

**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  
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Электроснабжение железных дорог и метрополитенов**

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация: Электроснабжение железных дорог

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: 3221  
Подписал: заведующий кафедрой Шевлюгин Максим  
Валерьевич  
Дата: 06.06.2023

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

Целями освоения учебной дисциплины «Электроснабжение железных дорог» является:

- сформировать у студентов необходимые знания об электрическом взаимодействии всех элементов системы электроснабжения, на основе глубокого изучения физической сущности процессов и режимов работы;
- освоить современные методы расчета и проектирования системы электроснабжения.

Задачами освоения учебной дисциплины «Электроснабжение железных дорог» является:

- формирование у обучающихся понимания взаимодействия элементов электроподвижного состава и системы электроснабжения;
- построение соответствующих моделей процессов и явлений электрической железной дороги.

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

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

**ПК-1** - Способен организовывать и выполнять работы по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации объектов системы электроснабжения железных дорог на основе знаний об особенностях функционирования её основных элементов и устройств, а так же правил технического обслуживания и электробезопасности;

**ПК-2** - Способен осуществлять организационно-техническое, административно-правовое и финансово-экономическое регулирование процессов передачи электроэнергии потребителям с соблюдением критериев надежности электроснабжения, параметров качества электроэнергии и её эффективного использования и экономного расходования;

**ПК-3** - Способен проводить разработку и экспертизу проектов систем электроснабжения железных дорог и метрополитенов, их отдельных элементов и технологических процессов, в том числе, с использованием систем автоматизированного проектирования?.

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

### **Знать:**

Схемы устройств тягового электроснабжения и их особенности. Условия

электрического взаимодействия системы электроснабжения и электроподвижного состава. Основные принципы и методы расчета систем тягового электроснабжения.

**Уметь:**

Определять показатели работы устройств системы тягового электроснабжения.

**Владеть:**

Методологий расчетов основных параметров системы тягового электроснабжения. Методами повышения технико-экономических показателей системы электроснабжения

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 13 з.е. (468 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 |    |    |
|   |                  | №7      | №8 | №9 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 236              | 84      | 80 | 72 |
| В том числе:  |                  |         |    |    |
| Занятия лекционного типа                                  | 102              | 34      | 32 | 36 |
| Занятия семинарского типа                                 | 134              | 50      | 48 | 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 232 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>Системы электроснабжения электрических железных дорог и метрополитенов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- системы электроснабжения при разных системах тяги;</li> <li>- схемы питания тяговой сети в различных условиях их работы;</li> <li>- особенности схем питания тяговой сети однофазного тока промышленной частоты;</li> <li>- трехпроводные схемы;</li> <li>- система 2x25 кВ;</li> <li>- схема питания нетяговых потребителей;</li> <li>- особенности схем питания метрополитенов.</li> </ul>   |
| 2        | <p>Сопротивление тяговой сети.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- потенциалы и токи в рельсах на линиях постоянного тока;</li> <li>- сопротивление проводов и рельсов тяговой сети постоянного тока;</li> <li>- потенциалы и токи в рельсах на линиях переменного тока</li> <li>- сопротивление проводов и рельсов тяговой сети переменного тока;</li> <li>- сопротивление тяговой сети 2x25 кВ;</li> <li>- составное и приведенное сопротивление тяговой сети.</li> </ul>   |
| 3        | <p>Режим работы системы электроснабжения железных дорог.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- влияния отклонения напряжения на скорость и силу тяги электровоза;</li> <li>- рекуперация электроэнергии на линиях постоянного и переменного тока;</li> <li>- напряжение на шинах тяговых подстанций постоянного и переменного тока;</li> <li>- особенность параллельной работы подстанций переменного тока.</li> </ul>  |
| 4        | <p>Способы повышения качества электрической энергии и коэффициента мощности</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- регулирование напряжения на участках постоянного и переменного тока;</li> <li>- регулирование напряжения в условиях несимметричной нагрузки;</li> <li>- влияние несимметричной и несинусоидальной нагрузки на работу различных потребителей;</li> <li>- компенсирующие устройства;</li> <li>- поперечная и продольная компенсация;</li> <li>- определение симметричных составляющих нагрузки на отдельной тяговой подстанции и в питающей линии передачи без применения и с применением компенсирующих устройств;</li> <li>- определение основных параметров режимов работы системы электроснабжения для заданной мгновенной схемы расположения несимметричной нагрузки без применения и с применением компенсирующих устройств.</li> </ul> |
| 5        | <p>Методы расчета системы электроснабжения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы построения методов расчета системы электроснабжения;</li> </ul>  |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|-------|--|
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- метод равномерного сечения графика движения;</li> <li>- метод характерных сечений графика движения;</li> <li>- метод непрерывного исследования графика движения;</li> <li>- методы расчета системы электроснабжения по заданным размерам движения;</li> <li>- метод равномерно распределенной нагрузки и его оценка;</li> <li>- методы расчета по средним размерам движения;</li> <li>- методы, учитывающие случайный характер графика движения;</li> <li>- вывод расчетных формул для определения параметров режимов работы системы электроснабжения.</li> </ul> |
| 6     | <p><b>Расчет мгновенных схем.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет мгновенных схем на линиях постоянного тока;</li> <li>- расчет мгновенных схем на линиях переменного тока;</li> <li>- расчет мгновенной схемы при системы электроснабжения 2?25 кВ;</li> <li>- определения потерь мощности в тяговых сетях постоянного и переменного тока.</li> </ul>   |
| 7     | <p><b>Выбор параметров системы электроснабжения.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбор мощности трансформаторов тяговой подстанции по старению изоляции;</li> <li>- упрощенный метод выбора мощности трансформаторов тяговой подстанции;</li> <li>- выбор сечения проводов контактной сети.</li> </ul>  |
| 8     | <p><b>Принципы поэтапного наращивания мощности системы электроснабжения переменного тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные способы усиления системы электроснабжения переменного тока и возможные сочетания их в схемах развития;</li> <li>- оптимизация развития системы электроснабжения по псевдодинамическому методу;</li> <li>- оптимизация развития системы электроснабжения методом динамического программирования.</li> </ul>   |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание  |
|-------|---|
| 1     | <p><b>Исследование влияния типов и схем соединения трансформаторов тяговых подстанций переменного тока на несимметрию токов во внешней сети.</b></p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения коэффициента несимметрии токов в питающей сети в схемах с трёхфазным трансформатором, с двумя однофазными и с трансформатором Скотта при различных соотношениях нагрузки на плечах подстанции;</li> <li>- построения векторных диаграмм.</li> </ul> |
| 2     | <p><b>Исследование схем подключения группы тяговых подстанций переменного тока к внешней сети.</b></p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения начальных фаз токов;</li> <li>- определения симметричных составляющих токов прямого и обратного следования фаз;</li> <li>- определения коэффициента несимметрии;</li> <li>- построения векторных диаграмм.</li> </ul>   |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание   |
|----------|--|
| 3        | <p>Исследование влияния поперечной ёмкостной компенсации на показатели системы электроснабжения.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения ёмкостного сопротивления конденсаторной батареи из расчёта повышения коэффициента мощности;</li> <li>- определения коэффициентов мощности для оценки влияния конденсаторной батареи на коэффициент мощности;</li> <li>- определения симметричных составляющих токов прямого и обратного следования фаз;</li> <li>- определения коэффициента несимметрии;</li> <li>- построения векторных диаграмм.</li> </ul>  |
| 4        | <p>Исследование влияния продольной ёмкостной компенсации на показатели системы электроснабжения.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментального определения ёмкостного сопротивления конденсаторной батареи;</li> <li>- определения коэффициентов мощности для оценки влияния конденсаторной батареи на коэффициент мощности;</li> <li>- определения симметричных составляющих напряжения прямого и обратного следования фаз;</li> <li>- определения коэффициента несимметрии;</li> <li>- построения векторных диаграмм.</li> </ul>   |
| 5        | <p>Исследование эффективности системы электроснабжения переменного тока 2х25 кВ.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- измерения напряжения на вторичных полуобмотках трансформаторов тяговых подстанций системы 2х25 кВ;</li> <li>- измерения токов, поступающих в контактную подвеску и в дополнительный провод от тяговых подстанций системы 2х25 кВ;</li> <li>- определения углов сдвига тока в контактной подвеске относительно напряжения «контактная сеть – рельс» и тока в дополнительном проводе относительно напряжения «дополнительный провод–рельс»;</li> <li>- определения коэффициента мощности.</li> </ul> |
| 6        | <p>Исследование эффективности системы электроснабжения переменного тока с ЭУП.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- измерения напряжения на плечах питания и на электровозах;</li> <li>- измерения токов, поступающих в плечи питания от тяговых трансформатора и токов электровозов;</li> <li>- измерьте углов сдвига тока в контактной подвеске относительно напряжения «контактная сеть – рельс»;</li> <li>- определения коэффициента мощности.</li> </ul>  |
| 7        | <p>Исследование вынужденного режима системы электроснабжения переменного тока.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- измерения напряжения на вторичных обмотках трансформаторов и электровозах;</li> <li>измерения токов, поступающих в контактную подвеску от тяговых подстанций и токов электровозов;</li> <li>- измерения углов сдвига тока и напряжения;</li> <li>- определения мощности, отдаваемые каждой вторичной обмоткой в тяговую сеть, суммарной мощности питания и мощности, потребляемой электровозами.</li> </ul>  |
| 8        | <p>Моделирование различных схем питания контактной сети постоянного тока.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- измерения токов и напряжений при различных схемах питания контактной сети;</li> <li>- определения потерь мощности в тяговой сети для всех рассмотренных схем питания контактной сети;</li> <li>- построения диаграмм изменения напряжения по длине рассматриваемой межподстанционной зоны.</li> </ul>   |
| 9        | <p>Исследование влияния неравенства напряжений на шинах подстанций на показатели работы тяговой сети постоянного тока.</p>   |

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание   |
|-------|--|
|       | В результате лабораторной работы студент получает навык:<br>- измерения токов и напряжений;<br>- определения потерь мощности в тяговой сети;<br>- построения диаграммы изменения напряжения по длине рассматриваемой межподстанционной зоны.   |
| 10    | <b>Моделирование вынужденных режимов работы системы электроснабжения участка постоянного тока.</b><br>В результате лабораторной работы студент получает навык:<br>- измерения токов и напряжений;<br>- определения потерь мощности в тяговой сети;<br>- построения диаграммы изменения напряжения по длине рассматриваемой межподстанционной зоны.     |
| 11    | <b>Исследование способов повышения напряжения на токоприемнике электровозов на участке постоянного тока.</b><br>В результате лабораторной работы студент получает навык:<br>- измерения токов и напряжений;<br>- построения графиков распределения напряжения вдоль пути.  |
| 12    | <b>Исследование работы тяговой сети постоянного тока при рекуперации электрической энергии.</b><br>В результате лабораторной работы студент получает навык:<br>- измерения токов и напряжений;<br>- построения графиков изменения токов и напряжений в функции от тока рекуперирующего электровоза.  |
| 13    | <b>Исследование распределения потенциалов рельсов относительно земли и токов в рельсах и земле на участках постоянного тока.</b><br>В результате лабораторной работы студент получает навык:<br>- измерения потенциала рельсы – земля;<br>- определения тока в земле и рельсовой цепи;<br>- построения графиков изменения потенциалов и токов рельсов. |
| 14    | <b>Защита подземных металлических сооружений от электрокоррозии</b><br>В результате лабораторной работы студент получает навык:<br>- измерения потенциала строение – земля;<br>- построения зависимости изменения потенциала строение – земля от расстояния и определения по графику точки сооружения с наибольшим положительным потенциалом.          |

### Практические занятия

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|-------|--|
| 1     | <b>Симметрирование однофазной тяговой нагрузки в питающей линии передачи.</b><br>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:<br>- чередовать подключения менее нагруженных фаз тяговых подстанций к разным фазам питающих линий передачи;<br>- обеспечивать параллельную работу смежных подстанций по тяговой сети.  |
| 2     | <b>Расчет энергетических характеристик подстанции с тяговым трансформатором со схемой соединения обмоток «открытый треугольник».</b><br>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:<br>- исследования влияния тягового трансформатора со схемой соединения обмоток «открытый треугольник» на потери мощности и уровень напряжения подстанции переменного тока;<br>- построения векторных диаграмм. |
| 3     | <b>Расчет энергетических характеристик подстанции с тяговым трансформатором со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник».</b>   |

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|-------|--|
|       | В результате работы на практическом занятии студент получает навык:<br>- исследования влияния тягового трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник» на потери мощности и уровень напряжения подстанции переменного тока;<br>- построения векторных диаграмм.   |
| 4     | Расчет энергетических характеристик трансформаторов подстанции при включении устройств поперечной емкостной компенсации.<br>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:<br>- исследования влияния параметров и места включения устройств поперечной емкостной компенсации на потери мощности и уровень напряжения подстанции переменного тока;<br>- построения векторных диаграмм.   |
| 5     | Расчет энергетических характеристик трансформаторов подстанции при включении устройств продольной емкостной компенсации.<br>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:<br>- исследования влияния параметров и места включения устройств поперечной емкостной компенсации на потери мощности и уровень напряжения подстанции переменного тока;<br>- построения векторных диаграмм.   |
| 6     | Расчета мгновенных схем для однопутных участков железной дороги.<br>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:<br>- определения токов тяговых подстанций, потерь напряжения до электровазозов, напряжения на токоприемнике электровазозов и потерь мощности в контактной сети;<br>- построения графиков изменения тока и уровня напряжения в контактной сеи по длине линии;<br>- построения графика потерь напряжения до электровазозов.  |
| 7     | Расчета мгновенных схем для многопутных участков железной дороги.<br>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:<br>- определения токов тяговых подстанций, потерь напряжения до электровазозов, напряжения на токоприемнике электровазозов и потерь мощности в контактной сети;<br>- построения графиков изменения тока и уровня напряжения в контактной сеи по длине линии;<br>- построения графика потерь напряжения до электровазозов. |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| № п/п | Вид самостоятельной работы                   |
|-------|--|
| 1     | подготовка к лабораторным работам            |
| 2     | подготовка к практическим занятиям           |
| 3     | работа с лекционным материалом и литературой |
| 4     | Выполнение курсового проекта.                |
| 5     | Подготовка к промежуточной аттестации.       |
| 6     | Подготовка к текущему контролю.              |

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

1. Выбор расчетных размеров движения для определения мощности тяговых подстанций.
2. Определение средних токов поездов.



3. Выбор трансформаторов тяговых подстанций.
4. Выбор сечения проводов контактной сети.
5. Проверка выбранного сечения проводов на нагрев.
6. Определение поперегонной пропускной способности.
7. Разработка схемы электроснабжения участка.
8. Разработка специального вопроса по дополнительному заданию (с некоторым сокращением при необходимости основного содержания проекта).

Варианты задания на курсовую работу, схемы участков с расположением отдельных пунктов и тяговые расчеты приведены соответственно в Приложениях.

Изменением в задании расположения расчетной тяговой подстанции и расчетной фидерной зоной на вариантах схем участков с расположением отдельных пунктов, а также изменением других исходных данных задания можно получить необходимое количество вариантов курсовой работы.

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

| № п/п | Библиографическое описание   | Место доступа  |
|-------|--|--|
| 1     | Электроснабжение электрических железных дорог. ч.1 170 с. ISBN 978-5-89035-931-5 Чернов Ю.А. Учебное пособие 2005  | Электронно-библиотечной системы «Лань» ( <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> ) |
| 2     | Электроснабжение электрических железных дорог. ч.2: 170 с. ISBN 978-5-89035-931-5 Чернов Ю.А. Учебное пособие 2009 | НТБ РУТ(МИИТ) ( <a href="http://library.miit.ru">http://library.miit.ru</a> ),                         |
| 3     | Электроснабжение электрических железных дорог. ч.3 170 с. ISBN 978-5-89035-931-5 Чернов Ю.А. Учебное пособие 2012  | Электронно-библиотечной системы «Лань» ( <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> ) |
| 1     | Электроснабжение электрифицированных железных дорог. - 528 с. Марквардт К.Г. 1982                                  | НТБ РУТ(МИИТ) ( <a href="http://library.miit.ru">http://library.miit.ru</a> ),                         |

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

<http://scbist.com> - СЦБИСТ Железнодорожный информационный портал: Фотоматериалы, новая техника, информационные материалы, вопросы и ответы.

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru))

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

Российская Государственная Библиотека <http://www.rsl.ru>

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

Microsoft Office

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

Меловая (маркерная) доска или проектор

Оборудование для проведения лабораторных работ:

Комплект учебного оборудования в виде лабораторного стенда, представляющий модель двухпутного участка железной дороги, электрифицированного на постоянном токе.

Комплект учебного оборудования в виде лабораторного стенда, представляющий модель однопутного участка железной дороги, электрифицированного на переменном токе.

Комплект учебного оборудования в виде лабораторного стенда, представляющий умный счетчик электрической энергии.

Лабораторный стенд: «Модель электрической системы с релейной защитой» (МЭС-РЗ-СК).

Лабораторный стенд: «Модель электрической системы с узлом комплексной нагрузки» (МЭС-КН-СК).

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 8 семестре.

Курсовой проект в 8 семестре.

Экзамен в 7, 9 семестрах.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

доцент, к.н. кафедры  
«Электроэнергетика транспорта»

К.С. Субханвердиев

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

М.В. Шевлюгин

С.В. Володин