

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)

**Системы управления электронными преобразователями подвижного
состава ВСМ**

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: 19.06.2024

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):

ОПК-2 - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

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.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Электропривод переменного тока.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	Рассматриваемые вопросы: - конструкции и основные характеристики машин переменного тока; - пространственное преобразование векторов; - неподвижная и вращающаяся система координат и их преобразование; - принцип формирования электроприводов переменного тока в системах автоматического управления.
2	Математическое описание асинхронной машины (АМ). Рассматриваемые вопросы: - системы дифференциальных уравнений АМ в неподвижной и вращающейся системах координат.
3	Система относительных единиц. Рассматриваемые вопросы: - расчет параметров модели АМ по паспортным данным; - функциональные модели АМ в неподвижной и вращающейся системах координат.
4	Виртуальные модели АМ. Рассматриваемые вопросы: - полупроводниковые преобразователи в электроприводе переменного тока; - автономные инверторы; - принцип построения; - функциональные и виртуальные модели в системах электропривода переменного тока.
5	Способы представления электромагнитной системы. Рассматриваемые вопросы: - законы управления асинхронным электроприводом; - скалярное управление.
6	Векторное управление асинхронным электроприводом. Рассматриваемые вопросы: - основные принципы. Управление с ориентацией по полю (Field Oriented Control); - асинхронный привод с токовым управлением; - пример построения модели.
7	Прямое управление моментом (Direct Torque Control) в асинхронном электроприводе. Рассматриваемые вопросы: - примеры построения и настройки моделей современных систем асинхронного электропривода.
8	Синхронные двигатели с постоянными магнитами (PMSM). Рассматриваемые вопросы: - конструкции, основные характеристики; - математическое описание и примеры моделей приводов с PMSM.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование однофазного (мостового) инвертора с симметричным законом управления Рассматриваемые вопросы: - построение модел; - быстрое преобразование Фурье; - гармонический анализ токов и напряжений инвертора; - построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.
2	Исследование однофазного (мостового) инвертора с несимметричным законом

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	управления. Рассматриваемые вопросы: - построение модели; - гармонический анализ токов и напряжений инвертора; - построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.
3	Исследование трехфазного (мостового) инвертора с симметричным законом управления. Рассматриваемые вопросы: - построение модели; - гармонический и спектральный анализ токов и напряжений инвертора; - построение и анализ внешней, регулировочной характеристик инвертора.
4	семестр Функциональные модели асинхронного двигателя Рассматриваемые вопросы: - построение моделей асинхронного двигателя на основе дифференциальных уравнений в неподвижной и вращающейся системе координат; - обобщенная модель АД с преобразованием координат из вращающихся в неподвижные.
5	семестр Виртуальная модель асинхронного двигателя. Рассматриваемые вопросы: - построение модели АД с использованием библиотечных блоков; - расчет параметров АД по паспортным данным; - расчет и построение механической и рабочих характеристик.
6	Асинхронный электропривод с синусоидальной ШИМ и преобразованием координат. Рассматриваемые вопросы: - построение модели подсистемы синусоидальной широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель асинхронного двигателя; - анализ характеристик при изменении параметров модуляции и нагрузки.
7	Асинхронный электропривод с векторной широтно-импульсной модуляцией. Рассматриваемые вопросы: - построение модели подсистемы пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции и включение ее в модель асинхронного двигателя; - анализ характеристик при изменении параметров нагрузки.
8	Синхронный электропривод с полеориентированным управлением и ослаблением поля (PMSM Field Weakening Control). Рассматриваемые вопросы: - анализ структуры и алгоритма управления моментом и скоростью вращения синхронного двигателя с постоянными магнитами; - 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.

№ 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

№ PНОМ UНОМ пном IНОМ Ra La Iпуск/IномMпуск/Mном J

1	0,122	60	3000	2,86	0,46	0,02	2,3	2,3	$15,3 \cdot 10^{-4}$
2	0,102	60	2000	2,27	0,94	0,038	2,3	2,3	$15,3 \cdot 10^{-4}$
3	0,122	110	3000	1,53	1,48	0,069	2,3	2,3	$15,3 \cdot 10^{-4}$
4	0,102	110	2000	1,22	3	0,129	2,3	2,3	$15,3 \cdot 10^{-4}$
5	0,204	60	3000	4,57	0,23	0,013	2,3	2,3	$20,4 \cdot 10^{-4}$
6	0,122	60	2000	2,72	0,52	0,032	2,3	2,3	$20,4 \cdot 10^{-4}$
7	0,204	110	3000	2,46	0,765	0,043	2,3	2,3	$20,4 \cdot 10^{-4}$
8	0,122	110	2000	1,46	1,74	0,108	2,3	2,3	$20,4 \cdot 10^{-4}$
9	0,254	60	3000	5,6	0,284	0,01	2,3	2,3	$35,7 \cdot 10^{-4}$
10	0,203	60	2000	4,3	0,645	0,02	2,3	2,3	$35,7 \cdot 10^{-4}$
11	0,286	110	3000	3,05	0,945	0,034	2,3	2,3	$35,7 \cdot 10^{-4}$
12	0,203	110	2000	2,33	2,2	0,068	2,3	2,3	$35,7 \cdot 10^{-4}$
13	0,776	110	2510	8,2	0,237	0,015	2,3	2,3	$135 \cdot 10^{-4}$
14	0,458	110	1500	5	0,605	0,042	2,3	2,3	$135 \cdot 10^{-4}$
15	0,776	220	2510	4,1	0,85	0,061	2,3	2,3	$135 \cdot 10^{-4}$
16	0,458	220	1500	2,5	2,38	0,168	2,3	2,3	$135 \cdot 10^{-4}$
17	1,638	110	2510	19,2	0,147	0,006	2,0	2,0	$408 \cdot 10^{-4}$
18	1,123	110	1500	13	0,42	0,016	2,0	2,0	$408 \cdot 10^{-4}$
19	1,638	220	2510	9,5	0,58	0,066	2,0	2,0	$408 \cdot 10^{-4}$
20	1,123	220	1500	6,4	1,7	0,027	2,0	2,0	$408 \cdot 10^{-4}$

Электропривод переменного тока

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

Гц

№ Тип двигателя Pн Масса пном КПД cos ? In, A Iк/In Mк/Mн Mmax/Mн
J, кг*м2

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: https://e.lanbook.com/book/190723 (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 электроприводе / Ю. Н. Калачёв. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 98 с. — ISBN 978-5-97060-766-4. — Текст : электронный	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/123713 (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)
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:

Директор

О.Н. Покусаев

Заведующий кафедрой ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов