

**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: 02.06.2023

## 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.

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	Сем. №4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	84	84
В том числе:		
Занятия лекционного типа	34	34
Занятия семинарского типа	50	50

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 60 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>Общие сведения о энергосистеме</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципиальная схема ТЭС;</li> <li>- принципиальная схема генератора и трансформатора;</li> <li>- организация производства, передачи и потребления электрической энергии;</li> <li>- основные понятия по ПУЭ и ПТЭЭП.</li> </ul>
2	<p>Электрические сети в конструктивном исполнении.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация электрических сетей;</li> <li>- конструктивная часть ВЛ;</li> <li>- особенность работы сетей с малыми токами замыкания на землю;</li> <li>- классификация опор ВЛ.</li> </ul>
3	<p>Схема замещения ЛЭП</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- П-образная схема замещения ЛЭП;</li> <li>- активное сопротивление;</li> <li>- индуктивное сопротивление;</li> <li>- активная проводимость;</li> <li>- емкостная проводимость;</li> <li>- транспозиция линий;</li> <li>- упрощения для схема замещения ЛЭП.</li> </ul>
4	<p>Параметры схемы замещения двухобмоточных трансформаторов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- условные обозначения в схемах трансформаторов;</li> <li>- паспортные данные трансформатора;</li> <li>- опыт холостого хода;</li> <li>- опыт короткого замыкания.</li> </ul>
5	<p>Представление нагрузки в схемах замещения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- представление нагрузки в виде постоянного тока;</li> <li>- представление нагрузки в виде мощности;</li> <li>- представление нагрузки в виде проводимости или сопротивления;</li> <li>- статические характеристики нагрузки по напряжению и частоте.</li> </ul>
6	<p>Потери мощности и энергии в электрических сетях.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- потери мощности в линиях;</li> <li>- разбор задачи: определить потери мощности в ЛЭП 35кВ длиной 20км, питающей нагрузку 10МВА;</li> <li>- расчет режима ЛЭП при заданном токе нагрузки.</li> </ul>
7	<p>Расчет режима ЛЭП при заданной мощности нагрузки. Падение и потеря напряжения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет режима ЛЭП в два этапа;</li> <li>- разбор задачи: определение напряжения в конце линии по данным начала участка;</li> <li>- падение и потеря напряжения.</li> </ul>
8	<p>Потери мощности в трансформаторах.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- потери мощности в двухобмоточных трансформаторах;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- коэффициент трансформации; - потери мощности в трехобмоточных трансформаторах;
9	Расчет сети при заданных мощностях нагрузки и напряжении 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	Расчет замкнутых сетей Рассматриваемые вопросы: - распределение потоков мощности в простой замкнутой сети без учета потерь мощности.
11	Компенсация реактивной мощности Рассматриваемые вопросы: - установка продольной емкостной компенсации - компенсирующие устройства поперечного включения
12	Качество электрической энергии. Рассматриваемые вопросы: - ГОСТ 32144-2013 ; - показатели качества электрической энергии; - влияние потребителей электрической энергии на качество электроэнергии; - способы поддержания качества в пределах нормы.
13	Регулирование напряжения в электрических сетях 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	Вопросы устойчивости электрических систем. Рассматриваемые вопросы: - режимы работы электрических сетей; - требования к работе систем энергоснабжения; - динамическая устойчивость; - статическая устойчивость.
15	Высоковольтное оборудование подстанций. 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;

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	- 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
2	Компоновка трансформаторной подстанции. Рассматриваемые вопросы: - распределительные устройства подстанций; - высоковольтное оборудование; - низковольтное оборудование;

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <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>- взаиморезервирующие 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 напряжениях 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> <li>- потоки мощности в замкнутой сети с учетом потерь мощности.</li> </ul>
12	<p>Расчетная нагрузка подстанция.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- представление нагрузки в расчетах;</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- 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	выполнение курсовой работы
2	подготовка к лабораторным работам
3	подготовка к практическим занятиям
4	работа с лекционным материалом и литературой
5	Выполнение курсовой работы.
6	Подготовка к промежуточной аттестации.
7	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	Городские распределительные электрические сети - 105 с. ISBN 978-5-383-00642-9 Шведов Г.В. Издательский дом МЭИ, 2011	ЭБС «Айбукс»
2	Монтаж электрических сетей 512 с. - ISBN 978-985-06-2085-9 М. А. Короткевич Высшая школа, 2012	Электронный ресурс <a href="https://e.lanbook.com/book/248120">https://e.lanbook.com/book/248120</a>
3	Электрические сети и системы - 250 с. ISBN 978-5-89035-491-4 Москаленко, А.В Москва : УМЦ ЖД, 2007	Электронный ресурс <a href="http://library.miit.ru/">http://library.miit.ru/</a>

4	<p>Электрические сети и энергосистемы : учебник для вузов ж.-д. транспорта - 327 с. Р.И. Караев, С.Д. Волобринский, И.Н. Ковалев  М. : Транспорт , 1988</p>	Учебная библиотека №3 (ауд. 4519)
5	<p>Электрические системы и сети - 592 с. ISBN 5-283-01012-0  В.И. Идельчик  М. : Энергоатомиздат , 1989</p>	Фундаментальная библиотека (ауд. 1230)
1	<p>Проектирование электрической сети для питания потребителей железнодорожного узла : метод. указания к курс. работе — 408 с.  Ю.А.Чернов, С.Х.Дарчиев  М. : МИИТ , 2001</p>	Учебная библиотека №3 (ауд. 4519)
2	<p>ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения</p>	<p>Электронный ресурс  <a href="http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&amp;base=STR&amp;n=17585#CZCbCJTM6ehnyYg7">http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&amp;base=STR&amp;n=17585#CZCbCJTM6ehnyYg7</a></p>

3	Правила устройства электроустановок	Электронный ресурс <a href="https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/">https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/</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).

Операционная система Microsoft Windows.

Microsoft Office.

Программно-технический комплекс DeltaProfi.

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

Меловая (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:

ассистент кафедры  
«Электроэнергетика транспорта»

Е.В. Щегловитова

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

М.В. Шевлюгин

С.В. Володин