

**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)**

**Тяговые и трансформаторные подстанции**

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).

Целью освоения дисциплины (модуля) “Тяговые и трансформаторные подстанции” является:

- сформировать у студентов представления о предмете тяговые и трансформаторные подстанции, и методах их сооружения и эксплуатационного обслуживания;

- изучить студентами электрические аппараты, уметь рассчитать параметры заземляющего устройства и средства защиты от прямых ударов молнии; определить необходимую мощность трансформатора собственных нужд, выбрать аккумуляторную батарею с зарядным устройством; разработать чертежи размещения оборудования на территории и в здании тяговой подстанции; оценить (по укрупненным показателям стоимости) капитальные затраты, связанные с сооружением тяговой подстанции; использовать ЭВМ для расчетов токов к. з., переходных процессов при коммутации электрических цепей переменного и постоянного тока. Пользоваться Интернетом и компьютерными технологиями;

- освоение студентами конструктивного выполнения тяговых и трансформаторных подстанций, работой их устройств, основами эксплуатации и методами проектирования тяговых и трансформаторных подстанций.

Задачами дисциплины (модуля) “Тяговые и трансформаторные подстанции” является:

- овладение методологией проектирования тяговых подстанций, принципами построения схем главных электрических соединений и назначение каждого элемента в схеме;

- схемы соединений и конструктивное выполнение понизительных и преобразовательных трансформаторов тяговых подстанций; конструкции изоляторов и токоведущих частей; условия выбора электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих частей; принципы работы устройств для повышения качества электроэнергии; методы расчета заземляющих устройств и устройств защиты от перенапряжений;

- овладение организацией технического обслуживания и ремонта, особенностями процесса восстановления электрической прочности межконтактных промежутков коммутационных аппаратов для характерных случаев отключения токов к. з. и нагрузки;

- овладение перспективой современной электроэнергетики, путями ее развития, энергетическими программами;

- овладение проблемами экологии, связанными с развитием

электроэнергетики, технологиями обработки результатов испытаний, элементами экономического анализа при сравнении вариантов технических решений;

- приобретение знаний и навыков по надёжному обслуживанию и эффективной работе тяговых и трансформаторных подстанций системы электрифицированного транспорта, автоматизированного электропривода и устройств электропитания других потребителей.

## 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-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:**

- принципы построения схем главных электрических соединений тяговых подстанций и назначение каждого элемента в схеме;
- методы расчета токов симметричных и несимметричных к. з.
- принципы действия и конструктивное выполнение основных электрических аппаратов постоянного и переменного тока;
- схемы соединений и конструктивное выполнение понизительных и преобразовательных трансформаторов тяговых подстанций;
- конструкции изоляторов и токоведущих частей;
- условия выбора электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих частей;
- методы расчета заземляющих устройств и устройств защиты от перенапряжений.

### **Уметь:**

- составить схему главных электрических соединений тяго-вой подстанции;
- рассчитать токи к. з., необходимые для, выбора основных электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих частей;
- выбрать электрические аппараты, изоляторы и токоведущие части;
- определить необходимую мощность трансформатора собственных нужд, выбрать аккумуляторную батарею с заряд-ным устройством;
- оценить (по укрупненным показателям стоимости) капи-тальные затраты, связанные с сооружением теговой подстанции;

**Владеть:**

- конструктивным выполнением распределительных уст-ройств и типовых ячеек распределительных устройств всех напряжений постоянного и переменного тока;
- особенностями процесса восстановления электрической прочности межконтактных промежутков коммутационных ап-паратов для характерных случаев отключения токов к. з. и нагрузки;

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 9 з.е. (324 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	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	160	80	80
В том числе:			
Занятия лекционного типа	80	48	32
Занятия семинарского типа	80	32	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 164 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 вопросы энергетики.</p> <p>Электрификация транспорта, назначение и место тяговой подстанции в системе «Электрический транспорт».</p> <p>Основные параметры источников энергии, приёмников и потребителей.</p> <p>Генераторы, трансформаторы, линии электропередач, распределительные сети их типы, назначение и основные параметры.</p> <p>Связь основных параметров электрических сетей, генераторов и трансформаторов.</p>
2	<p>Типы электрических станций и их технологические схемы.</p> <p>Основные характеристики генераторов.</p> <p>Понятия об устройстве и назначении систем с автоматическим регулированием возбуждения генераторов.</p> <p>Силовые и преобразовательные трансформаторы.</p> <p>Основные характеристики. Типы трансформаторов.</p> <p>Допускаемые длительные и кратковременные перегрузки.</p>
3	<p>Схемы внешнего электроснабжения тяговых подстанций от электрической системы.</p> <p>Классификация тяговых подстанций.</p> <p>Особенности систем внешнего электроснабжения тяговых подстанций электрического транспорта</p>
4	<p>Процесс короткого замыкания в электрической системе.</p> <p>Виды коротких замыканий.</p> <p>Причины возникновения и последствия коротких замыканий.</p> <p>Способы уменьшения последствий коротких замыканий.</p>
5	<p>Режимы работы нейтрали.</p> <p>Краткие сведения об особенностях работы трехфазных сетей с незаземленными нейтралью, заземленными через дугогасительные катушки, резисторы и заземленными наглухо.</p> <p>Основные виды коротких замыканий в трехфазных системах, векторные диаграммы токов и напряжений.</p>
6	<p>Переходный процесс.</p> <p>Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании в цепи, питающейся от электрической системы неограниченной мощности.</p> <p>Математическая модель для анализа изменения полного тока КЗ и его составляющих во времени.</p> <p>Ударный ток короткого замыкания и определение его значения.</p> <p>Значения ударного коэффициента и постоянной времени цепи в зависимости от удаленности места короткого замыкания.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
7	<p><b>Несимметричные короткие замыкания.</b>  Понятие о несимметричных коротких замыканиях.  Соотношение между токами короткого замыкания при различных видах короткого замыкания.  Определение тока двухфазного к. з.  Расчет токов короткого замыкания в установках до 1000 В., за преобразовательным трансформатором, на шинах выпрямленного тока и в удалённой точке тяговой сети.</p>
8	<p><b>Общие положения в методах расчёта токов короткого замыкания.</b>  Основные упрощения, принимаемые в практических методах вычислений токов короткого замыкания.  Понятие относительной системы единиц.  Исходные данные для определения величины токов короткого замыкания.  Спротивления элементов цепи короткого замыкания в различных расчётных системах единиц.  Составление схем замещения цепи КЗ и преобразование их к расчётной схеме.  Определение результирующего сопротивления цепи короткого замыкания в избранной системе единиц.</p>
9	<p><b>Частные случаи при вычислении токов короткого замыкания.</b>  Вычисление периодической составляющей и ударного тока трёхфазного короткого замыкания.  Предельные значения ударного коэффициента. (1 час).  Понятие о несимметричных коротких замыканиях. Соотношение между токами короткого замыкания при различных видах несимметричных коротких замыканий. Определение тока двухфазного короткого замыкания. (1 час).  Особенности расчета токов короткого замыкания в установках до 1000 В., за преобразовательным трансформатором, на шинах выпрямленного тока и в удалённой точке тяговой сети.</p>
10	<p><b>Физические основы электродинамического и термического действия токов короткого замыкания.</b>  Определение сил, действующих на проводники в системе трёхфазного переменного тока.  Электродинамическая стойкость электрических аппаратов, шин, кабелей.  Проверка на механическую прочность шинных конструкций.</p>
11	<p><b>Нагрев аппаратов и токоведущих частей.</b>  Нагрев аппаратов и токоведущих частей рабочим током.  Допускаемые температуры нагрева.  Понятие о тепловом импульсе при кратковременном нагреве током короткого замыкания.  Определение температуры нагрева токоведущих частей при КЗ.  Термическая стойкость аппаратов, шин, кабелей.</p>
12	<p><b>Аппараты с рабочим напряжением выше 1000 В.</b>  Требования, предъявляемые к аппаратам с рабочим напряжением выше 1000 В.  Назначение, типы и основные технические параметры аппаратов: разъединители, отделители, короткозамыкатели, реакторы, выключатели, разрядники (ограничители перенапряжений), трансформаторы тока и напряжения.</p>
13	<p><b>Аппараты с рабочим напряжением ниже 1000 В.</b>  Требования, предъявляемые к аппаратам с рабочим напряжением до 1000 В.  Назначение, типы и основные технические параметры аппаратов: рубильники, автоматические электромагнитные и вакуумные выключатели, трансформаторы тока, электроизмерительные приборы и приборы учёта электрической энергии, средства защиты и автоматики.</p>
14	<p><b>Измерительные трансформаторы тока и напряжения.</b>  Трансформаторы напряжения.  Назначение, характеристики, погрешности, схемы соединений трансформаторов напряжения, цепи напряжения тяговой подстанции.  Типы и конструкции трансформаторов напряжения.  Трансформаторы тока, назначение, характеристики, векторная диаграмма, работа в штатном и аварийном режимах, погрешности.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>Применение трансформаторов тока в качестве источников оперативного тока. Типы и конструкции трансформаторов тока.</p>
15	<p><b>Выбор аппаратов и токоведущих частей.</b> Общие параметры для выбора проводников, шин, коммутирующих и защитных аппаратов электроустановок. Выбор измерительных трансформаторов. Выбор предохранителей высокого напряжения. Выбор реакторов и разрядников. Выбор предохранителей и автоматических выключателей в электроустановках установках до 1000 В.</p>
16	<p><b>Заземляющие устройства.</b> Защитное заземление на тяговых подстанциях. Естественные и искусственные заземлители. Наружный и внутренний контур заземления в РУ переменного и выпрямленного тока. Расчет защитного заземления. Грозозащита. Расчет и выбор защит от прямых ударов молнии.</p>
17	<p><b>Схемы тяговых подстанций.</b> Схемы первичной коммутации тяговых подстанций. Требования, предъявляемые к электрическим схемам станций и подстанций. Сборные шины, схемы присоединения различных потребителей к сборным шинам. Секционирование сборных шин разъединителями и выключателями. Схема с двумя системами сборных шин с обходным выключателем. Примеры условного изображения отдельных элементов электрических цепей тяговых подстанций: схемы первичного питания, вводы, преобразователи, распределительные устройства выпрямленного тока, собственные нужды. Однолинейные и трёхлинейные схемы коммутации. Однолинейная схема как основной документ тяговой подстанции.</p>
18	<p><b>Собственные нужды тяговых подстанций.</b> Общие сведения о собственных нуждах подстанций. Классификация потребителей и источники питания собственных нужд переменного тока. Схема устройства для различных типов подстанций. Собственные нужды постоянного тока. Типы аккумуляторов. Режимы работы и способы заряда аккумуляторных батарей. Выбор батареи. Типы зарядных агрегатов и подзарядных агрегатов. Источники оперативного переменного тока.</p>
19	<p><b>Компоновка оборудования на тяговых подстанциях и конструкции тяговых подстанций.</b> Основные требования правил устройства электроустановок и правил техники безопасности к планировке и конструкции тяговых подстанций. Типы и конструкции закрытых и открытых распределительных устройств переменного и выпрямленного тока на тяговых подстанциях. Примеры общих конструктивных решений размещения оборудования на тяговых подстанциях электрифицированных железных дорог, метрополитенов, трамвая и троллейбуса, промышленного транспорта (карьер, заводы и т.п.), установка силовых трансформаторов, выпрямителей и другого оборудования.</p>
20	<p><b>Монтаж тяговых подстанций.</b> Организация монтажных работ. Основные монтажные механизмы, оборудование и приспособления, инструменты. Технология монтажных работ: примеры монтажа трансформаторов, выпрямителей,</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	распределительных устройств, кабелей и проводов (основные правила, нормы, способы и приемы). Наладка и испытания оборудования тяговых подстанций (виды и объемы испытаний, нормы, методы, приборы и схемы испытаний). Приемо-сдаточная документация при вводе в эксплуатацию.

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование режимов работы нейтралей электроустановок. Рассматриваемые вопросы: - электрические сети с изолированными и компенсированными нейтральями; - электрические сети с заземленными, и эффективно-заземленными нейтральями.
2	Производство оперативных переключений на тяговых подстанциях. Рассматриваемые вопросы: схемы распределительных устройств 110 (220) кВ тяговых подстанций; - схемы распределительных устройств 35 кВ тяговых подстанций; - хемы распределительных устройств 10 (6) кВ тяговых подстанций; распределительных устройств тяговой подстанции на основании данных о ремонте и осмотре отдельных аппаратов.
3	Исследование возможности увеличения номинального тока отключения Рассматриваемые вопросы: - возможности увеличения номинального тока отключения составного выключателя, образованного путем последовательного соединения двух стандартных выключателей: переменного тока; - возможности увеличения номинального тока отключения составного выключателя, образованного путем последовательного соединения двух стандартных выключателей: постоянного тока.
4	Исследование работы сглаживающего устройства тяговой подстанции Рассматриваемые вопросы: - исследование влияния сглаживающего устройства тяговой подстанции на процесс отключения тока к. з. фидерным выключателем постоянного тока; - исследование влияния сглаживающего устройства тяговой подстанции на качество выпрямленного напряжения тяговой подстанции.
5	Исследование влияния параметров отключаемой цепи переменного тока Рассматриваемые вопросы: - исследование влияния параметров отключаемой цепи переменного тока на величину восстановивающегося напряжения; - исследование влияния параметров отключаемой цепи к. з. переменного тока на частоту восстановивающегося напряжения.
6	Исследование процесса отключения тока к. з. выключателями переменного тока с дугогашением. Рассматриваемые вопросы: - исследование процесса отключения тока к. з. электромагнитным выключателем переменного тока; - исследование процесса отключения тока к. з. масляным выключателем переменного тока.
7	Исследование процесса отключения тока к. з. бесконтактными и контактно-вентильными выключателями. Рассматриваемые вопросы: - исследование процесса отключения тока к. з. бесконтактным и контактно- вентильным выключателем переменного и постоянного тока;



№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	- облегчение отключения тока к. з в сетях постоянного тока диодными и тиристорными устройствами; - исследование процесса бесконтактного переключения режимов выпрямительно-инверторного преобразователя.
8	Исследование энергетических характеристик понижающих и преобразовательных трансформаторы тяговых подстанций. Рассматриваемые вопросы: - понижающие трансформаторы тяговых подстанций переменного тока 27,5 и 2х27,5 кВ; - особенности конструкции и режимы работы автотрансформаторов; - полупроводниковые неуправляемые и управляемые выпрямительные преобразователи постоянного тока 3,3 и 0,825 кВ.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Режимы нейтралей электрических сетей. Рассматриваемые вопросы: - электрические сети с изолированными и компенсированными нейтралями; - векторные диаграммы токов и напряжений при замыкании одной фазы на землю в сети с изолированными и компенсированными нейтралями; - электрические сети с заземленными, и эффективно-заземленными нейтралями; - технико-экономические обоснования использования электрических сетей с изолированными, компенсированными, заземленными, и эффективно-заземленными нейтралями при различных номинальных напряжениях.
2	Режимы перемежающейся дуги в электрических сетях с изолированными и компенсированными нейтралями. Рассматриваемые вопросы: - переходные процессы в режиме перемежающейся дуги в электрических сетях с изолированными нейтралями; - переходные процессы в режиме перемежающейся дуги в электрических сетях с компенсированными нейтралями; - векторные диаграммы токов и напряжений в режиме перемежающейся дуги.
3	Расчет тока трехфазного к. з. в заданной точке тяговой подстанции. Рассматриваемые вопросы: - составление схемы замещения для расчета трехфазного к. з. в заданной точке электрической системы; - определение результирующего сопротивления цепи к. з.; - оценка удаленности трехфазного к. з. в заданной точке; - расчет тока трехфазного к. з.
4	Расчет двухфазного тока к. з. Рассматриваемые вопросы: - составление схемы замещения прямой и обратной последовательности; - расчет удаленного тока двухфазного к. з. упрощенным методом; - расчет не удаленного двухфазного к. з. методом типовых кривых; - векторные диаграммы токов и напряжений в точках двухфазных коротких замыканий.
5	Расчет однофазного тока к. з. Рассматриваемые вопросы: - составление схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности; - расчет удаленного тока однофазного к. з. упрощенным методом; - расчет не удаленного однофазного к. з. методом типовых кривых; - векторные диаграммы токов и напряжений в точках однофазных коротких замыканий.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
6	<p>Расчет тока двухфазного к. з на землю.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составление схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности;</li> <li>- расчет удаленного тока двухфазного к.з. на землю упрощенным методом;</li> <li>- расчет тока к.з. не удаленного двухфазного на землю методом типовых кривых;</li> <li>- векторных диаграммы токов и напряжений в точке двухфазного к. з на землю.</li> </ul>
7	<p>Расчет тока к. з. на шинах РУ 3,3 кВ и РУ 0,825 тяговой подстанции постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- схемы 6- и 12-пульсовых выпрямителей тяговых подстанций;</li> <li>- внешняя характеристика 6- и 12-пульсовых выпрямителей тяговых подстанций в рабочем режиме;</li> <li>- внешняя характеристика 6- и 12-пульсовых выпрямителей тяговых подстанций в режиме короткого замыкания;</li> <li>- переходные режимы и расчет максимальных токов к.з.</li> </ul>
8	<p>Оценка электродинамической и термической стойкости электрооборудования тяговых подстанций.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение электродинамической стойкости шинных конструкций и кабелей в заданной схеме электроустановки по данным расчетов трехфазного к.з.;</li> <li>- определение термической стойкости шинных конструкций и кабелей в заданной схеме электроустановки по данным расчетов трехфазного к.з.;</li> <li>- выбор токоведущих частей, изоляторов, шин, кабелей;</li> <li>- выбор коммутационных электрических аппаратов (выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, предохранителей, токоограничителей).</li> </ul>
9	<p>Расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя постоянного тока</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя при заданном законе изменения напряжения на дуге;</li> <li>- расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя при отсутствии разрядного устройства;</li> <li>- расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя при наличии разрядного устройства.</li> </ul>
10	<p>Расчет параметров восстанавливающегося напряжения при отключении характерных цепей переменного тока</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет параметров восстанавливающегося напряжения при отключении цепи переменного тока идеальным выключателем;</li> <li>- расчет параметров восстанавливающегося напряжения при отключении цепи переменного тока выключателем шунтированным активным сопротивлением.</li> </ul>
11	<p>Выбор рациональных схем распределительных устройств тяговой подстанции в соответствии с заданными условиями.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- схемы внешнего электроснабжения тяговых подстанций;</li> <li>- схемы распределительных устройств 110 (220) кВ тяговых подстанций;</li> <li>- схемы распределительных устройств 35 кВ тяговых подстанций;</li> <li>- схемы распределительных устройств 10 (6) кВ тяговых подстанций;</li> <li>- схемы распределительных устройств 27,5 и 2 X27,5 кВ тяговых подстанций;</li> <li>- схемы распределительных устройств 3,3 кВ тяговых подстанций;</li> <li>- схемы распределительных устройств 0,825 кВ метрополитенов;</li> <li>- разработка последовательности производства основных переключений в схемах распределительных устройств тяговой подстанции на основании данных о ремонте и осмотре отдельных аппаратов.</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
12	<p><b>Источники электрической энергии собственных нужд</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение мощности трансформаторов собственных нужд тяговой подстанции;</li> <li>- схемы питания потребителей собственных нужд тяговых подстанций постоянного и переменного тока;</li> <li>- выбор мощности трансформатора собственных нужд;</li> <li>- выбор аккумуляторной батареи, зарядного и подзарядного преобразователей.</li> </ul>
13	<p><b>Измерительные трансформаторы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация и основные параметры трансформаторов тока применяемых на тяговых подстанциях, их выбор;</li> <li>- классификация и основные параметры трансформаторов напряжения, применяемых на тяговых подстанциях, их выбор;</li> <li>- трансреакторы.</li> </ul>
14	<p><b>Отключение цепи переменного тока высоковольтным выключателем с дугогашением.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- восстановление напряжения на полюсах выключателя переменного тока;</li> <li>- определение возвращающегося напряжения при отключении различных видов к. з. в трехфазной сети;</li> <li>- отключение цепи постоянного тока выключателем с дугогашением;</li> <li>- энергия, выделяемая в дуге выключателя при отключении;</li> <li>- особенности отключения выключателем тяговой нагрузки;</li> <li>- бездуговое отключение цепей переменного тока;</li> <li>- бездуговое отключение цепей постоянного тока;</li> <li>- разрядные устройства.</li> </ul>
15	<p><b>Понижающие и преобразовательные трансформаторы тяговых подстанций.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понижающие трансформаторы тяговых подстанций переменного тока 27,5 и 2х27,5 кВ;</li> <li>- особенности конструкции и режимы работы автотрансформаторов;</li> <li>- полупроводниковые неуправляемые выпрямительные преобразователи постоянного тока 3,3 и 0,825 кВ;</li> <li>- полупроводниковые управляемые выпрямительные и выпрямительно-инверторные преобразователи постоянного тока 3,3 и 0,825 кВ.</li> </ul>
16	<p><b>Обеспечение электромагнитной совместимости оборудования тяговых подстанций со смежными и питающими сетями</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обеспечение электромагнитной совместимости оборудования тяговых подстанций с электрическими сетями;</li> <li>- обеспечение электромагнитной совместимости оборудования тяговых подстанций с линиями связи и устройствами СЦБ;</li> <li>- сглаживающие фильтры тяговых подстанций.</li> </ul>
17	<p><b>Средства повышения качества электроэнергии на тяговых подстанциях постоянного тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- компенсация реактивной мощности на тяговых подстанциях переменного тока;</li> <li>- компенсация реактивной мощности на тяговых подстанциях постоянного тока;</li> <li>- регулирование напряжения на тяговых подстанциях переменного и постоянного тока;</li> <li>- устройства поперечной и продольной емкостной компенсации.</li> </ul>
18	<p><b>Конструктивное выполнение распределительных устройств тяговых подстанций.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общие требования к конструкциям открытых и закрытых распределительных устройств.</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	Распределительные устройства 220, 110 кВ; - конструктивное выполнение распределительных устройств тяговых подстанций 35, 10, 6 кВ; - конструктивное выполнение распределительных устройств тяговых подстанций 27, 5 и 2х25 кВ; - конструктивное выполнение распределительных устройств тяговых подстанций постоянного тока 3, 3 и 0,825 кВ.
19	Расчет параметров заземляющего устройства тяговой подстанции. Рассматриваемые вопросы: - рабочее и защитное заземление тяговых подстанций переменного и постоянного тока; - расчет заземляющих устройств тяговых подстанций переменного (27,5 и 2х27,5 кВ) и постоянного тока 3,3 кВ.
20	Методы технического обслуживания и ремонта тяговых подстанций. Рассматриваемые вопросы: - измерения, учет энергии на тяговых подстанциях; - схемы управления, сигнализации и контроля; - электромагнитные и механические блокировки безопасности; - правила техники безопасности и противопожарной безопасности при эксплуатации тяговых подстанций.

#### 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

Примерный перечень тем курсовых проектов представлен в Приложении 1 к рабочей программе. При выполнении проекта: рассчитать токи короткого замыкания в характерных точках тяговой подстанции; составить однолинейную схему тяговой подстанции; выбрать основное электрооборудование тяговой подстанции; составить план размещения основного электрооборудования тяговой подстанции. Варианты исходных условий определяются заданием к курсовому проекту (примеры заданий см. Приложение 1). Различия определяются:

- типом подстанции
- схемой внешнего электроснабжения
- мощностью понизительных и преобразовательных трансформаторов

- количеством фидеров тяговой сети

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Штин, А. Н. Тяговые и трансформаторные подстанции: курс лекций : учебное пособие / А. Н. Штин, Ю. П. Неугольников. — Екатеринбург : , 2021. — 170 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/246842">https://e.lanbook.com/book/246842</a> (дата обращения: 31.01.2024).
2	Наумов, И. В. Расчет и выбор оборудования районных трансформаторных подстанций : учебное пособие / И. В. Наумов, Т. Б. Лещинская, Д. А. Иванов. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2012. — 96 с. — ISBN 978-5-91777-071-0.	<a href="https://e.lanbook.com/book/133346">https://e.lanbook.com/book/133346</a> (дата обращения: 21.02.2024).
3	Марков, В. С. Электрические схемы трансформаторных подстанций и распределительных пунктов сети 6–10 кВ / В. С. Марков ; Под ред.: Вайтеленок Л. В.. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 108 с. — ISBN 978-5-507-44992-7.	<a href="https://e.lanbook.com/book/275522">https://e.lanbook.com/book/275522</a> (дата обращения: 21.02.2024).
4	Пузина, Е. Ю. Схемы распределительных устройств тяговых подстанций : учебное пособие / Е. Ю. Пузина. — Иркутск : ИрГУПС, 2022. — 84 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/342119">https://e.lanbook.com/book/342119</a> (дата обращения: 31.01.2024).
5	Кондратьев, Ю. В. Коммутационное оборудование тяговых и трансформаторных подстанций : учебно-методическое пособие / Ю. В. Кондратьев, В. Л. Незевак. — Омск : ОмГУПС, 2020 — Часть 3 — 2020. — 23 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/165663">https://e.lanbook.com/book/165663</a> (дата обращения: 31.01.2024).
6	Марикин, А. Н. Тяговые и трансформаторные подстанции 2: Методические указания к лабораторным работам : методические указания / А. Н. Марикин, В. М. Федоров, О. В. Хвостова. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2017. — 36	<a href="https://e.lanbook.com/book/93838">https://e.lanbook.com/book/93838</a> (дата обращения: 31.01.2024).
7	Аппаратура тяговых и трансформаторных подстанций : учебное пособие / составитель Е. Ю. Пузина. — Иркутск : ИрГУПС, 2017. — 180 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/134713">https://e.lanbook.com/book/134713</a> (дата обращения: 31.01.2024).
8	Марикин, А. Н. Тяговые и трансформаторные подстанции: методические указания к выполнению курсового проекта по специальности	<a href="https://e.lanbook.com/book/41108">https://e.lanbook.com/book/41108</a> (дата обращения: 31.01.2024).

"Электроснабжение железных дорог" : методические указания / А. Н. Марикин, В. М. Федоров, Ю. П. Васильев. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2012. — 40 с.	
--	--

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).

Маркепная доска или проектор.

Оборудования для лабораторных работ по дисциплине Тяговые и трансформаторные подстанции.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.

Курсовой проект в 7 семестре.

Экзамен в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

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

М.П. Бадёр

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ

М.В. Шевлюгин

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин