

**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 магистратуры  
по направлению подготовки  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Электрические схемы торможения электроподвижного состава**

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Электрический 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: 14.04.2023

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

Целью освоения учебной дисциплины "Электрические схемы торможения электроподвижного состава" является:

- формирование у студентов понятий о процессе управления электроподвижным составом в режиме торможения.

Задачами освоения учебной дисциплины "Электрические схемы торможения электроподвижного состава" являются:

- освоение структуры, принципа действия, особенностей конструктивного исполнения, условий эксплуатации и ремонта электрических схем торможения электроподвижного состава;

- освоение назначения, условия эксплуатации, функциональных и структурных схемы;

- освоение электротяговых и тяговых характеристик электроподвижного состава;

- освоение расчетных соотношений для определения параметров элементов, узлов и блоков электрических схем торможения электроподвижного состава;

- освоение методами рациональной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования электрических схем торможения электроподвижного состава.

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

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

**ПК-3** - Способен осуществлять испытания, техническое обслуживание и ремонт основных элементов и устройств электроподвижного состава;

**ПК-4** - Способен проводить экспертизу и разрабатывать проекты узлов и устройств, технологических процессов эксплуатации, технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава.

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

### **Знать:**

Современные схемы электрического торможения электроподвижного состава,

### **Владеть:**

критериями оценки эффективности применения систем электрического

торможения подвижного состава

**Уметь:**

выбирать наиболее подходящий способ реализации системы исходя из технических требований к подвижному составу и условий безопасности движения

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 з.е. (252 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Сем. №3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	54	54
В том числе:		
Занятия лекционного типа	18	18
Занятия семинарского типа	36	36

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 198 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	<b>Виды систем управления.</b> СУ ЭПС являются одной из важнейших составных частей, предназначенной для регулирования скорости движения подвижного состава в режимах тяги и электрического торможения. Рассмотрены виды неавтоматизированных систем управления: с непосредственным и с косвенным управлением. А также СУ ЭПС с использованием индивидуальных или групповых контакторов.
2	<b>Бесконтактные системы управления.</b> БСУ позволяют осуществлять бесступенчатый пуск, плавное регулирование сил в режимах тяги и торможения. Рассмотрены схемы фазового регулирования напряжения на ЭПС переменного тока и импульсного регулирования напряжения на ЭПС постоянного тока.
3	<b>Основные операции управления.</b> К ним относятся: подключение ЭПС к источнику электрической энергии и отключение от него с помощью токоприемников, включение вспомогательных машин и аппаратов защиты, управление ЭПС в режимах тяги и электрического торможения, реверсирование.
4	<b>Закон изменения величины пускового резистора при постоянстве пускового тока.</b> При неизменности пускового тока и, следовательно, тягового усилия улучшается плавность пуска ЭПС. Определены зависимости между такими параметрами как скорость, величина пускового сопротивления и пусковой ток. При увеличении скорости движения ЭПС пусковое сопротивление уменьшается линейно.
5	<b>Расчетные режимы пусковых реостатов.</b> Эти режимы необходимо учитывать при выборе пусковых реостатов. К ним относятся: пуск при минимальном ускорении, длительная работа с половинным часовым током на любой реостатной позиции, работа в течении 5 минут на маневровых позициях, движение на расчетном подъеме на 2-3 предшествующих ходовой позициях.
6	<b>Расчет пусковых (тормозных) реостатов.</b> Рассматриваются вопросы расчета эффективного тока для секций пускового реостата. Как определяется наиболее тяжелый режим для них. Аналогично рассчитываются и тормозные реостаты.
7	<b>Проверка по нагреванию пусковых (тормозных) реостатов.</b> Выбор резисторов для расчетных режимов может быть выполнен по кривым нагревания или по уравнению нагревания. Приводятся характеристики и конструктивные особенности реостата типа КФ.
8	<b>Компоновка пусковых (тормозных) реостатов.</b> Схемы соединений секций пусковых (тормозных) реостатов составляют с учетом определенных условий. Для увеличения числа реостатных позиций применяют параллельное включение секций пусковых (тормозных) реостатов. Схемы соединений секций пусковых (тормозных) реостатов составляют с учетом определенных условий. Для увеличения числа реостатных позиций применяют параллельное включение секций пусковых (тормозных)

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	реостатов.
9	<p>Расчет дополнительных ступеней.</p> <p>При переходе с ходовой позиции на первую реостатную позицию следующего соединения ТЭД используются дополнительные ступени. Их количество определяется типом ЭПС. Назначение данных ступеней заключается в ограничении тока при перегруппировках ТЭД.</p>
10	<p>Перегруппировки коротким замыканием и шунтированием резистором части ТЭД.</p> <p>Для увеличения скорости ЭПС необходимо применять перегруппировки ТЭД. Перегруппировка коротким замыканием части ТЭД имеет существенный недостаток - провал силы тяги. Во втором способе перегруппировки ТЭД этого недостатка нет из-за отсутствия генераторного тока во время переключений.</p>
11	<p>Перегруппировки коротким замыканием и шунтированием резистором части ТЭД.</p> <p>В третьем методе перегруппировки ТЭД (вентильный переход) использование силовых диодов сокращает количество переходных позиций с пяти до двух. А применение перегруппировки по схеме моста на мотор-вагонном подвижном составе уменьшает до одной переходной позиции.</p>
12	<p>Регулирование скорости движения путём изменения величины магнитного потока. Уменьшение магнитного потока главных полюсов ТЭД применяют для увеличения скорости движения ЭПС. Рассмотрены схемы шунтирования и секционирования обмоток возбуждения ТЭД.</p> <p>Уменьшение магнитного потока главных полюсов ТЭД применяют для увеличения скорости движения ЭПС. Рассмотрены схемы шунтирования и секционирования обмоток возбуждения ТЭД.</p>
13	<p>Регулирование скорости движения ЭПС однофазно-постоянного тока в тяговом режиме.</p> <p>На этом подвижном составе применяется регулирование напряжения на ТЭД с помощью встречно-согласованного включения обмоток на низкой стороне тягового трансформатора. Рассмотрен набор позиций в режиме тяги.</p>
14	<p>Электрическая устойчивость.</p> <p>Все системы электрического торможения должны удовлетворять требованиям электрической устойчивости. Разбираются электрические схемы для реостатного и рекуперативного торможений.</p>
15	<p>Реостатное торможение. Реостатное торможение.</p> <p>Применяется для поддержания постоянной скорости на крутых спусках или снижения ее перед ограничениями по скорости. Выделяемая при этом энергия гасится на тормозном реостате. Анализируются характеристики реостатного торможения с ограничениями, а также используемые схемы включения ТЭД на подвижном составе.</p>
16	<p>Рекуперативное торможение.</p> <p>Использование рекуперативного торможения аналогично реостатному торможению, только выделяемая энергия отдается в контактную сеть. Также рассмотрены характеристики с возможными ограничениями и схемы включения ТЭД на ЭПС.</p>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Исследование работы электрической схемы торможения электроподвижного состава постоянного тока.</p> <p>Анализируется схема цепей управления на 1-ой позиции контроллера машиниста стенда физического моделирования ЭПС. А также, какие аппараты включаются в силовой цепи во время пуска. Моделируются некоторые возможные неисправности в цепях управления.</p>
2	<p>Исследование работы цепей управления аппаратов защиты электроподвижного состава</p> <p>Рассматривается процесс совместного включения аппарата непосредственной защиты (быстродействующий выключатель) и аппарата косвенной защиты (дифференциальное реле). Аналогично моделируются возможные неисправности в электрических цепях.</p>
3	<p>Исследование работы цепей управления ЭПС постоянного тока в режиме рекуперативного торможения.</p> <p>Из-за поляризованного быстродействующего выключателя приходится применять дополнительный аппарат защиты во время рекуперации (быстродействующий контактор). Рассматриваются процессы при нормальном режиме рекуперативного торможения и при аварийном - коротком замыкании в силовой цепи.</p>
4	<p>Исследование работы цепей управления при регулировании напряжения за счет встречно-согласного включения обмоток на низшей стороне тягового трансформатора</p> <p>На ЭПС однофазно-постоянного тока для регулирования напряжения на ТЭДах необходимо изменять коэффициент трансформации трансформатора путем изменения числа витков на первичной или на вторичной сторонах трансформатора. В этой лабораторной работе рассматривается регулирование напряжения на низшей стороне трансформатора.</p>
5	<p>Исследование работы ЭПС однофазно-постоянного тока в режиме реостатного торможения.</p> <p>Для снижения скорости движения на ЭПС применяется реостатное торможение. Рассматриваются электрические цепи при реостатном торможении. Дополнительно анализируется структурная схема блока управления реостатного торможения.</p>
6	<p>Работа цепей управления тяговыми двигателями в тяговом режиме.</p> <p>Рассматривается процесс управления ТЭДаами в тяговом режиме. Анализируются электрические схемы цепей управления, а также силовые цепи.</p>
7	<p>ЭПС однофазно-постоянного тока с рекуперативным торможением.</p> <p>Для уменьшения скорости движения ЭПС применяют также рекуперативное торможение. Анализируется работа инвертора во всех 4-ех зонах регулирования. Рассматривается назначение аппаратов в силовой цепи электровоза в режиме рекуперативного торможения.</p>

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Проработка лекционного материала.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
2	Подготовка к промежуточному контролю
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Системы управления электрическим подвижным составом А.В. Плакс Однотомное издание Маршрут , 2005	НТБ (ЭЭ); НТБ (уч.3); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)
1	Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования. Электрические схемы и аппараты Тихменев Борис Николаевич; Трахтман Леонид Миронович Однотомное издание Транспорт , 1980	НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (фб.)
2	Электровоз ВЛ80с Девятков; Кучеров Однотомное издание Транспорт , 1990	Библиотека МКТ (Люблино); НТБ (уч.1); НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.)
3	Проектирование систем управления электроподвижным составом Ротанов Николай Алексеевич; Захарченко Дмитрий Дмитриевич; Плакс Алексей Владимирович; Некрасов Владимир Иванович; Иньков Юрий Моисеевич; Ротанов Николай Алексеевич Однотомное издание Транспорт , 1986	НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.)
4	Правила тяговых расчетов для поездной работы Однотомное издание Транспорт , 1985	Библиотека МКТ (Люблино); НТБ (уч.1); НТБ (уч.2); НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (уч.6); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.2)
5	Электронная техника и преобразователи Бурков Анатолий Трофимович Однотомное издание Транспорт , 1999	Библиотека МКТ (Люблино); НТБ (уч.2); НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.2); НТБ (чз.4)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

<http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система научно-технической библиотеки МИИТ.

<http://rzd.ru/> - сайт ОАО «РЖД».

<http://elibrary.ru/> - научная электронная библиотека.

Поисковые системы: Yandex, Rambler, Google, Mail.

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Специализированного программного обеспечения не требуется

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения лабораторных занятий необходимо иметь лаборатории с необходимым оборудованием для исследования систем управления электроподвижного состава постоянного и однофазно-постоянного тока. Для лекционных занятий необходимо компьютерное и мультимедийное оборудование (видео - аудиовизуальные средства обучения – видеопроекторы).

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).



Авторы:

доцент, к.н. кафедры «Электропоезда  
и локомотивы»

В.П. Обухов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин