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)

Тепловые процессы в устройствах электроснабжения

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).

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):

ОПК-3 - Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

ОПК-5 - Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности;

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:

основные положения физики, химической кинетики, старения твёрдой изоляции, и трансформаторного масла

Уметь:

рассчитывать температуры проводов, полупроводниковых приборов и трансформаторов при различных нагрузках

Владеть:

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

Знать:

методы расчёта температур проводов, полупроводников и обмоток трансформаторов

Уметь:

выбирать оборудование исходя из нагрузочной способности устройсв

Владеть:

методами оценки нагрузочной способности устройств, исходя из результатов замеров температур

Знать:

Основы теплопроводнтости

Уметь:

выполнять расчеты технических характеристик устройств, выполнять тепловые расчеты

Владеть:

методами электрических и термических расчетов

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	32	32
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	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 112 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 электроснабжения, в частности – силовых трансформаторов, силовых полупровод-никовых 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 мате-риала, от объёма и массы тела; - коэффициент теплоотдачи и его зависимость от по-верхности контакта; - постоянная времени нагрева тела; - дифференциальное уравне-ние 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:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- 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 значе-ний перегревов масла над охлаждающей средой и обмотки над маслом; - постоянные времени нагрева масла и обмоток трансформаторов, применяемых в системе электроснабжения железных дорог.
7	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.
8	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.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	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.
2	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.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
3	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.
4	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.
5	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.
6	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.
7	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.
8	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.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Тепловой расчет трансформатора выполняется для заданной мощности трансформатора и соответствующей ему конструкции бака. Расчет заключается в определении средней температуры масла верхних слоев трансформатора при различных режимах его работы по условиям нагрузки и по времени года. Примерный перечень тем курсовых проектов представлен в

Приложении 1 к рабочей прорамме. Варианты исходных условий определяются заданием к курсовому проекту (примеры заданий см. Приложение 1). Различия определяются:

- Длительностью периода интенсивной нагрузки в минутах
- отношением потерь КЗ к потерям ХХ
- постоянной времени масла в минутах
- постоянной времени обмотки в минутах
- эквивалентной температурой охлажд. среды в градусах Цельсия
- максимальной летней температурой охл. среды в градусах Цельсия

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. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-1385-0.	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. Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru)
2. Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (http://library.miit.ru)
3. 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

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.
Курсовая работа в 7 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