

**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: Инжиниринг подвижного состава  
высокоскоростных железнодорожных  
магистралей

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: 28.05.2025

## 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** - Способен выполнять обоснование параметров конструкции и систем подвижного состава ВСМ.

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 3 з.е. (108 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 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 80               | 80         |
| В том числе:                                              |                  |            |
| Занятия лекционного типа                                  | 32               | 32         |
| Занятия семинарского типа                                 | 48               | 48         |

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 28 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        | Введение.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- содержание курса;<br>- основы моделирования систем электропривода.                                                                                                              |
| 2        | Матричная лаборатория.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- структура, основные приемы работы, краткий видеокурс;<br>- математический аппарат.                                                                                 |
| 3        | 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        | Топология электроприводов.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные типы и требования, предъявляемые к системам управления автоматическими приводами.                                                                     |
| 10       | Полупроводниковые преобразователи.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- полупроводниковые преобразователи в системах управления электрическими машинами.                                                                       |
| 11       | Неуправляемые и управляемые выпрямители.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- схемы, принцип управления, энергетические характеристики.                                                                                        |
| 12       | Понятие о широтно-импульсной модуляции (ШИМ).<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- способы построения и управления ШИМ.                                                                                                        |
| 13       | 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. |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14       | Одно- и трехфазные трансформаторы в схемах с управляемыми выпрямителями.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- выбор параметров;<br>- моделирование трансформаторов.                                                                                 |
| 15       | Четырехквadrантное электромеханическое преобразование в электроприводе.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- широтно-импульсные преобразователи (ШИП);<br>- схемы, способы управления.                                                              |
| 16       | Двухквadrантный и четырехквadrантный ШИП с широтно-импульсной модуляцией.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные характеристики и способы управления.                                                                                        |
| 17       | Моделирование процессов в ШИП.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- гармонический и спектральный анализ токов и напряжений ШИП.                                                                                                                     |
| 18       | Математическое описание машин постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- классическая и операторная форма.                                                                                                                              |
| 19       | Моделирование двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование реостатного пуска.                                                                                                          |
| 20       | Моделирование двигателя постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование двигателя последовательного возбуждения постоянного тока.                                                                                              |
| 21       | Виртуальные модели двигателей.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование двигателей постоянного тока.                                                                                                                                      |
| 22       | Понятие о принципах моделирования в среде Simscape.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- техника моделирования в среде Simscape.                                                                                                                    |
| 23       | Настройка контроллера.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные принципы настройки контроллера на примере механической системы                                                                                                                 |
| 24       | Скоростная система постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разработка одноконтурной системы.                                                                                                                                         |
| 25       | Скоростная система постоянного тока.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разработка двухконтурной системы.                                                                                                                                         |
| 26       | 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       | Топология электроприводов.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- преобразователи для управления МПТ;<br>- управляемые выпрямители и широтно-импульсные преобразователи с ШИМ.                                                                        |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 28       | <p>Моделирование преобразователей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моделирование преобразователей для питания и управления двигателями постоянного тока.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  |
| 29       | <p>Широтно-импульсная модуляция в управляемых выпрямителях.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- примеры моделей выпрямителей с ШИМ.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                           |
| 30       | <p>Виртуальная модель электропривода постоянного тока с однофазным управляемым выпрямителем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка модели электропривода постоянного тока с однофазным управляемым выпрямителем.</li> </ul>                                                                                                                                                     |
| 31       | <p>Виртуальная модель электропривода постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка модели электропривода постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем.</li> </ul>                                                                                                                                                      |
| 32       | <p>Модель электропривода.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка модели электропривода постоянного тока с ШИП.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 33       | <p>Реверсивный (четырёхквadrантный) электропривод.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- реверсивный (четырёхквadrантный) электропривод постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем.</li> </ul>                                                                                                                                                                                 |
| 34       | <p>Моделирование трансформаторов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simscape-модели двухобмоточного однофазного и трехфазного трансформаторов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                              |
| 35       | <p>Электропривод переменного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции и основные характеристики машин переменного тока;</li> <li>- пространственное преобразование векторов;</li> <li>- неподвижная и вращающаяся система координат и их преобразование;</li> <li>- принцип формирования электроприводов переменного тока в системах автоматического управления.</li> </ul> |
| 36       | <p>Математическое описание асинхронной машины (АМ).</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- системы дифференциальных уравнений АМ в неподвижной и вращающейся системах координат.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 |
| 37       | <p>Система относительных единиц.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет параметров модели АМ по паспортным данным;</li> <li>- функциональные модели АМ в неподвижной и вращающейся системах координат.</li> </ul>                                                                                                                                                                    |
| 38       | <p>Виртуальные модели АМ.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- полупроводниковые преобразователи в электроприводе переменного тока;</li> <li>- автономные инверторы;</li> <li>- принцип построения;</li> <li>- функциональные и виртуальные модели в системах электропривода переменного тока.</li> </ul>                                                                                 |
| 39       | <p>Способы представления электромагнитной системы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- законы управления асинхронным электроприводом;</li> <li>- скалярное управление.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                               |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 40       | Векторное управление асинхронным электроприводом.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные принципы. Управление с ориентацией по полю (Field Oriented Control);<br>- асинхронный привод с токовым управлением;<br>- пример построения модели. |
| 41       | Прямое управление моментом (Direct Torque Control) в асинхронном электроприводе.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- примеры построения и настройки моделей современных систем асинхронного электропривода.                                       |
| 42       | 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 GTO.<br>Рассматриваемые вопросы:                                                                                                                                             |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | - моделирование импульсного регулятора;<br>- анализ гармонического состава.                                                                                                                                                                                                                   |
| 9        | 5 семестр IGBT.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- 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>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | 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>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели подсистемы широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель двигателя;<br>- анализ характеристик при изменении параметров модуляции и нагрузки.                                          |
| 22       | 6 семестр Реверсивный (четырёхквadrантный) электропривод постоянного тока с трехфазным управляемым выпрямителем (демонстрационно).<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- анализ модели и характеристик при изменении характера нагрузки.                                                                                |
| 23       | 7 семестр Исследование однофазного (мостового) инвертора с симметричным законом управления<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модел;<br>- быстрое преобразование Фурье;<br>- гармонический анализ токов и напряжений инвертора;<br>- построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора. |
| 24       | 7 Исследование однофазного (мостового) инвертора с несимметричным законом управления.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели;<br>- гармонический анализ токов и напряжений инвертора;<br>- построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.                                        |
| 25       | 7 Исследование трехфазного (мостового) инвертора с симметричным законом управления.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели;<br>- гармонический и спектральный анализ токов и напряжений инвертора;<br>- построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.                           |
| 26       | 7 семестр Функциональные модели асинхронного двигателя<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение моделей асинхронного двигателя на основе дифференциальных уравнений в неподвижной и вращающейся системе координат;<br>- обобщенная модель АД с преобразованием координат из вращающихся в неподвижные.          |
| 27       | 7 семестр Виртуальная модель асинхронного двигателя.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели АД с использованием библиотечных блоков;<br>- расчет параметров АД по паспортным данным;<br>- расчет и построение механической и рабочих характеристик.                                                    |
| 28       | 7 Асинхронный электропривод с синусоидальной ШИМ и преобразованием координат.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели подсистемы синусоидальной широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель асинхронного двигателя;<br>- анализ характеристик при изменении параметров модуляции и нагрузки.   |
| 29       | 7 Асинхронный электропривод с векторной широтно-импульсной модуляцией.<br>Рассматриваемые вопросы:                                                                                                                                                                                                                 |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <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 поля (PMSM Field Weakening Control).</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ структуры и алгоритма управления моментом и скоростью вращения синхронного двигателя с постоянными магнитами;</li> <li>- принцип регулирования проекций тока статора и ослабления поля возбуждения для двух типов синхронных машин с постоянными магнитами: с внутренним и внешним ротором.</li> </ul> |

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p>Основы работы с Matlab</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- простейшие операторы;</li> <li>- функции Matlab.</li> </ul>                                                                                 |
| 2        | <p>Графические операторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- двухмерная и трехмерная графика;</li> <li>- построение графиков по заданиям.</li> </ul>                                                     |
| 3        | <p>Аппроксимация и интерполяция</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сплайн-аппроксимация;</li> <li>- примеры построения функций с использованием сплайн-методов;</li> <li>- метод Монте-Карло.</li> </ul> |
| 4        | <p>Преобразование Фурье.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- примеры разложения функций;</li> <li>- спектральный анализ.</li> </ul>                                                                       |
| 5        | <p>Simulink</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общий принцип построения моделей;</li> <li>- настройка моделирования;</li> <li>- библиотека модулей.</li> </ul>                                           |
| 6        | <p>Simscape.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техника моделирования на основе физических принципов;</li> <li>- модель одномассовой механической системы на примере подвески автомобиля.</li> </ul>     |
| 7        | <p>Построение передаточных функций на основе дифференциальных уравнений.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- полюса и нули передаточной функции;</li> <li>- пакет Control System Toolbox.</li> </ul>      |
| 8        | <p>Анализ передаточных функций в пакете Control System Toolbox</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики;</li> <li>- диаграмма Боде.</li> </ul>            |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы             |
|----------|----------------------------------------|
| 1        | Подготовка к лабораторным работам.     |
| 2        | Работа с лекционным материалом         |
| 3        | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 4        | 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

№ PHOM UNOM пном IHOM Ra La Iпуск/IномMпуск/Mном 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 P<sub>н</sub> Масса пном КПД cos φ I<sub>н</sub>, А I<sub>к</sub>/I<sub>н</sub> M<sub>к</sub>/M<sub>н</sub> M<sub>мах</sub>/M<sub>н</sub>  
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).

| №<br>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<br>Однотомное издание Транспорт , 1986                                                                                                                                           | НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (уч.6); НТБ (фб.)                                                                                                                  |

|   |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Калачёв, Ю. Н. SimInTech: моделирование в электроприводе / Ю. Н. Калачёв. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 98 с. — ISBN 978-5-97060-766-4. — Текст : электронный | Лань : электронно-библиотечная 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. |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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 комплектом 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:

Зачет в 6 семестре.

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:

Директор

О.Н. Покусаев

Заведующий кафедрой ЭлЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов