
| 22       | 6 семестр Понятие о принципах моделирования в среде Simscape.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- техника моделирования в среде Simscape.  |
| 23       | 6 семестр Настройка контроллера.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные принципы настройки контроллера на примере механической системы   |
| 24       | 6 семестр Скоростная система постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разработка одноконтурной системы.   |
| 25       | 6 семестр Скоростная система постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разработка двухконтурной системы.   |
| 26       | 6 семестр Simscape-модель двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- настройка ПИД-регулятора системы управления угловой скоростью в Simscape-модели двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. |
| 27       | 6 семестр Топология электроприводов.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- преобразователи для управления МПТ;<br>- управляемые выпрямители и широтно-импульсные преобразователи с ШИМ.  |
| 28       | 6 семестр Моделирование преобразователей.   |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание  |
|----------|---|
|          | Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование преобразователей для питания и управления двигателями постоянного тока.   |
| 29       | 6 семестр Широтно-импульсная модуляция в управляемых выпрямителях.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- примеры моделей выпрямителей с ШИМ.   |
| 30       | 6 семестр Виртуальная модель электропривода постоянного тока с однофазным управляемым выпрямителем.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разработка модели электропривода постоянного тока с однофазным управляемым выпрямителем.   |
| 31       | 6 семестр Виртуальная модель электропривода постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разработка модели электропривода постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем.  |
| 32       | 6 семестр Модель электропривода.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разработка модели электропривода постоянного тока с ШИП.  |
| 33       | 6 семестр Реверсивный (четырёхквadrантный) электропривод.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- реверсивный (четырёхквadrантный) электропривод постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем.   |
| 34       | 6 семестр Моделирование трансформаторов.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Simscape-модели двухобмоточного однофазного и трехфазного трансформаторов.  |
| 35       | 7 семестр Электропривод переменного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- конструкции и основные характеристики машин переменного тока;<br>- пространственное преобразование векторов;<br>- неподвижная и вращающаяся система координат и их преобразование;<br>- принцип формирования электроприводов переменного тока в системах автоматического управления. |
| 36       | 7 семестр Математическое описание асинхронной машины (АМ).<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- системы дифференциальных уравнений АМ в неподвижной и вращающейся системах координат.   |
| 37       | 7 семестр Система относительных единиц.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- расчет параметров модели АМ по паспортным данным;<br>- функциональные модели АМ в неподвижной и вращающейся системах координат.  |
| 38       | 7 семестр Виртуальные модели АМ.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- полупроводниковые преобразователи в электроприводе переменного тока;<br>- автономные инверторы;<br>- принцип построения;<br>- функциональные и виртуальные модели в системах электропривода переменного тока.   |
| 39       | 7 семестр Способы представления электромагнитной системы.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- законы управления асинхронным электроприводом;<br>- скалярное управление.  |
| 40       | 7 семестр Векторное управление асинхронным электроприводом.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные принципы. Управление с ориентацией по полю (Field Oriented Control);  |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|----------|--|
|          | - асинхронный привод с токовым управлением;<br>- пример построения модели.   |
| 41       | 7 семестр Прямое управление моментом (Direct Torque Control) в асинхронном электроприводе.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- примеры построения и настройки моделей современных систем асинхронного электропривода. |
| 42       | 7 семестр Синхронные двигатели с постоянными магнитами (PMSM).<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- конструкции, основные характеристики;<br>- математическое описание и примеры моделей приводов с PMSM.              |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание   |
|----------|--|
| 1        | 5 семестр Матричная лаборатория.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные приемы работы;<br>- математический аппарат;<br>- графика, аппроксимация и интерполяция.                     |
| 2        | 5 семестр Базовые принципы моделирования электромеханических систем.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- библиотеки элементов;<br>- формирование моделей на примере передаточных функций. |
| 3        | 5 семестр Моделирование электрических цепей.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование цепей постоянного и переменного тока.  |
| 4        | 5 семестр Моделирование цепи с управляемыми источниками напряжения и тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- работа с параллельной нагрузкой.   |
| 5        | 5 семестр Моделирование трехфазной электрической цепи.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- работа с несимметричной активной нагрузкой и с измерением реактивной мощности.                 |
| 6        | 5 семестр Диод.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование однополупериодного неуправляемого выпрямителя;<br>- анализ гармонического состава.                                      |
| 7        | 5 семестр Тиристор.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование однополупериодного управляемого выпрямителя;<br>- анализ гармонического состава.                                    |
| 8        | 5 семестр ГТО.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование импульсного регулятора;<br>- анализ гармонического состава.  |
| 9        | 5 семестр IGBT.<br>Рассматриваемые вопросы:  |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание  |
|----------|---|
|          | - модель СВЧ-генератора;<br>- модель импульсного регулятора постоянного напряжения.   |
| 10       | 5 семестр Двухмассовая механическая система.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- система с жестким упором.   |
| 11       | 5 семестр Механическая система передачи движения.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- модель передачи вращательного и поступательного движения.  |
| 12       | 6 семестр Разработка функциональной модели двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- расчет параметров, построение модели в Simulink на основе дифференциальных уравнений;<br>- анализ полученных характеристик при разгоне и набросе нагрузки. |
| 13       | 6 семестр Разработка модели реостатного пуска двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели в Simulink, на основе дифференциальных уравнений;<br>- анализ полученных характеристик при разгоне и набросе нагрузки.                |
| 14       | 6 семестр Разработка модели реостатного пуска двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.<br>Работа в программном пакете Matlab/   |
| 15       | 6 семестр Разработка функциональной модели двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели в Simulink с использованием библиотечных блоков;<br>- анализ полученных характеристик при разгоне и набросе нагрузки.               |
| 16       | 6 семестр Разработка виртуальных моделей двигателей постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели в Simulink, анализ полученных характеристик при разгоне и набросе нагрузки.  |
| 17       | 6 семестр Разработка одноконтурной скоростной системы постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- расчет ПИ-регулятора;<br>- построение модели с обратной связью и регулятором скорости.   |
| 18       | 6 семестр Разработка двухконтурной скоростной системы постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- расчет ПИ-регулятора;<br>- построение модели с обратной связью и регулятором скорости.   |
| 19       | 6 семестр Разработка виртуальной модели электропривода постоянного тока с однофазным управляемым выпрямителем.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели электропривода с обратной связью и регулятором скорости;<br>- настройка регулятора с использованием PID-тюнера.             |
| 20       | 6 семестр Разработка виртуальной модели электропривода постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели с обратной связью и регулятором скорости;<br>- настройка регулятора с использованием PID-тюнера.                            |
| 21       | 6 семестр Разработка модели электропривода постоянного тока с ШИП.  |



| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание   |
|----------|--|
|          | <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение модели подсистемы широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель двигателя;</li> <li>- анализ характеристик при изменении параметров модуляции и нагрузки.</li> </ul>  |
| 22       | <p>6 семестр Реверсивный (четырёхквadrантный) электропривод постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем (демонстрационно).</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ модели и характеристик при изменении характера нагрузки.</li> </ul>  |
| 23       | <p>7 семестр Исследование однофазного (мостового) инвертора с симметричным законом управления</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение модел;</li> <li>- быстрое преобразование Фурье;</li> <li>- гармонический анализ токов и напряжений инвертора;</li> <li>- построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.</li> </ul> |
| 24       | <p>7 Исследование однофазного (мостового) инвертора с несимметричным законом управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение модели;</li> <li>- гармонический анализ токов и напряжений инвертора;</li> <li>- построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.</li> </ul>  |
| 25       | <p>7 Исследование трехфазного (мостового) инвертора с симметричным законом управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение модели;</li> <li>- гармонический и спектральный анализ токов и напряжений инвертора;</li> <li>- построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.</li> </ul>                                 |
| 26       | <p>7 семестр Функциональные модели асинхронного двигателя</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение моделей асинхронного двигателя на основе дифференциальных уравнений в неподвижной и вращающейся системе координат;</li> <li>- обобщенная модель АД с преобразованием координат из вращающихся в неподвижные.</li> </ul>                      |
| 27       | <p>7 семестр Виртуальная модель асинхронного двигателя.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение модели АД с использованием библиотечных блоков;</li> <li>- расчет параметров АД по паспортным данным;</li> <li>- расчет и построение механической и рабочих характеристик.</li> </ul>  |
| 28       | <p>7 Асинхронный электропривод с синусоидальной ШИМ и преобразованием координат.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение модели подсистемы синусоидальной широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель асинхронного двигателя;</li> <li>- анализ характеристик при изменении параметров модуляции и нагрузки.</li> </ul>               |
| 29       | <p>7 Асинхронный электропривод с векторной широтно-импульсной модуляцией.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение модели подсистемы пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель асинхронного двигателя;</li> <li>- анализ характеристик при изменении параметров нагрузки.</li> </ul>                       |
| 30       | <p>7 Синхронный электропривод с полеориентированным управлением и ослаблением</p>  |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание   |
|----------|--|
|          | поля (PMSM Field Weakening Control).<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- анализ структуры и алгоритма управления моментом и скоростью вращения синхронного двигателя с постоянными магнитами;<br>- принцип регулирования проекций тока статора и ослабления поля возбуждения для двух типов синхронных машин с постоянными магнитами: с внутренним и внешним ротором. |

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|----------|--|
| 1        | Основы работы с Matlab<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- простейшие операторы;<br>- функции Matlab.   |
| 2        | Графические операторы.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- двумерная и трехмерная графика;<br>- построение графиков по заданиям.  |
| 3        | Аппроксимация и интерполяция<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- сплайн-аппроксимация;<br>- примеры построения функций с использованием сплайн-методов;<br>- метод Монте-Карло.   |
| 4        | Преобразование Фурье.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- примеры разложения функций;<br>- спектральный анализ.   |
| 5        | Simulink<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- общий принцип построения моделей;<br>- настройка моделирования;<br>- библиотека модулей.   |
| 6        | Simscape.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- техника моделирования на основе физических принципов;<br>- модель одномассовой механической системы на примере подвески автомобиля. |
| 7        | Построение передаточных функций на основе дифференциальных уравнений.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- полюса и нули передаточной функции;<br>- пакет Control System Toolbox.  |
| 8        | Анализ передаточных функций в пакете Control System Toolbox<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики;<br>- диаграмма Боде.        |

### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| № п/п | Вид самостоятельной работы             |
|-------|--|
| 1     | Подготовка к лабораторным работам.     |
| 2     | Работа с лекционным материалом         |
| 3     | Выполнение курсовой работы.            |
| 4     | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 5     | Подготовка к текущему контролю.        |

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ Электропривод постоянного тока

Разработка замкнутой системы управления двигателем постоянного тока с заданными динамическими характеристиками

№ РНОМ УНОМ пном ИНОМ Ra La Iпуск/ИномMпуск/Мном J

|    |       |     |      |      |       |       |     |     |                       |
|----|-------|-----|------|------|-------|-------|-----|-----|-----------------------|
| 1  | 0,122 | 60  | 3000 | 2,86 | 0,46  | 0,02  | 2,3 | 2,3 | 15,3·10 <sup>-4</sup> |
| 2  | 0,102 | 60  | 2000 | 2,27 | 0,94  | 0,038 | 2,3 | 2,3 | 15,3·10 <sup>-4</sup> |
| 3  | 0,122 | 110 | 3000 | 1,53 | 1,48  | 0,069 | 2,3 | 2,3 | 15,3·10 <sup>-4</sup> |
| 4  | 0,102 | 110 | 2000 | 1,22 | 3     | 0,129 | 2,3 | 2,3 | 15,3·10 <sup>-4</sup> |
| 5  | 0,204 | 60  | 3000 | 4,57 | 0,23  | 0,013 | 2,3 | 2,3 | 20,4·10 <sup>-4</sup> |
| 6  | 0,122 | 60  | 2000 | 2,72 | 0,52  | 0,032 | 2,3 | 2,3 | 20,4·10 <sup>-4</sup> |
| 7  | 0,204 | 110 | 3000 | 2,46 | 0,765 | 0,043 | 2,3 | 2,3 | 20,4·10 <sup>-4</sup> |
| 8  | 0,122 | 110 | 2000 | 1,46 | 1,74  | 0,108 | 2,3 | 2,3 | 20,4·10 <sup>-4</sup> |
| 9  | 0,254 | 60  | 3000 | 5,6  | 0,284 | 0,01  | 2,3 | 2,3 | 35,7·10 <sup>-4</sup> |
| 10 | 0,203 | 60  | 2000 | 4,3  | 0,645 | 0,02  | 2,3 | 2,3 | 35,7·10 <sup>-4</sup> |
| 11 | 0,286 | 110 | 3000 | 3,05 | 0,945 | 0,034 | 2,3 | 2,3 | 35,7·10 <sup>-4</sup> |
| 12 | 0,203 | 110 | 2000 | 2,33 | 2,2   | 0,068 | 2,3 | 2,3 | 35,7·10 <sup>-4</sup> |
| 13 | 0,776 | 110 | 2510 | 8,2  | 0,237 | 0,015 | 2,3 | 2,3 | 135·10 <sup>-4</sup>  |
| 14 | 0,458 | 110 | 1500 | 5    | 0,605 | 0,042 | 2,3 | 2,3 | 135·10 <sup>-4</sup>  |
| 15 | 0,776 | 220 | 2510 | 4,1  | 0,85  | 0,061 | 2,3 | 2,3 | 135·10 <sup>-4</sup>  |
| 16 | 0,458 | 220 | 1500 | 2,5  | 2,38  | 0,168 | 2,3 | 2,3 | 135·10 <sup>-4</sup>  |
| 17 | 1,638 | 110 | 2510 | 19,2 | 0,147 | 0,006 | 2,0 | 2,0 | 408·10 <sup>-4</sup>  |

18 1,123 110 1500 13 0,42 0,016 2,0 2,0 408·10<sup>-4</sup>  
 19 1,638 220 2510 9,5 0,58 0,066 2,0 2,0 408·10<sup>-4</sup>  
 20 1,123 220 1500 6,4 1,7 0,027 2,0 2,0 408·10<sup>-4</sup>  
 Электропривод переменного тока

Номинальное линейное напряжение: 380 В, Частота питающей сети: 50 Гц

№ Тип двигателя Pн Масса пном КПД cos ? In, А Iк/In Mk/Mн Mmax/Mн J, кг\*м<sup>2</sup>

1 RA71B2 0,55 6 2850 74% 0,84 1,8 6,5 2,3 2,4 0,0005  
 2 RA71A4 0,25 5 1325 62% 0,78 1 3,2 1,7 1,7 0,0006  
 3 RA71B4 0,37 6 1375 66% 0,76 1 3,7 2 2 0,0008  
 4 RA71A6 0,18 6 835 48% 0,69 1 2,3 2,5 2 0,0006  
 5 RA71B6 0,25 6 860 56% 0,72 1 3 2,2 2 0,0009  
 6 RA80A2 0,75 9 2820 74% 0,83 2 5,3 2,5 2,7 0,0008  
 7 RA80B2 1,1 11 2800 77% 0,86 2 5,2 2,6 2,8 0,0012  
 8 RA80A4 0,55 8 1400 71% 0,8 1 5 2,3 2,8 0,0018  
 9 RA80B4 0,75 10 1400 74% 0,8 2 5 2,5 2,8 0,0023  
 10 RA80A6 0,37 8 910 62% 0,72 1 3,3 2 2,5 0,003

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

| № п/п | Библиографическое описание   | Место доступа  |
|-------|--|--|
| 1     | Герман-Галкин, С. Г. Модельное проектирование мехатронных модулей SimInTech / С. Г. Герман-Галкин, Б. А. Карташов, С. Н. Литвинов ; под общей редакцией А. Н. Петухова. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 494 с. — ISBN 978-5-97060-693-3. — Текст : электронный | Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/190723">https://e.lanbook.com/book/190723</a> (дата обращения: 07.11.2022). |
| 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     | Калачёв, Ю. Н. SimInTech: моделирование в  | Лань : электронно-библиотечная   |

|  |   |
|--|---|
| <p>электроприводе / Ю. Н. Калачёв. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 98 с. — ISBN 978-5-97060-766-4. — Текст : электронный</p> | <p>система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/123713">https://e.lanbook.com/book/123713</a> (дата обращения: 07.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.</p> |
|--|---|

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.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 систем электроприводов постоянного и переменного тока

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа в 7, 8 семестрах.  
Экзамен в 6, 7, 8 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