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 - программа бакалавриата
по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электрические станции и подстанции

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Электроснабжение

Форма обучения: Очно-заочная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
ID подписи: 3221
Подписал: заведующий кафедрой Шевлюгин Максим Валерьевич
Дата: 01.09.2026

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 заряд¬ным устройством; разработать чертежи размещения оборудования на территории и в здании тяговой подстанции;оценить (по укрупненным показателям стоимости) капитальные затраты, связанные с сооружением теговой 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 ап¬паратов 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 электрифи¬цированного транспорта, автоматизированного электропривода и уст¬ройств 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 систем электроснабжения на основе знаний об особенностях функционирования их основных элементов и устройств, а так же правил технического обслуживания и электробезопасности;

ПК-2 - Способен проводить экспертизу и проектирование систем электроснабжения, производить необходимые расчеты, в том числе, с применением средств 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 основ¬ных электрических аппаратов постоянного и переменного то¬ка;

- 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 соб¬ственных 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 6 з.е. (216 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):	80	48	32
В том числе:			
Занятия лекционного типа	48	32	16
Занятия семинарского типа	32	16	16

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 136 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 об энергетических, электроэнергетических системах и электрических сетях. Рассматриваемые вопросы: - краткий обзор состояния и развития электрифика¬ции народного хозяйства и железнодорожного транспорта России; - энергетическая программа.,основные понятия, терминология; - шоминальные напряжения и номинальные токи электроустановок. источники энергии - электрические станции; - основные режимы и показатели работы элетро¬энергетических системы, проблемы экологии; - режимы работы нейтралей электрических сетей (изолированные, компенсированные, заземленныеи эффективно-заземленные электрические сети), технико-экономические обоснования их использования при различных номинальных напряжениях.
2	Схемы внешнего электроснабжения и распределительных устройств тяговых подстанций Рассматриваемые вопросы: - схемы внешнего электроснабжения тяговых под¬станций; -с хемы распределительных устройств 110 (220) кВ; - схемы распределительных устройств 35 кВ и 10 (6) кВ; - схемы распределительных устройств 27,5 и 2Х Х27,5 кВ; -схемы распределительных устройств 3,3 и 0,825 кВ.
3	Типы электрических станций и их технологические схемы. Основные характеристики генераторов. Понятия об устройстве и назначении систем с автоматическим регулированием возбуждения генераторов. Силовые и преобразовательные трансформаторы. Основные характеристики. Типы трансформаторов. Допускаемые длительные и кратковременные перегрузки
4	Процесс короткого замыкания в электрической системе. Виды коротких замыканий. Причины возникновения и последствия коротких замыканий. Способы уменьшения последствий коротких замыканий
5	Электрическая дуга. Коммутационные электрические аппараты. Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- общие сведения, электрическая дуга и ее основные свойства и характеристики, физические процессы в столбе дуги; - отключение цепи переменного тока высоковольтным выключателем с дугогашением; - восстановление напряжении на полюсах выключателя переменного тока; - определение возвращающегося напряжения при отключении различных видов к. з. в трехфазной сети; - высоковольтные выключатели переменного тока с дугогашением; - общие принципы отключения цепей постоянного тока; - отключение цепи постоянного тока выключателем с дугогашением, энергия, выделяемая в дуге выключателя при отключении; - особенности отключения выключателем тяговой нагрузки; - автоматические быстродействующие выключатели постоянного тока, разрядные устройства; - бездуговое отключение цепей переменного и посто¬янного тока; - разъединители, отделители, короткозамыкатели, предохранители, токоограничители; - приводы электрических аппаратов; - применение ЭВМ для расчетов переходных про¬цессов при коммутации цепей переменного и постоянного тока.
6	Частные случаи при вычислении токов короткого замыкания. 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. (1час). Особенности расчета токов короткого замыкания в установках до 1000 В., за преобразовательным трансформатором, на шинах выпрямленного тока и в удалённой точке тяговой сети
7	Физические основы электродинамического и термического действия токов короткого Определение сил, действующих на проводники в системе трёхфазного переменного тока. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов, шин, кабелей. Проверка на механическую прочность шинных конструкций.
8	Нагрев аппаратов и токоведущих частей. 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
9	Схемы подстанций. 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.
10	Компоновка оборудования на тяговых подстанциях и конструкции тяговых Основные требования правил устройства электроустановок и правил техники безопасности к

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	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 (карьеры, заводы и т.п.), установка силовых трансформаторов, выпрямителей и другого оборудования
11	Собственные нужды подстанций. 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
12	Монтаж подстанций. Монтаж тяговых подстанций. Организация монтажных работ. Основные монтажные механизмы, оборудование и приспособления, инструменты. Технология монтажных работ: примеры монтажа трансформаторов, выпрямителей, распределительных устройств, кабелей и проводов (основные правила, нормы, способы и приемы). Наладка и испытания оборудования тяговых подстанций (виды и объёмы испытаний, нормы, методы, приборы и схемы испытаний). Приемо-сдаточная документация при вводе в эксплуатацию

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Расчет тока трехфазного к. з. в заданной точке тяговой подстанции. Рассматриваемые вопросы: - составление схемы замещения для расчета трехфаз¬ного к. з. в заданной точке электрической системы; - определе¬ние результирующего сопротивления цепи к. з.; - оценка уда¬ленности трехфазного к. з. в заданной точке; - расчет тока трехфазного к. з.
2	Расчет двухфазного тока к. з. Рассматриваемые вопросы: - составление схемы замещения прямой и обратной последовательности; - расчет удаленного тока двухфазного к. з. упрощенным методом; - расчет неудаленного двухфазного к., з. методом типовых кривых; - векторные диаграммы токов и напряжений в точках двухфазных коротких замыканий.
3	Расчет однофазного тока к. з. Рассматриваемые вопросы: - составление схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности; - расчет удаленного тока однофазного к. з. упрощенным методом;

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- расчет неудаленного однофазного к., з. методом типовых кривых; - векторные диаграммы токов и напряжений в точках однофазных коротких замыканий.
4	Расчет тока двухфазного к. з на землю. Рассматриваемые вопросы: - составление схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности; - расчет удаленного тока двухфазного к.з. на землю упрощенным методом; - расчет тока к.з. неудаленного двухфазного на землю методом типовых кривых; - векторных диаграммы токов и напряжений в точке двухфазного к. з на землю.
5	Расчет тока к. з. на шинах РУ 3,3 кВ и РУ 0,825 тяговой подстанции постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - схемы6- и 12-пульсовых выпрямителей тяговых подстанций; - внешняя характеристика 6- и 12-пульсовых выпрямителей тяговых подстанций в рабочем режиме; - внешняя характеристика 6- и 12-пульсовых выпрямителей тяговых подстанций в режиме короткого замыкания; - переходные режимы и расчет максимальных токов к.з.
6	Оценка электродинамической и термической стойкости электрооборудования тяговых подстанций. Рассматриваемые вопросы: - определение электродинамической стойкости шин¬ных конструкций и кабелей в задан¬ной схеме электроустановки по данным расчетов трехфазного к.з.; - определение термической стойкости шин¬ных конструкций и кабелей в заданной схеме электроустановки по данным расчетов трехфазного к.з.; - выбор токоведущих частей, изоляторов, шин, кабелей; - выбор коммутационных электрических аппаратов (выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, предохранителей, токоограничителей).
7	Расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя постоянного тока Рассматриваемые вопросы: - расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя при заданном законе изменения напряжения на дуге; - расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя при отсутствии разрядного устройства; - расчет энергии, выделяемой в дуге выключателя при наличии разрядного устройства.
8	Расчет параметров восстанавливающегося напряже¬ния при отключении характерных цепей переменного тока Рассматриваемые вопросы: - расчет параметров восстанавливающегося напряжения при отключении цепи переменного тока идеальным выключателем; - расчет параметров восстанавливающегося напряжения при отключении цепи переменного тока выключателем шунтированным активным сопротивлением.
9	Выбор рациональных схем распределительных устройств тяговой подстанции в соответствии с заданными условиями. Рассматриваемые вопросы: - схемы внешнего электроснабжения тяговых подстанций; - схемы распределительных устройств 110 (220) кВ тяговых подстанций; - схемы распределительных устройств 35 кВ тяговых подстанций; - схемы распределительных устройств 10 (6) кВ тяговых подстанций; - схемы распределительных устройств 27,5 и 2 Х27,5 кВ тяговых подстанций; - схемы распределительных устройств 3,3 кВ тяговых подстанций; - схемы распределительных устройств 0,825 кВ метрополитенов; - разработка последовательности производства основ¬ных переключений в схемах

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	распределительных устройств тяговой подстанции на основании данных о ремонте и осмотре отдельных аппаратов.
10	Измерительные трансформаторы - классификация и основные параметры трансформаторов тока применяемых на тяговых подстанциях, их выбор; - классификация и основные параметры трансформаторов напряжения, применяемых на тяговых подстанциях, их выбор; - трансреакторы.
11	Отключение цепи переменного тока высоковольт¬ным выключателем с дугогашением. Рассматриваемые вопросы: - восстановление напряжения на полюсах выключателя переменного тока; - определение возвращающегося напряжения при от¬ключении различных видов к. з. в трехфазной сети; - отключение цепи постоянного тока выключателем с дугогашением; - энергия, выделяемая в дуге выключателя при отключении; - особенности отключения выключателем тяговой нагрузки; - бездуговое отключение цепей переменного тока; - бездуговое отключение цепей постоянного тока; - разрядные устройства.
12	Понижающие и преобразовательные 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 выпрямительные преобразователи постоянного тока 3,3 и 0,825 кВ; - полупроводниковые управляемые выпрямительные и выпрямительно-инверторные преобразователи постоянного тока 3,3 и 0,825 кВ.
13	Обеспечение электромагнитной совместимости оборудования тяговых подстанций со смежными и питающими сетями Рассматриваемые вопросы: - обеспечение электромагнитной совместимости оборудования тяговых подстанций с электрическими сетями; - обеспечение электромагнитной совместимости оборудования тяговых подстанций с линиями связи и уст¬ройствами СЦБ; - сглаживающие фильтры тяговых подстанций.
14	Средства повышения качества электроэнергии на тяговых подстанциях посто-янного тока. Рассматриваемые вопросы: - компенсация реактивной мощности на тяговых подстанциях переменного тока; - компенсация реактивной мощности на тяговых подстанциях постоянного тока; - регулирование напряжения на тяговых подстанциях переменного и постоянного тока; - устройства поперечной и продольной емкостной компенсации.
15	Конструктивное выполнение распределительных устройств тяговых подстанций. Рассматриваемые вопросы: - общие требования к конструкциям открытых и закрытых распределительных устройств. 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;

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- конструктивное выполнение распределительных устройств тяговых подстанций постоянного тока 3, 3 и 0,825 кВ.
16	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.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Примерный перечень тем курсовых проектов представлен в Приложении 1 к рабочей прорамме. 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 подстанциии
- схемой внешнего электроснабжения
- мощностью понизительнных и преобразовательных трансформаторов
- количеством фидеров тяговой сети

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Немировский, А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. — 3-е изд., доп. — Москва : НИУ МЭИ, 2018. — 224 с. — ISBN 978-5-7046-1991-8.	https://e.lanbook.com/book/276881 (дата обращения: 17.04.2024).
2	Афонин, В. В. Электрические станции и подстанции : учебное пособие : в 2 частях / В. В. Афонин, К. А. Набатов. — Тамбов : ТГТУ, 2017 — Часть 2 : Электрические станции и подстанции — 2017. — 98 с. — ISBN 978-5-8265-1298-2.	https://e.lanbook.com/book/319826 (дата обращения: 17.04.2024)
3	Колодяжный, В. В. Основы эксплуатации электрических станций и подстанций : учебное пособие для вузов / В. В. Колодяжный. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 224 с. — ISBN 978-5-507-48886-5.	https://e.lanbook.com/book/401090 (дата обращения: 17.04.2024).
4	Электрические станции и подстанции : методические указания / составители Н. В. Ситников, С. А. Горемыкин. — Воронеж : ВГТУ, 2022. — 20 с.	https://e.lanbook.com/book/222713 (дата обращения: 17.04.2024)

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

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

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru)

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).

Маркерная доска или проектор

Оборудование для проведения лабораторных работ:

Опорный узел контактной сети КС-200 постоянного тока (М-120+2МФ-100) с рессорным тросом (М-35),

Воздушная стрелка контактных подвесок,

Анкеровка компенсированной цепной подвески с блочно-полиспастным компенсатором,

Консоль изолированная типа КИС,

Фиксаторы прямые и обратные (ФИП и ФИО),

Компенсатор барабанного типа,

Разрядники постоянного и переменного тока,

Изоляторы керамические и полимерные, Секционные изоляторы постоянного и переменного тока,

Секционные разъединители постоянного и переменного тока,

Арматура контактной сети,

Устройство средней анкеровки,

Искровые промежутки и диодные заземлители,

Ограничители перенапряжений.

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:

В.А. Фокина

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ М.В. Шевлюгин

Председатель учебно-методической комиссии Н.А. Андриянова