

**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)**

**Электрические сети и энергосистемы**

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).

Целями освоения учебной дисциплины «Электрические сети и энергосистемы» являются:

- формирование у студентов необходимых знаний об электрическом взаимодействии всех элементов системы электроснабжения, на основе глубокого изучения физической сущности процессов и режимов работы;
- освоение современных методов расчета и проектирования системы электроснабжения.

Задачами освоения учебной дисциплины «Электрические сети и энергосистемы» являются:

- сформировать у обучающихся представление о работе энергосистемы;
- ознакомиться с основным оборудованием распределительных сетей;
- сформировать навыки выбора электрического оборудования;
- овладеть основами расчета установившихся режимов электрических сетей;
- ознакомиться с методами регулирования напряжения в электроэнергетической системе.

## 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.

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

### **Знать:**

Закономерности функционирования электрических сетей и энергосистем.

### **Уметь:**

Рассчитывать потери электрической энергии в электрических сетях.

**Владеть:**

Навыками моделирования работы электрических сетей.

**Знать:**

основные параметры элементов электроэнергетических систем и сетей

**Уметь:**

рассчитывать технико-экономические показатели работы электрических сетей и выбрать рациональный вариант

**Владеть:**

навыками расчета по определению режимов электрической сети

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 №4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	48	48

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 64 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	Общие сведения о энергосистеме Рассматриваемые вопросы: - принципиальная схема ТЭС; - принципиальная схема генератора и трансформатора; - организация производства, передачи и потребления электрической энергии; - основные понятия по ПУЭ и ПТЭЭП.
2	Электрические сети в конструктивном исполнении. Рассматриваемые вопросы: - классификация электрических сетей; - конструктивная часть ВЛ; - особенность работы сетей с малыми токами замыкания на землю; - классификация опор ВЛ.
3	Схема замещения ЛЭП Рассматриваемые вопросы: - П-образная схема замещения ЛЭП; - активное сопротивление; - индуктивное сопротивление; - активная проводимость; - емкостная проводимость; - транспозиция линий; - упрощения для схема замещения ЛЭП.
4	Параметры схемы замещения двухобмоточных трансформаторов. Рассматриваемые вопросы: - условные обозначения в схемах трансформаторов; - паспортные данные трансформатора; - опыт холостого хода; - опыт короткого замыкания.
5	Представление нагрузки в схемах замещения. Рассматриваемые вопросы: - представление нагрузки в виде постоянного тока; - представление нагрузки в виде мощности; - представление нагрузки в виде проводимости или сопротивления; - статические характеристики нагрузки по напряжению и частоте.
6	Потери мощности и энергии в электрических сетях. Рассматриваемые вопросы: - потери мощности в линиях; - разбор задачи: определить потери мощности в ЛЭП 35кВ длиной 20км, питающей нагрузку 10МВА; - расчет режима ЛЭП при заданном токе нагрузки.
7	Расчет режима ЛЭП при заданной мощности нагрузки. Падение и потеря напряжения.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	Рассматриваемые вопросы: - расчет режима ЛЭП в два этапа; - разбор задачи: определение напряжения в конце линии по данным начала участка; - падение и потеря напряжения.
8	<b>Потери мощности в трансформаторах.</b> Рассматриваемые вопросы: - потери мощности в двухобмоточных трансформаторах; - коэффициент трансформации; - потери мощности в трехобмоточных трансформаторах;
9	<b>Расчет сети при заданных мощностях нагрузки и напряжении</b> Рассматриваемые вопросы: - Расчет сети из двух последовательных линий при заданных мощностях нагрузки и напряжений в конце линии - Расчет разомкнутой сети при заданных мощностях нагрузки и напряжении в начале линии (источника питания) - Расчетная нагрузка подстанции. Определение наибольшей потери напряжения.
10	<b>Расчет замкнутых сетей</b> Рассматриваемые вопросы: - распределение потоков мощности в простой замкнутой сети без учета потерь мощности.
11	<b>Компенсация реактивной мощности</b> Рассматриваемые вопросы: - установка продольной емкостной компенсации - компенсирующие устройства поперечного включения
12	<b>Качество электрической энергии.</b> Рассматриваемые вопросы: - ГОСТ 32144-2013 ; - показатели качества электрической энергии; - влияние потребителей электрической энергии на качество электроэнергии; - способы поддержания качества в пределах нормы.
13	<b>Регулирование напряжения в электрических сетях</b> Рассматриваемые вопросы: - регулирование напряжения под нагрузкой и переключение без возбуждения трансформаторов; - регулирование напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи; - регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивного сопротивления линии.
14	<b>Вопросы устойчивости электрических систем.</b> Рассматриваемые вопросы: - режимы работы электрических сетей; - требования к работе систем энергоснабжения; - динамическая устойчивость; -статическая устойчивость.
15	<b>Высоковольтное оборудование подстанций.</b> Рассматриваемые вопросы: - организация работы распределительных сетей; - принципиальные различия основных коммутационных аппаратов

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Измерение режимных параметров установившегося режима электрической сети с односторонним питанием. Рассматриваемые вопросы: - изучение факторов, влияющих на значения режимных параметров линии электропередачи; - изучение методики расчета установившихся режимов; - сопоставление расчетных и экспериментальных данных.
2	Измерение параметров установившегося режима электрической сети с двусторонним питанием. Рассматриваемые вопросы: - исследование параметров линий электропередач на величины режимных параметров в кольцевой сети; - исследование параметров нагрузки на величины режимных параметров в кольцевой сети.
3	Регулирование напряжения и перетоков реактивной мощности в распределительных сетях Рассматриваемые вопросы: - исследование возможности регулирования напряжений по линиям электропередач кольцевых сетей и использованием источников реактивной мощности; - исследование перетоков реактивных мощностей по линиям электропередач кольцевых сетей и использованием источников реактивной мощности.
4	Регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивного сопротивления линии Рассматриваемые вопросы: - изучение влияния продольной емкостной компенсации на величину напряжений в узлах распределительной сети.
5	Регулирование напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей. Рассматриваемые вопросы: - изучение влияния поперечной емкостной компенсации на величину напряжений в узлах распределительной сети.
6	Влияние активной нагрузки на уровень напряжения в сети. Рассматриваемые вопросы: - изучение влияния величины напряжения на величину мощность, потребляемую, активной нагрузкой.
7	Влияние емкостной нагрузки на изменение напряжения в сети. Рассматриваемые вопросы: - изучение влияния величины напряжения на величину мощность, потребляемую, емкостной нагрузкой.
8	Влияние индуктивной нагрузки на изменение напряжения в сети. Рассматриваемые вопросы: - изучение влияния величины напряжения на величину мощность, потребляемую, индуктивной нагрузкой.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Система электроснабжения. Рассматриваемые вопросы: - производство, передача и распределение электроэнергии; - мощность полная, активная, реактивная; - номинальная мощность трансформаторов

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
2	<p>Компановка трансформаторной подстанции.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- распределительные устройства подстанций;</li> <li>- высоковольтное оборудование;</li> <li>- низковольтное оборудование;</li> <li>- примеры работы распределительных сетей;</li> <li>- типы трансформаторных подстанций.</li> </ul>
3	<p>Технологическое присоединение к электрическим сетям.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 условия заключения договора технологического присоединения;</li> <li>- понятия мощности расчетной и установленной.</li> </ul>
4	<p>Категории надежности энергоснабжения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 категории надежности энергоснабжения;</li> <li>- источник бесперебойного питания;</li> <li>- дизель-генераторная установка;</li> <li>- возможное время отключения потребителей.</li> </ul>
5	<p>Выбор высоковольтного оборудования</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выключатель нагрузки, высоковольтный выключатель, разъединитель;</li> <li>- взаимнорезервирующие источники питания;</li> <li>- коэффициент мощности;</li> <li>- выбор трансформатора.</li> </ul>
6	<p>Параметры линии электропередачи.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- схема замещения ВЛ;</li> <li>- решение задач по определению параметров схемы замещения высоковольтных линий.</li> </ul>
7	<p>Параметры схемы замещения трансформаторов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- паспортные данные трансформаторов;</li> <li>- аббревиатура в наименовании трансформаторов;</li> <li>- решение задач по определению параметров схемы замещения трансформаторов.</li> </ul>
8	<p>Работа трансформаторов в параллель.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изменение параметров схемы замещения трансформаторов при параллельной работе нескольких трансформаторов;</li> <li>- эквивалентные сопротивления и проводимости;</li> <li>- решение задач по теме.</li> </ul>
9	<p>Падение и потеря напряжения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- векторная диаграмма напряжения;</li> <li>- решение задач по теме.</li> </ul>
10	<p>Расчет сети из двух последовательных линий при заданных мощностях нагрузки и напряжений в конце линии.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- представление нагрузки в расчетных схемах;</li> <li>- решение задач по теме.</li> </ul>
11	<p>Расчет замкнутых сетей</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- распределение потоков мощности в простой замкнутой сети без учета потерь мощности;</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- потоки мощности в замкнутой сети с учетом потерь мощности.
12	Расчетная нагрузка подстанция. Рассматриваемые вопросы: - представление нагрузки в расчетах; - влияние напряжения линии электропередачи на расчетную нагрузку; - состав расчетной нагрузки подстанции; - решение задач по теме.
13	Полная нагрузка подстанции при работе нескольких трансформаторов. Рассматриваемые вопросы: - опыт холостого хода и эквивалентная проводимость; - опыт короткого замыкания и эквивалентное сопротивление; - решение задач по теме.
14	Схема замещения трехобмоточного трансформатора. Рассматриваемые вопросы: - трехобмоточный трансформатор; - коэффициент трансформации; - расчетная нагрузка подстанции с трехобмоточным трансформатором; - решение задач по теме.
15	Регулирование напряжения. Рассматриваемые вопросы: - РПН и ПБВ трансформаторов; - ступени регулировки напряжения; - компенсация реактивной мощности.
16	Условные обозначения элементов электрических схем. Рассматриваемые вопросы: - существующие правила и ГОСТы с электрическими схемами; - однолинейные схемы; - схема нормального режима; - автоматическое включение резерва; - селективная работа защит.

#### 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 курсовой работы.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

От двух электростанций неограниченной мощности и напряжения А и В по воздушным линиям электропередачи запитаны четыре потребителя 1, 2, 3,



4 в соответствии с заданной схемой.

Примерный перечень тем курсовых проектов представлен в Приложении 1 к рабочей программе. Варианты исходных условий определяются заданием к курсовому проекту (примеры заданий см. Приложение 1). Различия определяются:

- длиной участков,
- мощностью потребителей,
- временем работы в режиме максимальной нагрузки,
- коэффициент мощности.

Вариант для каждого студента выбирается по первой букве фамилии.

Требуется выбрать марку провода для каждого участка.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Лыкин, А. В. Электрические системы и сети : учебник / А. В. Лыкин. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 363 с. — ISBN 978-5-7782-3037-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/118089">https://e.lanbook.com/book/118089</a> (дата обращения: 14.02.2024).
2	Солёная, О. Я. Электрические системы и сети : учебное пособие / О. Я. Солёная, С. В. Солёный. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 79 с. — ISBN 978-5-8088-1744-9	<a href="https://e.lanbook.com/book/340985">https://e.lanbook.com/book/340985</a> (дата обращения: 14.02.2024).
1	Савина, Н. В. Практикум по электрическим сетям : учебное пособие / Н. В. Савина, Ю. В. Мясоедов, В. Ю. Маркитан. — Благовещенск : АмГУ, 2014. — 254 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/156469">https://e.lanbook.com/book/156469</a> (дата обращения: 14.02.2024).
2	Ярош, В. А. Электрические системы и сети. Курсовое проектирование : учебное пособие / В. А. Ярош, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 172 с. — ISBN 978-5-8114-5161-6.	<a href="https://e.lanbook.com/book/147106">https://e.lanbook.com/book/147106</a> (дата обращения: 14.02.2024).

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

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

2. Информационный портал Научная электронная библиотека

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

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

4. 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).

Операционная система Microsoft Windows.

Microsoft Office.

Программно-технический комплекс DeltaProfi.

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

Маркерная доска или проектор.

Оборудование для проведения лабораторных работ:

- 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:

Курсовая работа в 4 семестре.

Экзамен в 4 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

старший преподаватель кафедры  
«Электроэнергетика транспорта»

Е.В. Щегловитова

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ

М.В. Шевлюгин

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин