

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по специальности
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тепловые процессы в устройствах электроснабжения

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 ФГАОУ ВО РУТ
(МИИТ)

ID подписи: 3221

Подписал: заведующий кафедрой Шевлюгин Максим
Валерьевич

Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование у студентов необходимых знаний и понимания процессов выделения тепла от токоведущих частей и отведения этого тепла в охлаждающую среду;

- подготовка специалистов-электроэнергетиков, способных в практической деятельности оценивать нагрузочную способность элементов системы электроснабжения.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- дать специалистам теоретические знания и практические навыки, необходимые для осуществления ими профессиональной деятельности.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-4 - Способен выполнять подбор электротехнических материалов на основе знаний об области их применения, свойствах и характеристиках в ходе проектирования и эксплуатации устройств электроснабжения железных дорог.

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

Знать:

- основные положения физики, химической кинетики, старения твёрдой изоляции, и трансформаторного масла;
- методы расчёта температур проводов, полупроводников и обмоток трансформаторов.

Уметь:

- рассчитывать температуры проводов, полупроводниковых приборов и трансформаторов при различных нагрузках;
- выбирать оборудование исходя из нагрузочной способности устройств;
- разрабатывать и использовать методы оценки нагрузочной способности устройств, исходя из результатов замеров температур.

Владеть:

теорией инфракрасного излучения и практикой применения тепловизионных диагностических приборов для дистанционного измерения температуры токоведущих частей электроустановок.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 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 №8
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	42	42
В том числе:		
Занятия лекционного типа	28	28
Занятия семинарского типа	14	14

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 66 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	Введение. Понятие о нагрузочной способности проводника. Рассматриваемые вопросы: - температура проводника, как фактор ограничения токовой нагрузки; - понятие о нагрузочной способности проводника вообще и основного оборудования системы

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	электроснабжения, в частности – силовых трансформаторов, силовых полупроводниковых приборов, контактных проводов и электродвигателей.
2	Дифференциальное уравнение нагрева однородного тела. Рассматриваемые вопросы: - нагрев однородного тела при неизменной и меняющейся мощности нагрева; - понятие о полной теплоемкости тела и её зависимости от удельной теплоемкости материала, от объёма и массы тела; - коэффициент теплоотдачи и его зависимость от поверхности контакта; - постоянная времени нагрева тела; - дифференциальное уравнение нагрева однородного тела и его решение; - уравнение нагрева для расчетов на ЭВМ.
3	Электрическая аналогия тепловых процессов. Рассматриваемые вопросы: - закон Ома для тепловых цепей; - закон теплопроводности Фурье; - тепловые со-противления и тепловые проводимости; - удельная теплопроводность; - понятие о проводниках тепла и теплоизоляторах; - таблица конкретных значений удельной теплопроводности для материалов, применяемых в электроаппаратах; - схема замещения процесса нагрева однородного тела.
4	Влияние температуры на состояние изоляции. Закон Аррениуса. Рассматриваемые вопросы: - межвитковая бумажная изоляция, как элемент, лимитирующий срок службы трансформатора; - механическая и электрическая прочность бумажной межвитковой изоляции; - показатель старения изоляции обмоток трансформатора; - закон Аррениуса; - абсолютный и относительный износ изоляции обмоток; - связь износа изоляции обмоток со сроком службы трансформатора.
5	Выделение тепла в силовых масляных трансформаторах и системы их охлаждения. Рассматриваемые вопросы: - источники тепла; - зависимость мощности тепловыделений в обмотках от тока нагрузки, а мощности тепловыделений в магнитопроводе от напряжения питания; - схема отведения тепла от обмоток работающего масляного трансформатора; - системы охлаждения отечественных силовых масляных трансформаторов.
6	Принципы расчета температур обмоток и масла трансформаторов. Рассматриваемые вопросы: - упрощающие допущения; - понятие о тепловых моделях; - двумерная тепловая модель силового масляного трансформатора; - определение установившихся значений перегревов масла над охлаждающей средой и обмотки над маслом; - постоянные времени нагрева масла и обмоток трансформаторов, применяемых в системе электроснабжения железных дорог.
7	Выбор мощности силового масляного трансформатора по износу Рассматриваемые вопросы: - зависимость износа от нагрузки трансформатора; - определение периодов «сгущений» поездов, как режимов перегрузок трансформаторов тяговых подстанций; - практика проектирования систем электроснабжения и расчета необходимой мощности

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	трансформаторов – формулы ВНИИЖТа; - «упрощенный» метод выбора мощности силового масляного трансформатора – метод, предписанный стандартом ГОСТ 14209.
8	Расчет температур силового трансформатора и расчет относительного износа изоляции обмоток. Рассматриваемые вопросы: - проверка трансформатора на перегрев в конце периода интенсивной нагрузки; - допустимые значения температур масла и обмоток трансформаторов, применяемых в системе электроснабжения железных дорог; - расчет относительного износа изоляции обмоток трансформатора в интенсивные сутки и расчетные периоды этих суток; - переход от среднесуточного износа изоляции к среднегодовому.
9	Тепловые расчеты и тепловые модели силовых полупроводниковых приборов. Рассматриваемые вопросы: - полупроводниковый прибор, как система выделения и отведения тепловой энергии; - два типа конструкций силовых полупроводниковых приборов – штыревые и таблеточные; - виды систем охлаждения силовых полупроводниковых приборов; - определение порогового напряжения и дифференциального сопротивления вентиля по его вольт-амперной характеристике; - среднее и эффективное значения преобразованного вентилем тока и коэффициент формы.
10	Тепловые расчеты электродвигателей. Рассматриваемые вопросы: - электродвигатель, как система выделения тепловой энергии; - зависимость работоспособности элементов конструкции электродвигателя от температурного режима; - закон Аррениуса и правило Монтзингера; - виды систем охлаждения электро-двигателей. Их тепловые модели; - общий вид уравнений и частные случаи – теплоотвод только через внешнюю поверхность электродвигателя и теплоотвод только через его внутреннюю поверхность.
11	Инфракрасное излучение и применение тепловизоров в системе Рассматриваемые вопросы: - тепловидение, как способ бесконтактного дистанционного контроля температуры токоведущих частей; - история инфракрасной техники; - инфракрасное излучение и его визуализация; - теория термографии и законы излучения – теория Бора, закон Стефана-Больцмана, закон Планка, закон Вина; - абсолютно черные тела, серые тела и селективные излучатели; - истинная и радиационная температура тела; - приемники инфракрасного излучения, коэффициент теплового излучения; - устройство тепловизоров и пирометров, особенности их применения.
12	Практика применения тепловизоров в системе электроснабжения. Рассматриваемые вопросы: - практика применения тепловизоров на тяговых подстанциях и контактной сети железных дорог, в электросетях РАО ЕС и в системе электроснабжения Московского метрополитена; - контролируемые параметры и температурные критерии тепловизионного контроля электрооборудования в России и за рубежом; - метод продольного и поперечного сравнения температур; - метод определения дефектности контактных соединений; - периодичность тепловизионного контроля.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
13	Тепловые процессы в контактных проводах. Рассматриваемые вопросы: - уравнение теплового баланса контактного провода с учетом солнечной радиации; - защита контактных проводов от токовых перегрузок, учитывающая солнечную радиацию, скорость ветра и токовую нагрузку.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Введение. Понятие о нагрузочной способности проводника. В результате занятия студент получает понятие о температуре проводника, как факторе ограничения токовой нагрузки и навык расчёта постоянных времени на-грева контактных проводов.
2	Нагрев однородного тела при неизменной и меняющейся мощности нагрева. В результате практического занятия студент получает навык расчёта температур тела в зависимости от мощности нагрева и времени её действия.
3	Электрическая аналогия тепловых процессов. В результате занятия студент получает понятие: - о законе Ома для тепловых цепей; - о тепловых проводимостях и удельной теплопроводности; - о проводниках тепла и теплоизоляторах; - о связи удельной теплопроводности материалов и их электрической проводимости.
4	Влияние температуры обмоток трансформатора на состояние изоля-ции. В результате занятия студент получает понятие о состоянии бумажной изоляции, как о главном факторе, определяющем срок службы трансформатора.
5	Выделение тепла в силовых масляных трансформаторах и системы их охлаждения. В результате занятия студент получает понятие об источниках тепла и путях его отвода от обмоток работающего масляного трансформатора, а также знакомится с системами охлаждения отечественных силовых масляных трансформаторов.
6	Принципы расчета температур обмоток и масла силовых трансформаторов. В результате работы на практическом занятии, студент получает навык расчета температур обмоток и масла, знакомится с необходимыми упрощающими допуще-ниями.
7	Выбор необходимой мощности силового масляного трансформатора по износу изоляции его обмоток. В результате работы на практическом занятии, студент получает навык выбора номинальной мощности трансформатора и определения периодов его перегрузок.
8	Расчет температур обмоток и масла силового трансформатора в конце периода интенсивной нагрузки – проверка на перегрев. В результате работы на практическом занятии, студент получает навык расчета температур масла и обмоток трансформаторов в конце периода перегрузки.
9	Тепловые расчеты силовых полупроводниковых приборов. В результате работы на практическом занятии студент получает понятие о системах охлаждения полупроводниковых приборов; получает понятие о пороговом напряжении и дифференциальном сопротивлении вентиля.
10	Режимы нагрузки и тепловые режимы полупроводниковых приборов. В результате выполнения практического задания студент получает навык выбора типа охладителя полупроводникового прибора и расчета теплового поля в прибо-ре.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
11	Тепловые расчеты в электродвигателях. В результате практического занятия студент получает понятие об особенностях систем охлаждения электродвигателей.
12	Тепловидение, как способ бесконтактного дистанционного контроля температуры токоведущих частей. В результате занятия студент получает понятие: - об инфракрасном излучении и основных законах излучения; - о приёмниках инфракрасного излучения.
13	Практика применения тепловизоров на тяговых подстанциях и кон-тактной сети. В результате работы на практическом занятии, студент получает навык работы с тепловизором и пирометром, знакомится с методами определения дефектности контактных соединений.
14	Тепловые процессы в контактных проводах. В результате занятия студент знакомится с принципиально новым подходом к тепловой защите проводов, учитывающая солнечную радиацию, скорость ветра и токовую нагрузку.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Крайнов, А. В. Тепловые процессы в энергосистемах : учебное пособие / А. В. Крайнов, Г. В. Швалова. — Томск : ТПУ, 2013. — 165 с.	https://e.lanbook.com/book/45164 (дата обращения: 20.02.2024).
2	Червенчук, В. Д. Электрические аппараты. Тепловые процессы в электрических аппаратах : учебное пособие / В. Д. Червенчук, А. Л. Иванов. — Омск : Омский ГАУ, 2016. — 135 с.	https://e.lanbook.com/book/221756 (дата обращения: 20.02.2024).
3	Некрасов, Д. А. Тепловые процессы. Теплопроводность материалов : учебное пособие / Д. А. Некрасов, Н. С. Захаров. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 70 с.	https://e.lanbook.com/book/226595 (дата обращения: 20.02.2024).
4	Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин.	https://e.lanbook.com/book/211058 (дата обращения: 20.02.2024).

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)

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).

Microsoft Office

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

Маркерная доска или проектор, компьютерное оборудование

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 8 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

доцент, к.н. кафедры
«Электроэнергетика транспорта»

А.С. Соловьева

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭЭТ

М.В. Шевлюгин

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова