

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 бакалавриата
по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
утвержденной первым проректором 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 РУТ (МИИТ)
ID подписи: 3221
Подписал: заведующий кафедрой Шевлюгин Максим
Валерьевич
Дата: 17.06.2024

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:

- теорией инфракрасного излучения и практикой применения тепловизионных диагностических приборов для дистанционного измерения температуры токоведущих частей электроустановок;
- методами оценки нагрузочной способности устройств, исходя из результатов замеров температур;
- методами электрических и термических расчетов

Уметь:

- рассчитывать температуры проводов, полупроводниковых приборов и трансформаторов при различных нагрузках;

- выбирать оборудование исходя из нагрузочной способности устройств;
- выполнять расчеты технических характеристик устройств, выполнять тепловые расчеты

Владеть:

- теорией инфракрасного излучения и практикой применения тепловизионных диагностических приборов для дистанционного измерения температуры токоведущих частей электроустановок;
- методами оценки нагрузочной способности устройств, исходя из результатов замеров температур;
- 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: <ul style="list-style-type: none">- температура проводника, как фактор ограничения токовой нагрузки;- понятие о нагрузочной способности проводника вообще и основного оборудования системы электроснабжения, в частности – силовых трансформаторов, силовых полупроводниковых приборов, контактных проводов и электродвигателей.
2	Дифференциальное уравнение нагрева однородного тела. Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- 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: <ul style="list-style-type: none">- закон Ома для тепловых цепей;- закон теплопроводности Фурье;- тепловые сопротивления 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: <ul style="list-style-type: none">- 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: <ul style="list-style-type: none">- 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: <ul style="list-style-type: none">- упрощающие допущения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Тепловые расчеты и тепловые модели силовых полупроводниковых приборов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Инфракрасное излучение и применение тепловизоров в системе</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Нагрев однородного тела при неизменной и меняющейся мощности нагрева.</p> <p>В результате практического занятия студент получает навык расчёта температур тела в зависимости от мощности нагрева и времени её действия.</p>
2	<p>Электрическая аналогия тепловых процессов.</p> <p>В результате занятия студент получает понятие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
3	<p>Влияние температуры обмоток трансформатора на состояние изоляции.</p> <p>В результате занятия студент получает понятие о состоянии бумажной изоляции, как о главном факторе, определяющем срок службы трансформатора.</p>
4	<p>Выделение тепла в силовых масляных трансформаторах и системы их охлаждения.</p> <p>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.</p>
5	<p>Принципы расчета температур обмоток и масла силовых трансформаторов.</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате работы на практическом занятии, студент получает навык расчета температур обмоток и масла, знакомится с необходимыми упрощающими допущениями.
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	работа с лекционным материалом и литературой
2	подготовка к практическим занятиям
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	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 программе. 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
Председатель учебно-методической
комиссии

М.В. Шевлюгин

С.В. Володин