

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электромеханика, электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тепловые процессы в электрических машинах и аппаратах**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергачев П.А.
	Идентификатор	Rbc655738-DergachevPavA-c35942

П.А. Дергачев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецова Е.А.
	Идентификатор	Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9

Е.А.
Кузнецова

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

М.Г. Киселев

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических машин и аппаратов

ИД-3 Демонстрирует знание тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических устройствах, создает и анализирует упрощенные модели объектов профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов (Контрольная работа)

3. Тест "Основы термических явлений" (Тестирование)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	9
Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности					
Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности	+				
Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация					
Основные источники теплоты в электрических аппаратах	+			+	
Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрических аппаратов. Гомогенизация электрофизических свойств обмоток и шихтованных сердечников.				+	

Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач.			+	
Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей				
Моделирование стационарных тепловых полей		+		+
Общие вопросы электрических контактов.		+		+
Математические модели электрических контактов.		+		+
Тепло- и массоперенос в электрических контактах.		+		+
Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена				
Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена		+	+	+
Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами				
Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами		+	+	+
Вес КМ:	10	25	25	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-3ПК-3 Демонстрирует знание тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических устройствах, создает и анализирует упрощенные модели объектов профессиональной деятельности	Знать: принципы построения узлов электрических аппаратов с учетом термических режимов и ограничений основы тепловых и электромагнитных процессов Уметь: проводить анализ термической стойкости элементов электрических аппаратов моделировать тепловые процессы с учетом конвективного теплообмена, контактных явлений и электромагнитных источников тепла	Тест "Основы термических явлений" (Тестирование) Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов (Контрольная работа) Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов (Контрольная работа) Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест "Основы термических явлений"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается тест, необходимо выбрать правильные варианты ответов.

Краткое содержание задания:

Выбрать правильные варианты ответов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы тепловых и электромагнитных процессов	1.Какой метод решения тепловых задач используется в COMSOL Multiphysics? 2.Выберите все способы распространения тепла 3.Выберите правильные единицы измерения для коэффициента теплопроводности в системе СИ 4.Выберите правильную формулу закона Джоуля-Ленца 5.За счет какой силы образуется свободная конвекция? 6.У какого материала выше теплопроводность? 7.У какого материала выше теплоёмкость? 8.Какой параметр влияет на теплоотдачу за счет излучения? 9.Что в большей степени влияет на распределение тока в медной шине при протекании переменного тока? 10.Какие параметры материалов необходимо задавать для решения стационарных тепловых задач
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа на компьютерах с использованием ПО

Краткое содержание задания:

Построить стационарную модель теплового состояния контактной пары при протекании постоянного тока, с учетом контактного сопротивления в электрической и тепловой подсистемах. (задание по вариантам)

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы построения узлов электрических аппаратов с учетом термических режимов и ограничений	1. 1. 1. Что такое стационарная модель? 2. Как связаны контактные сопротивления в тепловой и электрической подсистемах? 3. Как задается конвективный теплообмен без расчета гидродинамики? 4. Какие параметры необходимо задать в модели контактного сопротивления? 5. Какие необходимы свойства материалов для стационарной тепловой задачи?
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа на компьютерах с использованием ПО

Краткое содержание задания:

Построить нестационарную модель теплового состояния шины при протекании переменного тока, с моделированием конвективного теплообмена. (задание по вариантам)

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: моделировать тепловые процессы с учетом конвективного теплообмена, контактных явлений и электромагнитных источников тепла	1. Построить нестационарную модель контактной системы. 2. Построить расчетную конечноэлементную сетку, проанализировать адекватность сетки. 3. Провести нестационарный расчет и получить картину теплового поля контактной системы, проанализировать результат. 4. Подобрать предельный ток, при котором температура элементов не превышает заданной.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Защита лабораторных работ

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Лабораторные работы на стендах и построение моделей по лабораторным работам на компьютерах с использованием ПО

Краткое содержание задания:

Выполнить лабораторные работы, построить цифровые модели опытов из лабораторных работ, защитить лабораторные работы

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить анализ термической стойкости элементов электрических аппаратов	1. Исследование нагрева катушек электрических аппаратов 1. Измерить температуру различных точек многовитковой катушки при протекании тока. 2. Продемонстрировать на примере и объяснить расположение самой нагретой области катушки электрического аппарата. 3. Продемонстрировать на примере принцип гомогенизации коэффициента теплопроводности многовитковой катушки. Исследование сопротивления контактов. Исследование влияния контактов на нагрев контактирующих проводников 4. Провести измерение контактных сопротивлений различных пар при различном контактном нажатии. 5. Построить модель контактных сопротивлений различных пар при различном контактном нажатии. Нагрев цилиндров в разных средах 6. Смоделировать нагрев цилиндров в различных положениях. 7. Смоделировать контактную систему. Исследование источников теплоты в электрических аппаратах 8. Смоделировать нагрев шины за счет протекания тока с учетом свободной конвекции. 9. Смоделировать нагрев шины за счет протекания тока и дополнительных нагревателей с учетом свободной конвекции. 10. Определить постоянные времени нагрева и охлаждения из экспериментальных данных.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Процедура проведения

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-3 Демонстрирует знание тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических устройствах, создает и анализирует упрощенные модели объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Виды тепло- и массопереноса в электрических аппаратах.
2. Понятие допустимой температуры и температуры окружающей среды.
3. Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрическим аппаратам.
4. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач.
5. Понятие о контактном сопротивлении и переходном сопротивлении стягивания контактов.
6. Математические модели электрических контактов.
7. Понятие о нестационарных процессах нагрева и остывания электрических аппаратов.
8. Адиабатный процесс нагрева.
9. Исследование нагрева катушек электрических аппаратов, исследование источников теплоты в электрических аппаратах, исследование контактных явлений.
10. Способы определения постоянной времени нагрева и установившегося превышения температуры электрического аппарата и его частей.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что в электромеханических аппаратах приводит к нагреву элементов

Ответы:

- a. Индуцированные токи
- b. Магнитный гистерезис
- c. Переходное сопротивление
- d. Протекание тока
- e. Магнитное сопротивление
- f. Тепловое сопротивление

Верный ответ: a. Индуцированные токи b. Магнитный гистерезис c.

Переходное сопротивление d. Протекание тока

2. Выберите все способы распространения тепла в твердых телах

Ответы:

- a. Теплопроводность
- b. Конвекция
- c. Излучение
- d. Кипение
- e. Замерзание
- f. Испарение

Верный ответ: a. Теплопроводность

3. Что эффективнее для охлаждения в условиях вакуума

Ответы:

- a. Излучение
- b. Свободная конвекция
- c. Вынужденная конвекция

Верный ответ: a. Излучение

4. Какого сечения бывают проводники тока?

Ответы:

- a. Круглого
- b. Квадратного
- c. Прямоугольного
- d. Трубчатого

Верный ответ: a. Круглого c. Прямоугольного d. Трубчатого

5. Возможно ли образование свободной конвекции в несжимаемой жидкости?

Ответы:

- a. Да
- b. Нет
- c. Возможно, при определенных условиях

Верный ответ: b. Нет

6. От чего зависит глубина проникновения электромагнитного поля?

Ответы:

- a. Электропроводности
- b. Магнитной проницаемости
- c. Частоты
- d. Магнитной индукции

Напряженности электрического поля

Верный ответ: a. Электропроводности b. Магнитной проницаемости c. Частоты

7. Как связаны градусы Цельсия и Кельвина?

Ответы:

- a. $[K] = [^{\circ}C] + 273,15$
- b. $[K] = [^{\circ}C]$
- c. $[K] = [^{\circ}C] - 273,15$
- d. $[K] = [^{\circ}C] + 270$

Верный ответ: a. $[K] = [^{\circ}C] + 273,15$

8. Что происходит с веществом при нагревании?

Ответы:

- a. Уменьшается плотность
- b. Увеличивается плотность
- c. Уменьшается масса
- d. Увеличивается масса

Верный ответ: b. Увеличивается плотность

9. За счет чего может нагреться объект находящийся на расстоянии 1 см от шины с постоянным током?

Ответы:

- a. Теплопроводности
- b. Конвекции
- c. Излучения
- d. Индуцированных токов

Верный ответ: a. Теплопроводности

10. Какие параметры материалов необходимо задавать для решения нестационарных тепловых задач

Ответы:

- a. Коэффициент теплопроводности
- b. Теплоемкость
- c. Плотность
- d. Коэффициент черноты
- e. Частоту переменного тока
- f. Магнитную проницаемость
- g. Удельное электрическое сопротивление

Верный ответ: a. Коэффициент теплопроводности b. Теплоемкость c.

Плотность d. Коэффициент черноты

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу