

**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)**

**Электромагнитная совместимость на электрических железных дорогах**

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: 01.06.2024

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

Целью освоения дисциплины (модуля) “Электромагнитная совместимость на электрических железных дорогах” является:

- освоение студентами методов расчёта и способов обеспечения электромагнитной совместимости электрических железных дорог с смежными линиями связи, рельсовыми цепями автоблокировки, устройствами железнодорожной автоматики, низковольтными линиями электропередачи, трубопроводами, металлическими сооружениями и питающими высоковольтными электросетями.

Задачами освоения дисциплины (модуля) “Электромагнитная совместимость на электрических железных дорогах” является:

- изучение методов математического моделирования источников помех (выпрямительно-инверторных агрегатов тяговых подстанций, электроподвижного состава и др.), законов передачи электромагнитной энергии электрических железных дорог в смежные системы, способов борьбы с атмосферными и коммутационными перенапряжениями;

- обеспечение надёжной и эффективной работы тяговой системы электрифицированного транспорта, автоматизированного электропривода и устройств электропитания других потребителей;

- приобрести способности осуществлять регулирование процессов передачи электроэнергии потребителям с соблюдением критериев надёжности электроснабжения, параметров качества электроэнергии и её эффективного использования и экономного расходования.

## 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 надёжности электроснабжения, параметров качества электроэнергии и её эффективного использования и экономного расходования.

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

**Знать:**

принципы обеспечения ЭМС технических средств, методы испытания оборудования на помехоустойчивость

**Уметь:**

оценивать электромагнитную обстановку при работе технических средств

**Владеть:**

навыками оценки качества фильтров путем измерений

**Знать:**

технические, схемные и организационные мероприятия для обеспечения ЭМС

**Уметь:**

принимать конструкторские и технические решения для ограничения ЭМП

**Владеть:**

навыками выбора мероприятия по защите смежных линий от влияния

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 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 №8
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	56	56
В том числе:		
Занятия лекционного типа	28	28
Занятия семинарского типа	28	28

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 88 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	<p>Электромагнитная совместимость преобразовательных агрегатов тяговых подстанций с питающими электросистемами.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общие сведения об электромагнитной совместимости;</li> <li>- электромагнитная совместимость преобразовательных агрегатов тяговых подстанций с питающими электросистемами;</li> <li>- атмосферные и коммутационные перенапряжения;</li> <li>- потребление реактивной энергии, коэффициент мощности;</li> <li>- несинусоидальность питающего напряжения, критерии несинусоидальности;</li> <li>- несимметрия питающего напряжения тяговых подстанций переменного тока;</li> <li>- способы их улучшения электромагнитной совместимости преобразовательных агрегатов тяговых подстанций с питающими электросистемами</li> </ul>
2	<p>Электромагнитная совместимость высоковольтных линий с протяженными смежными линиями и коммуникациями.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электромагнитная совместимость высоковольтных линий с протяженными смежными линиями и коммуникациями, схемы сближения, классификация электромагнитных влияний;</li> <li>- опасные электрические влияния тяговой сети и линий электропередачи на смежные линии;</li> <li>- опасные магнитные влияния тяговой сети и линий электропередачи на смежные линии, определение влияющих токов.</li> </ul>
3	<p>Электромагнитная и гальваническая совместимость электрических железных дорог со смежными линиями связи и устройствами железнодорожной автоматики.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- влияющие и смежные линии как линии с распределенными параметрами, составление и решение дифференциальных уравнений для линии с распределенными параметрами;</li> <li>- формулы для определения комплексов напряжения и тока в любой точке линии через комплексы напряжения и тока в начале или в линии;</li> <li>- падающие и отраженные волны в линии, согласованная нагрузка, входное сопротивление;</li> <li>- методика расчета мешающих влияний тяговой сети на линии связи;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- краткая методика расчета электромагнитного влияния тяговой сети (линии с сосредоточенными параметрами) на смежные линии (линии с распределенными параметрами);</li> <li>- электрические влияния тяговой сети на изолированную от земли смежную линию и магнитные влияния на заземлённую в конце смежную линию;</li> <li>- гальваническое влияние тяговой сети на протяженные металлические сооружения, результирующее электромагнитное и гальваническое влияние;</li> <li>- методика расчета влияния тягового тока на работу рельсовых цепей и устройства железнодорожной автоматики.</li> </ul>
4	<p><b>Гармонический анализ влияющих токов и напряжений</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прогнозирование гармоник, гармонический анализ с помощью рядов Фурье, графо-аналитический метод;</li> <li>- гармонический анализ выпрямленного напряжения и сетевого тока выпрямительных агрегатов тяговых подстанций;</li> <li>- гармонический анализ тягового тока электрических ж.д. переменного тока;</li> <li>- гармонический анализ тягового тока тиристорно-импульсных преобразователей с частотной и широтной модуляцией;</li> <li>- современные средства и методы измерения гармонического состава токов и напряжений.</li> </ul>
5	<p><b>Защиты, обеспечивающие электромагнитную совместимость</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защиты смежных линий от электромагнитного влияния тяговой сети и линий электропередачи;</li> <li>- обеспечение электромагнитной совместимости с помощью многопульсовых (12- и 24-пульсовых ) выпрямительно-инверторных агрегатов тяговых подстанций;</li> <li>- сглаживающие фильтры тяговых подстанций, выбор их оптимальных схем и параметров;</li> <li>- коэффициенты экранирующего действия рельсов и металлических оболочек кабеля;</li> <li>- фильтр-компенсирующие устройства тяговых подстанций постоянного тока;</li> <li>- защиты подземных сооружений от влияния блуждающих токов в земле.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p><b>Расчёт опасных влияний тяговой сети и линий продольного электроснабжения на смежные линии</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методика расчёт опасных электрических влияний тяговой сети и линий продольного электроснабжения на линии связи;</li> <li>- методика расчёт опасных магнитных влияний тяговой сети и линий продольного электроснабжения на линии связи;</li> <li>- методика расчёт опасных гальванических влияний тяговой сети и линий продольного электроснабжения на линии связи;</li> <li>- опасные результирующие влияния на воздушные и кабельные линии и сравнение их с допустимыми значениями.</li> </ul>
2	<p><b>Методика расчёта мешающих влияний тяговой сети на линии связи.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчёт токораспределения гармонических тягового тока в контактной сети и рельсовых цепях;</li> <li>- определение уровня помех на входе устройств железнодорожной автоматики;</li> <li>- допустимые значения уровня помех на входе устройств железнодорожной автоматики.</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
3	<p>Векторные диаграммы наведенных напряжений в трёхфазной низковольтной линии.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- векторные диаграммы наведенных напряжений в трёхфазной низковольтной линии при электромагнитном влиянии на них тяговой сети;</li> <li>- векторные диаграммы наведенных напряжений в трёхфазной низковольтной линии при электромагнитном влиянии на них линий продольного электроснабжения</li> </ul>
4	<p>Расчёт гармонических составляющих выпрямленного напряжения выпрямительно-инверторных агрегатов тяговых подстанций</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчёт гармонических составляющих выпрямленного напряжения 6-ти пульсовых выпрямительно-инверторных агрегатов;</li> <li>- расчёт гармонических составляющих выпрямленного напряжения 12-ти пульсовых выпрямительно-инверторных агрегатов;</li> <li>- расчёт гармонических составляющих выпрямленного напряжения 24-х пульсовых выпрямительно-инверторных агрегатов;</li> <li>- коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения 6-ти, 12-ти и 24-х пульсовых; выпрямительно-инверторных агрегатов;</li> <li>- коэффициент полной волнистости выпрямленного напряжения. 6-ти, 12-ти и 24-х пульсовых; выпрямительно-инверторных агрегатов.</li> </ul>
5	<p>Расчёт гармонических составляющих. сетевого тока выпрямительно-инверторных агрегатов тяговых подстанций</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчёт гармонических составляющих сетевого тока. 6-ти пульсовых выпрямительно-инверторных агрегатов;</li> <li>- расчёт гармонических составляющих. сетевого тока. 12-ти пульсовых выпрямительно-инверторных агрегатов;</li> <li>- расчёт гармонических составляющих. сетевого тока 24-х пульсовых выпрямительно-инверторных агрегатов;</li> <li>- коэффициент искажения сетевых токов, 6-ти, 12-ти и 24-х пульсовых выпрямительно-инверторных агрегатов.</li> </ul>
6	<p>Аналитическое описание кривой тока в тяговой сети переменного тока</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналитическое описание кривой тока, потребляемого выпрямительным электроподвижным составом;</li> <li>- гармонический анализ тока в тяговой сети при допущении, что индуктивное сопротивление в цепи двигателей близко к бесконечности и мгновенной коммутации;</li> <li>- гармонический анализ при допущении, что ток в цепи двигателей идеально сглажен и естественной коммутации.</li> </ul>

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Тема курсовой работы: “Разработка способов снижения электромагнитного и гальванического влияния электрических ж.д. на линии связи и питающие электросистемы до нормированных величин”. Варианты исходных условий определяются заданием к комплексной учебно-исследовательской работе: вид электрической ж.д. (переменного тока 25 кВ или 2Х25 кВ, постоянного тока с напряжением в тяговой сети 3 кВ, 12 кВ или 24 кВ) и тип электроподвижного состава (выпрямительный, с тиристорно-импульсными преобразователями, с асинхронным тяговым приводом).

В работе должны быть отражены: расчеты опасных влияний электрических ж.д. переменного тока на линии связи в вынужденном режиме и в режиме короткого замыкания в тяговой сети; теоретические расчёты и экспериментальные исследования гармонических составляющих выпрямленного (инвертируемого) напряжения и тока в тяговой сети, сетевого тока и питающего напряжения тяговых подстанций постоянного тока; расчёты мешающих влияний электрических ж.д. переменного и постоянного тока на линии связи для заданных мгновенных схем электроснабжения и режимов работы выпрямительно-инверторных агрегатов тяговых подстанций и электроподвижного состава; выбор оптимальных схем и параметров сглаживающих фильтров тяговой подстанции постоянного тока и тиристорно-импульсного подвижного состава; расчёты коэффициентов искажения сетевого тока, коэффициентов несинусоидальности питающего напряжения, коэффициентов мощности выпрямительно-инверторных агрегатов тяговых подстанций, предложения и разработка мероприятий по доведению этих показателей до значений допустимых по ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Овсянников, А. Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебник / А. Г. Овсянников, Р. К. Борисов. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 196 с. — ISBN 978-5-7782-3367-6.	<a href="https://e.lanbook.com/book/118157">https://e.lanbook.com/book/118157</a> (дата обращения: 21.02.2024).
2	Костроминов, А. М. Электромагнитная	<a href="https://e.lanbook.com/book/279068">https://e.lanbook.com/book/279068</a>

	совместимость и средства защиты: практикум : учебное пособие / А. М. Костроминов, А. А. Костроминов. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. — 44 с. — ISBN 978-5-7641-1781-2.	(дата обращения: 31.01.2024).
3	Электромагнитная совместимость и молниезащита в современной электроэнергетике : учебное пособие / А. Ф. Дьяков, Б. К. Максимов, Р. К. Борисов [и др.]. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : НИУ МЭИ, 2018. — 688 с. — ISBN 978-5-7046-1994-9.	<a href="https://e.lanbook.com/book/307232">https://e.lanbook.com/book/307232</a> (дата обращения: 21.02.2024).
1	Макашева, С. И. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: расчет электромагнитных влияний и обеспечение условий электробезопасности : учебное пособие / С. И. Макашева, С. В. Клименко. — Хабаровск : ДВГУПС, 2021. — 99 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/259427">https://e.lanbook.com/book/259427</a> (дата обращения: 21.02.2024).
2	Федосов, Д. С. Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учебное пособие / Д. С. Федосов. — Иркутск : ИРННТУ, 2021. — 162 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/325484">https://e.lanbook.com/book/325484</a> (дата обращения: 21.02.2024).

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.miiit.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

9. Форма промежуточной аттестации:



Курсовой проект в 8 семестре.

Экзамен в 8 семестре.

#### 10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

профессор, доцент, д.н. кафедры  
«Электроэнергетика транспорта»

Д.В. Ермоленко

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ

М.В. Шевлюгин

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин