

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Моделирование в электроэнергетике и электротехнике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Моделирование электрических аппаратов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Молоканов О.Н.
	Идентификатор	R28e375f0-MolokanovON-815ccd6

(подпись)

О.Н.  
Молоканов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Козьмина И.С.
	Идентификатор	Ra036a963-KozminaIS-f85c8f2a

(подпись)

И.С.  
Козьмина

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

(подпись)

В.Н.  
Тульский

(расшифровка  
подписи)

## 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-2 Способность принимать участие в решении исследовательских задач в рамках реализации научного проекта

ИД-2 Использует информационные ресурсы, необходимые для проведения исследований

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Анализ работы трансформатора тока (Контрольная работа)
2. Моделирование контактора постоянного тока (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Макромодели подсистем электрических аппаратов (Тестирование)
2. Оценка уровня базовых знаний по электротехнике (Тестирование)
3. Физические процессы, в электрических аппаратах (Тестирование)
4. Электрические аппараты защиты и управления (Тестирование)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	3	8	12	14	16	16
Назначение, устройство и принцип действия электрических аппаратов низкого напряжения и создание математических моделей их электромеханических систем							
Электрический аппарат как средство управления режимами работы, защиты и регулирования параметров системы			+				
Электромеханические аппараты систем распределения электрической энергии при низком напряжении			+				
Электромеханические аппараты управления			+	+	+	+	
Основные физические явления и процессы в электрических аппаратах низкого напряжения и подходы к их моделированию							

Электромагниты	+		+	+	+	+
Электрические контакты	+					+
Тепловые процессы в электрических аппаратах	+					+
Электрическая дуга и процесс коммутации	+					+
Электродинамическая стойкость электрических аппаратов	+					+
Трансформаторы тока			+	+	+	
Вес КМ:	5	20	20	20	20	15

\$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-2	ИД-2ПК-2 Использует информационные ресурсы, необходимые для проведения исследований	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>классификацию, функции, области применения и принципы действия электрических аппаратов</li> <li>теоретические основы физических явлений, определяющих функционирование электрических аппаратов</li> <li>основные принципы макромоделирования для разработки математических моделей типовых узлов электрических аппаратов</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>применять физико-математический аппарат для создания математических макромоделей электромагнитных систем трансформаторов тока и выполнять анализ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Оценка уровня базовых знаний по электротехнике (Тестирование)</li> <li>Электрические аппараты защиты и управления (Тестирование)</li> <li>Макромодели подсистем электрических аппаратов (Тестирование)</li> <li>Моделирование контактора постоянного тока (Контрольная работа)</li> <li>Анализ работы трансформатора тока (Контрольная работа)</li> <li>Физические процессы, в электрических аппаратах (Тестирование)</li> </ul>

		результатов моделирования. применять физико- математический аппарат для создания математических макромоделей электромеханических систем электромагнитных контакторов и выполнять анализ результатов моделирования.	
--	--	---	--

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **КМ-1. Оценка уровня базовых знаний по электротехнике**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время занятия по расписанию выдаются бланки с десятью тестовыми вопросами, четыре варианта. На выполнение теста дается 15 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тестирование на знание элементарных понятий и законов электротехники, позволяющее оценить общий уровень обучающихся и исходя из него скорректировать подачу курса. Десять вопросов, четыре варианта ответа.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: теоретические основы физических явлений, определяющих функционирование электрических аппаратов	1.Единица измерения индуктивности: А. Вебер. В. Тесла. С. Ом. D. Генри.
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: 9–10 правильных ответов*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: 7–8 правильных ответов*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: 5–6 правильных ответов*

### **КМ-2. Электрические аппараты защиты и управления**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

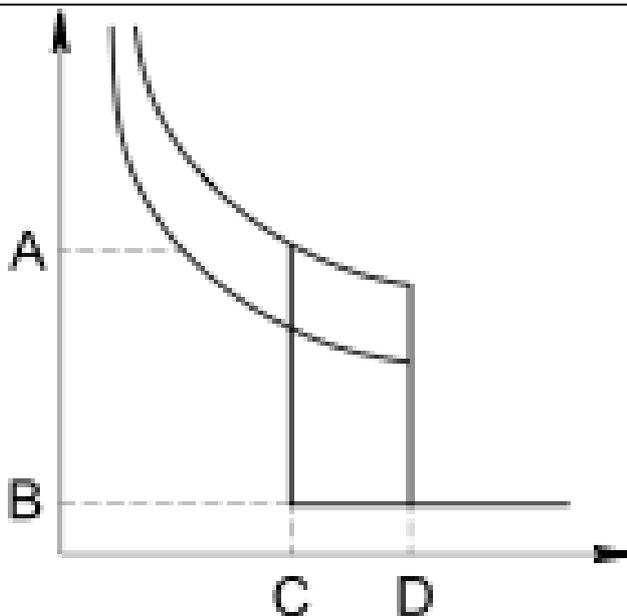
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время занятия по расписанию выдаются бланки с десятью тестовыми вопросами, четыре варианта. На выполнение теста дается 15 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тестирование ориентировано на проверку знания классификации, функций, областей применения и принципа действия электрических аппаратов. Проводится по результатам освоения первого раздела курса.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: классификацию, функции, области применения и принципы действия электрических аппаратов



1.  
Укажите позицию, соответствующую времени срабатывания электромагнитного расцепителя.

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: 9–10 правильных ответов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: 7–8 правильных ответов

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: 5–6 правильных ответов

**КМ-3. Макромодели подсистем электрических аппаратов**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование во время занятий по расписанию. На выполнение теста даётся 30 мин.

**Краткое содержание задания:**

Тестирование ориентировано на проверку знания основных принципов макромоделирования для разработки математических моделей типовых узлов электрических аппаратов. В тестировании содержится 20 вопросов по базовым понятиям макромоделирования физических процессов в электрических аппаратах.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: основные принципы макромоделирования для разработки математических моделей типовых узлов электрических аппаратов</p>	<p>1. Фазовые переменные в электрической подсистеме: 1. Напряжение и ток. 2. Резистор, катушка индуктивности и конденсатор. 3. Время.</p>
--	---

## Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания:

## КМ-4. Моделирование контактора постоянного тока

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

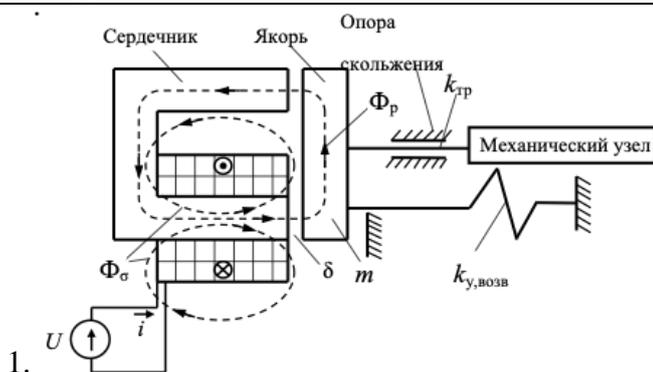
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время занятия по расписанию студентам раздаётся индивидуальное задание на построение электромеханической системы контактора постоянного тока в Matlab/Simulink. Результат выполнения задания формируется в виде отчёта и разработанных моделей.

### Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на тему «Электромеханические аппараты управления» и проверяет умение создавать комплексные математические модели контакторов в MATLAB/Simulink. Содержит задания на построение различных конструкций электромеханических систем контакторов, ориентированные на проверку усвоения материала семинарских занятий.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь:  
применять физико-математический аппарат для создания математических макромоделей электромеханических систем электромагнитных контакторов и выполнять анализ результатов моделирования.



#### 1. Задание

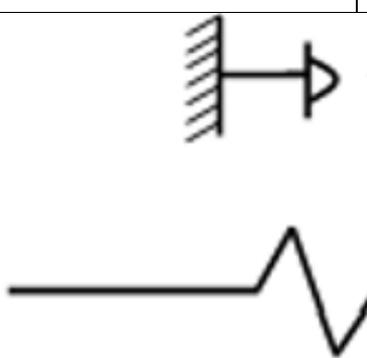
1. Составить модели электромеханической системы контактора постоянного тока в Matlab Simulink
2. Рассчитать и построить **тяговую характеристику** электромагнита;
3. рассчитать и построить **механическую** (противодействующую) характеристику механического узла;
4. Смоделировать динамику срабатывания и выключения: временные зависимости **тока в катушке, перемещения якоря, расстояния между подвижным и неподвижным контактом, электромагнитной силы.**

Параметр

Значение

Число витков в катушке электромагнита	$N$
Электромагнитная сила	$P_{ЭМ}$
Сопротивление провода катушки	$R_{пр} = 2900 \text{ Ом}$
Магнитное сопротивление магнитопровода	$R_{мп} = 97260 \text{ 1/Гн}$
Магнитное сопротивление якоря	$R_{мя} = 26310 \text{ 1/Гн}$
Магнитное сопротивление рассеяния	$R_{м\sigma} = 2,0e7 \text{ 1/Гн}$
Магнитное сопротивление зазора между якорем и магнитопроводом	$R_d^d = 2,0e6 \cdot \delta$ $\delta$ - зазор в мм
Коэффициент трения	$k_{тр}^{тр} = 0,1 \text{ кг/с}$
Жесткость возвратной пружины якоря	$k_{у.возвр}^{у.возвр} = 500 \text{ Н/м}$
Ход якоря	6 мм
Напряжение питания	импульс 220 В, период 0.5 с, скважность 50%, задержка 0.1 с
Масса якоря со штоком	$m_{я}^я$
Начальное положение якоря	в середине зазора

Номер варианта	$N$	$P_{ЭМ}, \text{ Н}$	$m_{я}^я, \text{ кг}$	Номер мех. узла
1	21000	2,65e9Ф	0,1	1

Номер варианта механического узла	Кинематическая схема механического узла	$k_{у.конт}^{у.конт}, \text{ Н/м}$	$p_{0.конт}^{0.конт}, \text{ Н}$	$\delta_{нач}$ , мм	$m_k^k$ , кг
1		2000	0	1,5	0,01

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания:

## КМ-5. Анализ работы трансформатора тока

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

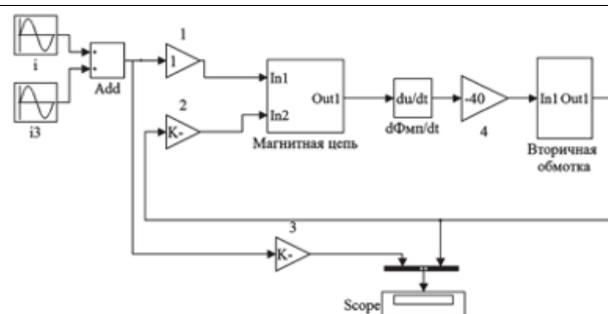
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время занятия по расписанию студентам раздаётся индивидуальное задание на построение электромагнитной системы трансформатора тока в Matlab/Simulink. Результат выполнения задания формируется в виде отчёта и разработанных моделей.

### Краткое содержание задания:

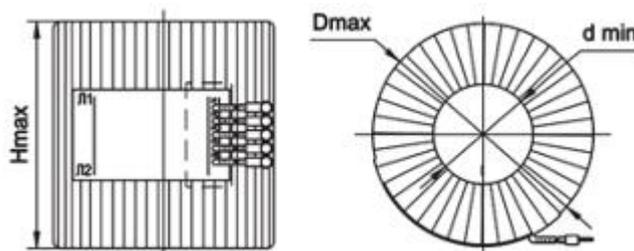
Контрольная работа ориентирована на тему «Трансформаторы ток» и проверяет умение создавать их математические модели в MATLAB/Simulink. Содержит индивидуальные задания на построение модели трансформатора тока, ориентированные на проверку усвоения материала семинарских занятий.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять физико-математический аппарат для создания математических макромоделей электромагнитных систем трансформаторов тока и выполнять анализ результатов моделирования.



1.



### Задание

1. Составить модель трансформатора тока в Matlab Simulink.
2. Построить осциллограммы токов первичной и вторичной обмоток при заданных сигналах первичной обмотки.

### Материал магнитопровода

H, А/м	B, Тл
0.00	0.00
217.86	0.62
544.64	1.13
816.96	1.30
1252.66	1.47
1579.45	1.58
2124.08	1.69
2777.65	1.79
3866.92	1.86
5282.98	1.95

		6317.79	1.98
		8550.80	2.07

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:*

**КМ-6. Физические процессы, в электрических аппаратах**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время занятия по расписанию выдаются бланки с десятью тестовыми вопросами, четыре варианта. На выполнение теста дается 15 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тестирование ориентировано на проверку знания теоретических основ физических явлений, определяющих функционирование электрических аппаратов. Проводится по результатам освоения второго раздела курса.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: теоретические основы физических явлений, определяющих функционирование электрических аппаратов	<p>1. Конвекция — это процесс распространения теплоты посредством:</p> <p>А. Соприкосновения отдельных частиц или тел.</p> <p>В. Перемещения объёмов жидкостей или газов.</p> <p>С. Распространения электромагнитных волн.</p> <p>Д. Распространения радиоактивного излучения.</p>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: 9–10 правильных ответов*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: 7–8 правильных ответов*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: 5–6 правильных ответов*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

ФИО		Группа	
<b>НИУ МЭИ</b>	<b>БИЛЕТ № 4</b>		<i>Утверждено</i>
	Кафедра	ЭМЭЭА	
	Дисциплина	Моделирование электрических аппаратов	
	Институт	Электроэнергетики	
			30.06.2021 г.
1. Основные физические процессы в электрической дуге. Вольтамперная характеристика электрической дуги в цепи постоянного тока. Условия гашения дуги.			
2. Назначение и основные виды расцепителей автоматических выключателей. Понятие тока уставки и кратности уставки расцепителя.			

## Процедура проведения

Зачёт проводится в устной форме по билетам, содержащим два теоретических вопроса (по одному на каждый из разделов курса). На подготовку 45 мин.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Использует информационные ресурсы, необходимые для проведения исследований

### Вопросы, задания

1. Классификация электрических аппаратов. Классификация электрических аппаратов низкого напряжения.
2. Основные требования к электрическим аппаратам.
3. Плавкие предохранители: назначение, устройство, принцип действия, времятоковая характеристика, обозначение на электрической схеме.
4. Автоматические выключатели: назначение, устройство, принцип действия, основные виды расцепителей, времятоковая характеристика, обозначение на электрической схеме.
5. Согласование номинальных токов автоматического выключателя и защищаемого объекта. Ограничение длины защищаемой линии, связанное с уставкой мгновенного срабатывания.
6. Контактры: назначение, принцип действия, основные характеристики. Категории применения.
7. Математическая макромодель. Эквивалентная схема. Понятие фазовых переменных. Пассивные элементы и источники фазовых переменных. Компонентные уравнения. Топологические уравнения. Требования к уравнениям физического процесса.
8. Электрическая подсистема. Фазовые переменные и источники электрической подсистемы. Компонентные уравнения в электрической подсистеме. Топологические уравнения в электрической подсистеме
9. Механическая подсистема поступательного движения. Фазовые переменные и источники в модели механической подсистемы поступательного движения.

Компонентные и топологические уравнения в модели механической подсистемы поступательного движения.

10. Магнитная подсистема. Фазовые переменные и источники магнитной подсистемы. Понятие трубки магнитного потока. Расчет магнитного сопротивления. Моделирование источников магнитного поля. Компонентные уравнения в магнитной подсистеме. Топологические уравнения в магнитной подсистеме.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие основные типы характеристик мгновенного расцепления выделяют у модульных автоматических выключателей?

Ответы:

X, Y, Z

R, E, Q

QF, FD, KK

B, C, D

Верный ответ: B, C, D

2. Какой из расцепителей автоматического выключателя имеет обратозависимую выдержку времени?

Ответы:

Тепловой.

Электромагнитный.

Электронный.

Независимый.

Верный ответ: Тепловой.

3. Контакт предназначен для

Ответы:

коммутации электрических цепей,

защиты от сверхтоков,

защиты от поражения электрическим током,

регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Верный ответ: Коммутации электрических цепей.

4. Главные контакты контактора замыкаются под действием

Ответы:

механизма свободного расцепления,

электромагнитного привода,

независимого расцепителя,

силы тяжести.

Верный ответ: электромагнитного привода

5. Шихтованный магнитопровод в электромагнитах применяется для

Ответы:

обеспечения прочности конструкции,

улучшения условий теплоотвода за счет образующейся ребристой поверхности,

уменьшения потерь на индуцированные (вихревые) токи,

увеличения магнитной проводимости.

Верный ответ: уменьшения потерь на вихревые токи.

6. Контактное нажатие в электрических контактах необходимо для

Ответы:

уменьшения переходного контактного сопротивления,  
увеличения нагрева контактов,  
увеличения переходного контактного сопротивления,  
включения аппарата.

Верный ответ: уменьшения переходного контактного сопротивления.

7. Допускается ли размыкать вторичную обмотку трансформатора тока?

Ответы:

Да

Нет

Верный ответ: Нет

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Получен исчерпывающий ответ на два теоретических вопроса.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Получен исчерпывающий ответ на один из вопросов билета и неполный ответ на другой.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Получен исчерпывающий ответ только на один из вопросов, по второму вопросу ответа нет или ответ не содержит ключевой информации.*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.