

**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 - программа специалитета  
по специальности  
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,  
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО  
РУТ (МИИТ) Тимониним В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Системы управления электронными преобразователями подвижного  
состава ВСМ**

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 ФГАОУ ВО РУТ  
(МИИТ)

ID подписи: 5214

Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег  
Евгеньевич

Дата: 01.09.2026

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

Целями освоения учебной дисциплины "Системы управления электронными преобразователями подвижного состава ВСМ" 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 "Системы управления электронными преобразователями подвижного состава ВСМ" 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 2 з.е. (72 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 №9 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 48               | 48         |
| В том числе:                                              |                  |            |
| Занятия лекционного типа                                  | 16               | 16         |
| Занятия семинарского типа                                 | 32               | 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 24 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        | <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> |
| 2        | <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>                                                                                                                                                                                                 |
| 3        | <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>                                                                                                                                                                    |
| 4        | <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>                                                                                 |
| 5        | <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>                                                                                                                                                                                                        |
| 6        | <p>Векторное управление асинхронным электроприводом.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы. Управление с ориентацией по полю (Field Oriented Control);</li> <li>- асинхронный привод с токовым управлением;</li> <li>- пример построения модели.</li> </ul>                                                                                                              |
| 7        | <p>Прямое управление моментом (Direct Torque Control) в асинхронном электроприводе.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- примеры построения и настройки моделей современных систем асинхронного электропривода.</li> </ul>                                                                                                                                                                |
| 8        | <p>Синхронные двигатели с постоянными магнитами (PMSM).</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции, основные характеристики;</li> <li>- математическое описание и примеры моделей приводов с PMSM.</li> </ul>                                                                                                                                                                       |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p>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> </ul> |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | - гармонический анализ токов и напряжений инвертора;<br>- построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2        | 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.                                                                                                                                                                   |
| 3        | 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.                                                                                                                                                      |
| 4        | 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.                                                                                                                                     |
| 5        | 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.                                                                                                                                                                               |
| 6        | 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.                                                                                                                              |
| 7        | Асинхронный электропривод с векторной широтно-импульсной модуляцией.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- построение модели подсистемы пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель асинхронного двигателя;<br>- анализ характеристик при изменении параметров нагрузки.                                                                                                                                      |
| 8        | Синхронный электропривод с полеориентированным управлением и ослаблением 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. |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы         |
|----------|------------------------------------|
| 1        | Подготовка к лабораторным работам. |

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы             |
|----------|----------------------------------------|
| 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 Р<sub>н</sub> Масса пном КПД cos ? 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).

| № 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 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:

Зачет в 9 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. Фионов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭлЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова