

**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)**

**Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических  
системах**

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: 15.05.2024

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

Целями освоения учебной дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» является:

- сформировать у студентов необходимые знания в области электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах;
- освоить современные методы расчета электромагнитных переходных процессов.

Задачами освоения учебной дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» является:

- освоение студентами математических моделей различных элементов электроэнергетических систем;
- получение знаний в области методов исследования переходных процессов;
- формирование у обучающихся навыков по расчету переходных процессов в электроэнергетических системах.

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

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

**ОПК-1** - Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования;

**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:**

- причины возникновения и понимание физической сущности явлений;
- характер протекания электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем;
- математические методы исследования электромагнитных переходных процессов.

### **Уметь:**

- проводить расчеты электромагнитных переходных процессов

электроэнергетических систем различными методами;

- использовать методы анализа и моделирования электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем.

**Владеть:**

- методологией расчетов электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем;

- методами математического моделирования электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 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 №6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	96	96
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	64	64

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 84 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>Системы электроснабжения. Классический метод анализа переходных процессов в электрических цепях.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- характер переходного процесса в зависимости от корней характеристического уравнения;</li><li>- составление характеристического уравнения при гармоническом токе;</li><li>- определение степени характеристического уравнения.</li></ul>
2	<p>Применение преобразования Лапласа к исследованию переходных процессов в электрических цепях.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- определение преобразованной функции и некоторые ее свойства;</li><li>- нахождение исходной функции по ее преобразованной;</li><li>- теоремы и правила операционного исчисления;</li><li>- одностороннее преобразование Фурье и его связь с преобразованием Лапласа.</li></ul>
3	<p>Переходные процессы в сосредоточенных линейных цепях.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- переходные процессы в контурах из последовательно соединенных сопротивления и индуктивности или емкости;</li><li>- переходные процессы в контурах из последовательно соединенных сопротивления, емкости и индуктивности;</li><li>- переходные процессы в индуктивно связанных контурах;</li><li>- переходные процессы в схемах со смешанным соединением.</li></ul>
4	<p>Переходные процессы при импульсных напряжениях.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- методика решения задач при импульсных напряжениях;</li><li>- прямоугольные импульсы;</li><li>- запись импульсов при помощи единичной функции и их операционные выражения;</li><li>- включение контуров на импульсные напряжения различной формы.</li></ul>
5	<p>Переходные процессы в системах с распределенными параметрами.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные дифференциальные уравнения и их решения в операторной форме;</li><li>- импульсные системы и основы дискретного преобразования Лапласа;</li><li>- применение теории разомкнутых и замкнутых импульсных систем к исследованию систем с распределенными параметрами;</li><li>- численные методы расчета переходных процессов в электрических цепях с распределенными параметрами.</li></ul>
6	<p>Расчет переходных процессов методом интеграла Фурье.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- интеграл Фурье и его свойства;</li><li>- представление функций времени интегралом Фурье;</li><li>- представление токов и напряжений интегралом Фурье;</li><li>- приближенный метод определения временной функции по вещественной частотной характеристике системы.</li></ul>
7	<p>Переходные процессы в цепных схемах.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- уравнения четырехполюсника</li></ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уравнения цепной схемы;</li> <li>- включение цепной схемы низкочастотного фильтра на постоянную э.д.с. при холостом ходе при нулевых начальных условиях;</li> <li>- включение цепной схемы на постоянную э.д.с. при коротком замыкании в конце схемы.</li> </ul>
8	<p>Обобщенные функции для анализа и расчета.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрывные и импульсные функции;</li> <li>- переходные характеристики;</li> <li>- интегралы Дюамеля;</li> <li>- особые задачи теории переходных процессов;</li> <li>- операторный метод решения особых задач.</li> </ul>
9	<p>Метод переменных состояния для расчета переходных процессов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы составления уравнений состояния цепи;</li> <li>- аналитические методы решения уравнения состояния цепи;</li> <li>- численные методы решения уравнений состояния цепи.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Анализ переходных процессов при трехфазном КЗ в электрической сети, питающейся от источника бесконечной мощности.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследования факторов, влияющих на величину токов короткого замыкания в электрических сетях;</li> <li>- определения факторов, влияющих на ударную величину тока КЗ и скорость затухания апериодической составляющей.</li> </ul>
2	<p>Анализ переходных процессов при несимметричных КЗ в электрической сети, питающейся от источника бесконечной мощности.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследования зависимости величины тока короткого замыкания от вида повреждения в сетях с изолированной и заземленной нейтралью.</li> </ul>
3	<p>Анализ переходных процессов при однофазных коротких замыканиях в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследования зависимости величины тока короткого замыкания от вида повреждения в сетях с изолированной и заземленной нейтралью.</li> </ul>
4	<p>Исследование процесса синхронизации натурального синхронного генератора с сетью и регулирования его активной и реактивной мощностей.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- точной ручной синхронизации генератора с сетью;</li> <li>- регулирования активной и реактивной мощности синхронного генератора.</li> </ul>
5	<p>Определение угловой характеристики синхронного генератора.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- снятия угловой характеристики синхронного генератора в номинальном режиме;</li> <li>- определения предела статической устойчивости синхронного генератора в номинальном режиме.</li> </ul>
6	<p>Исследование влияния параметров элементов, схемы и режима электрической</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	<p>системы на его устойчивость.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения влияния длины линии электропередачи (ее эквивалентного сопротивления) на предел статической устойчивости синхронного генератора в номинальном режиме;</li> <li>- определения влияния напряжения электропередачи на предел статической устойчивости синхронного генератора в номинальном режиме.</li> </ul>
7	<p>Исследование влияния на статическую устойчивость натурального синхронного генератора вида короткого замыкания в электроэнергетической системе.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследования влияния на статическую устойчивость натурального синхронного генератора однофазных, двухфазных и трехфазных коротких замыканий.</li> <li>- исследования влияния величины тока возбуждения на статическую устойчивость синхронного генератора при перечисленных видах коротких замыканий.</li> </ul>
8	<p>Исследование влияния на динамическую устойчивость натурального синхронного генератора длительности короткого замыкания в электроэнергетической системе.</p> <p>В результате лабораторной работы студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследования влияния длительности двухфазного короткого замыкания на динамическую устойчивость натурального синхронного генератора;</li> <li>- определения влияния величины тока возбуждения и загрузки синхронного генератора на максимальную длительность аварийного режима, не приводящего к потере устойчивости.</li> </ul>

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Анализ переходных процессов классическим методом.</p> <p>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчеты электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем классическим методом;</li> <li>- создания математической модели исследования электромагнитных переходных процессов в сосредоточенных линейных цепях.</li> </ul>
2	<p>Анализ переходных процессов операторным методом.</p> <p>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчеты электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем операторным методом;</li> <li>- создания математической модели исследования электромагнитных переходных процессов в сосредоточенных линейных цепях.</li> </ul>
3	<p>Анализ переходных процессов в линейных цепях подверженных импульсным воздействиям дискретным преобразованием Лапласа.</p> <p>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчеты электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем дискретным преобразованием Лапласа;</li> <li>- создания математической модели исследования электромагнитных переходных процессов в линейных цепях подверженных импульсным воздействиям.</li> </ul>
4	<p>Анализ переходных процессов методом интеграла Дюамеля.</p> <p>В результате работы на практическом занятии студент получает навык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчеты электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем методом интеграла Дюамеля;</li> <li>- создания математической модели исследования электромагнитных переходных процессов в сосредоточенных линейных цепях.</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
5	Анализ переходных процессов методом интеграла Фурье. В результате работы на практическом занятии студент получает навык: - проводить расчеты электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем методом интеграла Фурье; - создания математической модели исследования электромагнитных переходных процессов в четырехполюснике.
6	Анализ переходных процессов методом переменных состояния. В результате работы на практическом занятии студент получает навык: - проводить расчеты электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем методом переменных состояния; - создания математической модели исследования электромагнитных переходных процессов в сосредоточенных линейных цепях.
7	Анализ переходных процессов с применением обобщенных функций. В результате работы на практическом занятии студент получает навык: - проводить расчеты электромагнитных переходных процессов электроэнергетических систем с применением обобщенных функций; - создания математической модели исследования электромагнитных переходных процессов в особых цепях.

#### 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	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	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 зоны 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	Ларин, А. М. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебное пособие / А. М. Ларин, Д. В. Полковниченко, И. Б. Гуляева. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 268 с. — ISBN 978-5-9729-1065-6.	<a href="https://e.lanbook.com/book/282122">https://e.lanbook.com/book/282122</a> (дата обращения: 14.02.2024).
2	Солёная, О. Я. Переходные процессы в электрических системах : учебное пособие / О. Я. Солёная. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2020. — 52 с. — ISBN 978-5-8088-1511-7.	<a href="https://e.lanbook.com/book/216506">https://e.lanbook.com/book/216506</a> (дата обращения: 14.02.2024).
3	Аксютин, В. А. Переходные процессы в электрических цепях : учебное пособие / В. А. Аксютин. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 112 с. — ISBN 978-5-7782-3379-9.	<a href="https://e.lanbook.com/book/118075">https://e.lanbook.com/book/118075</a> (дата обращения: 14.02.2024).
4	Климова, С. Р. Сборник задач по переходным процессам в электрических цепях : учебное пособие / С. Р. Климова, И. А. Харченко. — Москва : МАИ, 2021. — 38 с. — ISBN 978-5-4316-0883-4.	<a href="https://e.lanbook.com/book/256304">https://e.lanbook.com/book/256304</a> (дата обращения: 14.02.2024).
5	Переходные процессы в линейных электрических цепях, нелинейные электрические цепи : учебное пособие / В. Л. Громов, Ю. А. Крюков, О. В. Крюкова, И. И. Шевчук. — Дубна : Государственный университет «Дубна», 2021. — 98 с. — ISBN 978-5-89847-616-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/196924">https://e.lanbook.com/book/196924</a> (дата обращения: 14.02.2024)

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

1. Информационный портал Научная электронная библиотека

eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru))

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

3. 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).

1. Microsoft Office;

2. Специализированная программа Mathcad;

3. Специализированная программа Matlab.

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

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, оснащенные наборами демонстрационного оборудования.

2. Помещения для проведения лабораторных работ, оснащенные следующим оборудованием: модули однофазных трансформаторов, модули трехфазной сети, модули синхронизации, модули выключателей, модули электромагнитного агрегата, модули возбуждения, частотные преобразователи, модули линий электропередач, модули измерительные, модули ввода-вывода, содержащие датчики тока и напряжения, измерители скорости, модули индуктивной, емкостной и активной нагрузки, измерители мощности, модули питания.

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 6 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  
«Электроэнергетика транспорта»

К.С. Субханвердиев

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

М.В. Шевлюгин

С.В. Володин