

**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: Электротехника и электрификация**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Электромеханика**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов А.С.
Идентификатор	R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6	

А.С. Иванов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов А.С.
Идентификатор	R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6	

А.С. Иванов

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Погребисский М.Я.
Идентификатор	Rccf62952-PogrebisskiyMY-d58a694	

М.Я.  
Погребисский

## 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 принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические и технологические требования  
ИД-3 Знает основную нормативно-техническую документацию, технические и технологические требования, предъявляемые к разработке электротехнического оборудования, электромеханических и электротехнологических систем  
ИД-4 Выбирает и обосновывает конкурентоспособные варианты электрооборудования и проектных технических решений при разработке систем электроснабжения и управления объектами профессиональной деятельности
2. ПК-4 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых исследований по заданной методике, выбирать методы исследований, интерпретировать и представлять полученные результаты  
ИД-1 Знает основные этапы исследования и проектирования электротехнических устройств, электромеханических и электротехнологических систем  
ИД-2 Выбирает и применяет методы анализа и расчета электромеханических устройств, электротехнологического оборудования и систем на их основе

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-1. Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов с использованием компьютерных программ (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2. Моделирование переходных процессов в трансформаторах (Лабораторная работа)
2. КМ-3. Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе (Лабораторная работа)
3. КМ-4. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса (Контрольная работа)
4. КМ-6. Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока. (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-5. Переходные процессы в синхронных машинах (Тестирование)

### БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
-------------------	---------------------------------

	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4	КМ- 5	КМ- 6
	Срок КМ:	4	6	10	12	14	16
Переходные процессы в трансформаторах и электрических машинах, виды и математическое описание процессов.							
Введение. Цели и задачи математического моделирования	+						
Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов.	+						
Тепловые переходные процессы.	+						
Дифференциальные уравнения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах.							
Переходные процессы в трансформаторах			+				
Математическая модель обобщенной электрической машины							
Методы анализа переходных процессов в электрических машинах.				+			
Пространственные векторы переменных в различных системах координат.				+			
Дифференциальные уравнения электрической машины в различных координатах.				+			
Математическая модель асинхронной машины. Переходные процессы в асинхронных машинах							
Переходные процессы в асинхронных машинах					+		
Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева							
Дифференциальные уравнения синхронных машин						+	
Устойчивость синхронных машин						+	
Переходные процессы в машинах постоянного тока							
Переходные процессы при коммутации в машинах постоянного тока							+
Переходные процессы в машинах постоянного тока.							+
Вес КМ:		10	20	15	30	10	15

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4
	Срок КМ:	4	8	12	16

Выбор главных размеров, расчёт статора и ротора турбогенератора (гидрогенератора)	+			
Расчёт магнитной цепи турбогенератора (гидрогенератора)		+		
Расчёт параметров и характеристик турбогенератора (гидрогенератора)			+	
Графическая часть и оформление работы				+
Вес КМ:	20	30	30	20

## 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 Знает основную нормативно-техническую документацию, технические и технологические требования, предъявляемые к разработке электротехнического оборудования, электромеханических и электротехнологических систем	Знать: принципы математического описания процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах программные средства моделирования электрических машин Уметь: определять причины неисправностей электрических машин и трансформаторов	КМ-1. Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов с использованием компьютерных программ (Лабораторная работа) КМ-3. Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе (Лабораторная работа)
ПК-3	ИД-4ПК-3 Выбирает и обосновывает конкурентоспособные варианты электрооборудования и проектных технических решений при разработке систем электроснабжения и управления объектами профессиональной деятельности	Уметь: использовать современные программные средства для расчета переходных процессов в линейных и нелинейных электрических и магнитных цепях электрических машин и трансформаторов составлять модели электрических машин и	КМ-1. Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов с использованием компьютерных программ (Лабораторная работа) КМ-2. Моделирование переходных процессов в трансформаторах (Лабораторная работа)

		трансформаторов	
ПК-4	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Знает основные этапы исследования и проектирования электротехнических устройств, электромеханических и электротехнологических систем	Знать: методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах методы математического анализа и моделирования несимметричных режимов работы электрических машин и трансформаторов	КМ-3. Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе (Лабораторная работа) КМ-5. Переходные процессы в синхронных машинах (Тестирование)
ПК-4	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Выбирает и применяет методы анализа и расчета электромеханических устройств, электротехнологического оборудования и систем на их основе	Уметь: моделировать динамические режимы электрических машин с учётом нелинейности и взаимного влияния параметров рассчитывать режимы работы электрических машин и трансформаторов и характеризующие их параметры	КМ-4. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса (Контрольная работа) КМ-6. Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока. (Лабораторная работа)

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

### КМ-1. КМ-1. Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов с использованием компьютерных программ

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Подготовка, оформление и защита лабораторной работы.

#### Краткое содержание задания:

Решение дифференциальных уравнений с использованием компьютерных программ.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы математического описания процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах	1.Какие виды переходных процессов вы знаете? Перечислите. 2.Написать дифференциальные уравнения переходного процесса и дифференциальные уравнения в форме Коши для $RL$ -ветви. 3.Что определяет понятие «начальное условие», каким образом рассчитываются начальные условия и как задаются?
Знать: программные средства моделирования электрических машин	1.Что такое переходной процесс? Дайте определение 2.Каковы причины возникновения переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах? 3.Что такое постоянная времени (переходного процесса)? Как она (её величина) связана с длительностью переходного процесса? Как определялась постоянная времени $\tau$ в лабораторной работе?
Уметь: составлять модели электрических машин и трансформаторов	1.Составить блок-схему с указанием расчетных коэффициентов входных параметров решающих блоков для моделирования $i(t)$ ветви $RL$ с момента отключения напряжения и замыкания схемы. 2.Составить блок-схему с указанием расчетных коэффициентов входных параметров решающих блоков для моделирования $i(t)$ ветви $RL$ с момента отключения напряжения и замыкания схемы. 3.Рассчитать ток $i(t)$ в $RL$ -цепи для $t=5\tau$ , $U=220$ В, $L = 0,1$ Гн, $R=5$ Ом. 4.Написать уравнение и показать график зависимости $i(t)$ для ветви $RL$ с момента выключения постоянного напряжения

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 70

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. КМ-2. Моделирование переходных процессов в трансформаторах

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение и защита лабораторной работы

### Краткое содержание задания:

Смоделировать переходные процессы в трансформаторе при включении и при внезапном коротком замыкании.

Основные данные трехфазных двухобмоточных трансформаторов с естественным масляным охлаждением с алюминиевыми (№ 1 — 18) и медными (№ 19 — 32) обмотками

№ п/п	Мощность S, кВ×А	Схемы и группы соединений	Номинальные напряжения, В		Число витков		$R_k$ , Вт	$R_x$ , Вт	$i_k$ , %	$I_0$ , %
							ВН	НН	ВН	НН
1	63	Y/Y-0	3300	230	710	49	1280	265	4,5	2,8
2	63	Y/Y-0	6000	420	1260	88	1280	265	4,5	2,8
3	63	Y/Y-0	10000	400	2100	84	1280	265	4,5	2,8
4	100	Y/Y-0	3300	230	605	42	1970	365	4,5	2,6
5	100	Y/Y-0	6000	440	1125	82	1970	365	4,5	2,6
6	100	Y/Д - 1 1	6300	400	1180	130	1970	365	4,5	2,6
7	100	Y/Y-0	10000	400	1850	74	1970	365	4,5	2,6
8	160	Y/Y-0	3000	230	394	30	2650	565	4,5	2,4
9	160	Д / Y - 1 1	3300	690	730	88	2650	565	4,5	2,4
10	160	Y / Д - 1 1	6000	690	770	152	2650	565	4,5	2,4
11	160	Y/Y-0	10000	400	1273	51	2650	565	4,5	2,4
12	250	Y/Y-0	3300	230	358	25	3700	820	4,5	2,3
13	250	Д / Y - 1 1	6600	440	1200	46	3700	850	4,5	2,3
14	250	Y / Д - 1 1	6000	690	630	126	3700	820	4,5	2,3
15	250	Y/Y-0	10000	400	1050	42	3700	820	4,5	2,3
16	630	Д / Y - 1 1	6000	400	624	24	7000	1420	5,0	1,5
17	1000	Д / Y - 1 1	6000	400	441	17	10000	2400	5,5	1,4
18	1600	Y/Y-0	10000	400	376	15	14500	3100	5,0	1,3
19	25	Y/Y-0	3300	230	1032	72	490	120	4,5	3,0

20	25	Y/Y-0	11000	230	3441	72	490	120	4,5	3,0
21	40	Y/Y-0	3000	230	938	72	850	145	4,5	2,8
22	40	Y/Y-0	6000	400	1877	125	850	145	4,5	2,8
23	40	Y/Y-0	10000	400	3128	125	850	145	4,5	2,8
24	160	Y/Y-0	11000	440	1450	58	2100	460	4,5	1,7
25	250	Y/Y-0	11000	440	1100	44	3000	650	4,5	2,3
26	250	Y/ Д - 1 1	11000	190	1100	33	3000	650	4,5	2,3
27	400	Y/ Д - 1 1	11000	190	869	26	4100	900	5,0	1,5
28	400	Y/Y-0	11000	440	875	35	4100	900	5,0	1,5
29	630	Д/Д - 0	11000	190	1158	20	5000	1400	5,5	1,6

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: использовать современные программные средства для расчета переходных процессов в линейных и нелинейных электрических и магнитных цепях электрических машин и трансформаторов</p>	<p>1. Создать блок-схему при включении трансформатора на холостом ходу. Выполнить моделирование <math>i(t)</math> и определить максимальное ударное значение тока холостого хода <math>I_{0max}</math> и амплитуду установившегося тока холостого хода <math>I_{max}</math>. Занести эти значения в таблицу.</p> <p>2. Создать блок-схему при внезапном коротком замыкании трансформатора. Выполнить моделирование <math>i(t)</math> и определить ударное значение тока короткого замыкания <math>I_k max</math> и амплитуду установившегося тока короткого замыкания <math>I_{k max}</math>. Занести эти значения в таблицу. Рассчитать по этим значениям ударный коэффициент <math>k_{уд}</math>, сравнить с ранее рассчитанным.</p>
--	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 2

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

### КМ-3. КМ-3. Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение и защита лабораторной работы

**Краткое содержание задания:**

Моделирование на ПК дифференциальных уравнений асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и исследование его основных режимов работы.

Смоделировать на ПК дифференциальные уравнения (ДУ) асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором и исследовать его основные режимы работы.

В работе исследуется АД типа А42-6, имеющий следующие техниче-ские данные, являющиеся исходными данными для моделирования пере-ходного процесса:

$U_n = 220/380$  В,  $P_{2n} = 1,7$  кВт;  $I_n = 7,5/4,3$  А;  $M_n = 17,46$  Н·м;  $\cos\phi_n = 0,75$ ;  $\eta_n = 79,5\%$ ;  $s_n = 0,07$ ;  $\text{skr} = 0,2$ ;  $K_I = 4,5$ ;  $K_p = 1,4$ ;  $K_M = 1,8$ ;  $2p = 6$ ;  $f = 50$  Гц;  $m = 3$ ;  $J = 0,0148$  кг·м<sup>2</sup>; параметры схемы замещения:  $R_s = 3,57$  Ом;  $R_r = 3,8$  Ом;  $X_M = 82,52$  Ом;  $X_{\sigma s} = 4,99$  Ом;  $X_{\sigma r} = 8,28$  Ом.

Расчеты выполняется для  $M_c = 0$ ,  $M_c = M_n$  и  $M_c \sim 1,5 M_n$ ,  $\omega_1 = 314$  1/с,  $\omega_k = 0$  и  $t = t_p$

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы математического анализа и моделирования несимметричных режимов работы электрических машин и трансформаторов</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. В чем заключается преобразование системы ДУ к виду, удобному для моделирования на ПК?</li><li>2. Какие системы координат использовались для моделирования электрических машин?</li><li>3. Как перейти от моделирования в системе координат <math>\alpha, \beta</math> к системе координат <math>u, v</math>? В каких случаях для исследования переходного процесса в электрической машине удобна система координат <math>\alpha, \beta</math>, а в каких система – <math>u, v</math>?</li><li>4. В каком режиме определялась перегрузочная способность АД?</li><li>5. Каким образом моделировался режим КЗ?</li><li>6. Объяснить, почему в момент включения АД в сеть <math>M_p = 0</math>, а по статической характеристике <math>M_p \neq 0</math>?</li><li>7. По каким графикам и как определить критическое скольжение <math>\text{skr}</math>?</li></ol>
<p>Уметь: определять причины неисправностей электрических машин и трансформаторов</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как изменить направление вращения асинхронного двигателя в модели? Продемонстрируйте.</li><li>2. Как осуществить генераторный режим работы асинхронной машины в модели? Продемонстрируйте.</li><li>3. Как рассчитать активную и реактивную мощности асинхронной машины в модели? Продемонстрируйте.</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*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. КМ-4. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка выполнения индивидуального задания

#### **Краткое содержание задания:**

Рассчитать параметры схемы замещения асинхронного двигателя по каталожным данным, собрать Т-образную схему замещения асинхронного двигателя в программном комплексе, используя библиотеку физических элементов, построить семейство статических механических характеристик асинхронного двигателя, провести анализ влияния параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса и на вид статической и динамической характеристик

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: рассчитывать режимы работы электрических машин и трансформаторов и характеризующие их параметры	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Определите коэффициенты <math>K_{уд}</math>, <math>K_{уд.М}</math> и <math>K_I</math></li><li>2. Рассчитайте ударный момент асинхронного двигателя</li><li>3. Для своего варианта электрической машины (таблица 1), используя справочные данные, рассчитать параметры Т-образной схемы замещения. [Справочник. Асинхронные двигатели серии 4А /А.Д. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболевская. М.: Энергоиздат, 1982 504 с. Принять активное сопротивление ветви намагничивания <math>r_m=(0,08-0,2)</math> о.е.</li><li>4. Собрать Т-образную схему замещения асинхронного двигателя в программном комплексе, используя библиотеку физических элементов (активных и реактивных сопротивлений, источников тока и напряжения и т.п.). Предусмотреть измерители тока, напряжения и мощности в ветвях схемы замещения и устройства наблюдения измеренных значений. Задавшись номинальным значением скольжения, получить в модели значения КПД, коэффициента мощности, токов статора и ротора, момента. Сравнить эти значения с каталожными данными. Убедиться в правильности расчёта параметров схемы замещения.</li><li>5. используя компьютерной модель, построить статическую механическую характеристику асинхронного двигателя.</li></ol>
--	--

	6.Задать вентиляторную нагрузку двигателя с номинальными моментом и частотой вращения равными соответствующим номинальным значениям для исследуемого двигателя. Сравнить переходные процессы при пуске с нагрузкой вентиляторным моментом и постоянным номинальным моментом. Сравнить динамические механические характеристики, кривые изменения тока, частоты вращения и момента во времени. Оценить длительность переходного процесса, ударные значения, количество колебаний.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*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-5. КМ-5. Переходные процессы в синхронных машинах**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование

**Краткое содержание задания:**

Выберите правильный вариант ответа

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах	1.В каком случае бросок тока в фазе А обмотки статора синхронного генератора, работающего на холостом ходу, при внезапном симметричном коротком замыкании будет больше? .. когда в момент возникновения короткого замыкания потокосцепление фазы А было максимальным $\Psi_A = \max$ .. когда в момент возникновения короткого замыкания потокосцепление фазы А было минимальным (равным нулю) $\Psi_A = 0$ 2.Используя какое соотношение можно определить
--	---

	<p>статическую перегружаемость (<math>k_{п}</math>) синхронного турбогенератора при известной номинальной мощности?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k_{п} \sim 1/\sin\theta</math></li> <li>• <math>k_{п} \sim 1/\sin 2\theta</math></li> <li>• <math>k_{п} \sim 1/x_c</math></li> <li>• <math>k_{п} \sim 1/x'c</math></li> </ul> <p>3. В каких машинах ударный ток короткого замыкания будет больше?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• в машинах с демпферной обмоткой</li> <li>• в машинах без демпферной обмотки</li> <li>• наличие демпферной обмотки не влияет на ударный ток короткого замыкания</li> </ul> <p>4. Какими явлениями сопровождается работа синхронного генератора при выпадении из синхронизма? (перечислить все явления)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• частота вращения ротора уменьшается</li> <li>• токи в обмотке статора увеличиваются</li> <li>• токи в обмотке ротора увеличиваются</li> <li>• появляются дополнительные вибрации из-за возникновения пульсирующего момента</li> <li>• увеличивается нагрев крайних пакетов статора</li> <li>• возникают значительные усилия, действующие на лобовые части обмотки якоря</li> </ul>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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-6. КМ-6. Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока.**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение и защита лабораторной работы. Студентам выдаётся индивидуальное задание на создание компьютерной модели и расчёт её параметров.

### Краткое содержание задания:

Провести моделирование двигателя постоянного тока с постоянными магнитами и оценить влияние параметров двигателя на ход переходных процессов.

Исследовать переходные процессы электродвигателя постоянного тока (ДПТ) параллельного возбуждения с последовательной стабилизирующей обмоткой (ОС) возбуждения в цепи обмотки якоря (ОЯ) в пусковом режиме и при коммутации добавочного сопротивления ( $r_d$ ) в цепи обмотки возбуждения (ОВ).

В работе в качестве объекта исследования принят ДПТ параллельного возбуждения с последовательной стабилизирующей обмоткой возбуждения, работающий с номинальным моментом нагрузки, технические данные которого близки к серийному двигателю П-52:

$P_n = 8$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $i_{я.н} = 40$  А;  $n_n = 1500$  об/мин;  $2p = 4$ ;  $2a = 2$ ;  $C_e = 16,5$ ;  $C_m = 158$ ;  $\Phi_n = 80 \cdot 10^{-4}$  Вб;  $R_{я} = 0,55$  Ом;  $L_{я} = 20 \cdot 10^{-3}$  Гн;  $i_{в.н} = 1,6$  А;  $w_b = 860$ ;  $w_c = 8$ ;  $\sigma = 1,15$ ;  $R_b = 137,5$  Ом;  $r_d = 201$  Ом;  $J = 0,152$  кг·м<sup>2</sup>;  $F_n = i_{в.н} w_b w_c = 1376$  А;  $M_n = 50,56$  Н·м.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: моделировать динамические режимы электрических машин с учётом нелинейности и взаимного влияния параметров	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Напишите систему ДУ для переходного электрохимического процесса двигателя постоянного тока</li><li>2. Смоделируйте переходной процесс при изменении момента инерции двигателя</li><li>3. Смоделируйте переходной процесс при изменении потока возбуждения двигателя</li><li>4. Продемонстрируйте способы регулирования частоты вращения двигателя</li></ol>
--	--

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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:** Экзамен

### Пример билета

Пример билета

1. 1. Формулы прямого и обратного преобразования переменных. Матричные преобразования.
2. 2. Дифференциальные уравнения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Связь дифференциальных уравнений с уравнениями установившихся режимов.
3. 3. Задача

### Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме. Студенту выдаётся экзаменационный билет, содержащий два теоретических вопроса. На подготовку ответов отводится 60 минут, на ответ не более 30 минут.

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

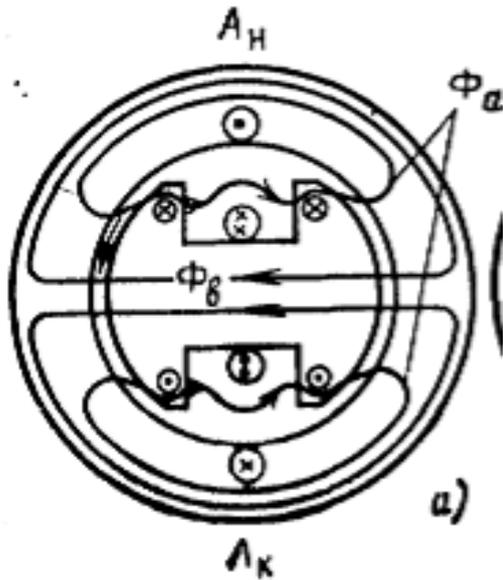
**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-3</sub> Знает основную нормативно-техническую документацию, технические и технологические требования, предъявляемые к разработке электротехнического оборудования, электромеханических и электротехнологических систем

### Вопросы, задания

1. Переходный процесс включения в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения
2. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток. Воздействие токов короткого замыкания на трансформатор
3. Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Допущения. Идеализированная электрическая машина
4. Переходный процесс при внезапном трехфазном коротком замыкании синхронного генератора. Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления обмотки якоря
5. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Удельная синхронизирующая мощность и момент
6. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с постоянными магнитами и синхронных реактивных двигателей (в относительных единицах)
7. Дифференциальные уравнения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Переходные процессы при реостатном пуске двигателя с параллельным или независимым возбуждением

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какому сопротивлению соответствует картина распределения магнитного поля в режиме короткого замыкания синхронного генератора?

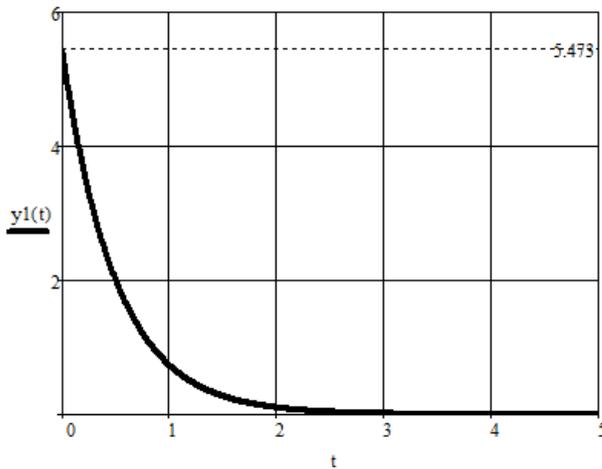


Ответы:

- а)  $x''d$
- б)  $xd$
- в)  $x'd$

Верный ответ: а)

2. На рисунке изображена кривая некоторого переходного процесса. Чему равна постоянная времени?

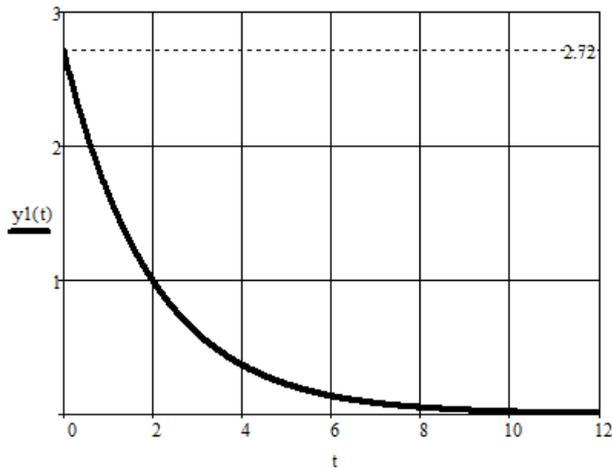


Ответы:

Запишите правильный ответ числом

Верный ответ: 0,5

3. На рисунке изображена кривая некоторого переходного процесса. Чему равна постоянная времени?



Ответы:

Запишите правильный ответ числом

Верный ответ: 2

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-3 Выбирает и обосновывает конкурентоспособные варианты электрооборудования и проектных технических решений при разработке систем электроснабжения и управления объектами профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

1. Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях
2. Формулы прямого и обратного преобразования переменных. Матричные преобразования.
3. Дифференциальные уравнения эквивалентной двухфазной машины в фазовых координатах. Физический смысл параметров. Переход к ортогональным координатам по методу двух реакций.
4. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в системе координат  $\alpha, \beta$ . Матричная форма записи
5. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин. Формулы расчёта электромагнитного момента
6. Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин
7. Использование относительных единиц в обобщенной теории электрических машин. Основные базисные величины
8. Переходный процесс при пуске ДПТ НВ с учётом индуктивности якоря.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какими явлениями сопровождается работа синхронного генератора при выпадении из синхронизма? (перечислить все явления)

Ответы:

- а) частота вращения ротора уменьшается
- б) токи в обмотке статора увеличиваются
- в) токи в обмотке ротора увеличиваются
- г) появляются дополнительные вибрации из-за возникновения пульсирующего момента
- д) увеличивается нагрев крайних пакетов статора
- е) возникают значительные усилия, воздействующие на лобовые части обмотки якоря

Верный ответ: б), в), г)

2. Электрическая машина имеет встроенный на валу вентилятор. Как соотносятся постоянные времени её нагревания и охлаждения?

Ответы:

- а)  $T_{охл} > T_{нагр}$
- б)  $T_{охл} < T_{нагр}$
- в)  $T_{охл} = T_{нагр}$

Верный ответ: а)

3. Два трансформатора геометрически подобны. Трансформатор номер 1 больше трансформатора номер 2. Как соотносятся постоянные времени нагрева этих двух трансформаторов?

Ответы:

- а)  $T_1 > T_2$
- б)  $T_1 < T_2$
- в)  $T_1 = T_2$

Верный ответ: а)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-4 Знает основные этапы исследования и проектирования электротехнических устройств, электромеханических и электротехнологических систем

### Вопросы, задания

1. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Формулы прямого и обратного преобразования переменных
2. Преобразование многофазных обмоток в эквивалентные двухфазные, преобразование Кларк. Этапы и инварианты преобразования.
3. Переходные процессы в асинхронных двигателях при реверсе. Влияние параметров на ход переходного процесса
4. Причины возникновения и виды переходных процессов в асинхронных машинах. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
5. Электромагнитный момент синхронной явнополюсной машины
6. Переходные процессы при пуске ДПТ НВ. Электромагнитный переходный процесс при включении обмотки возбуждения. Пуск и динамическое торможение при допущении об отсутствии индуктивности якоря

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В каком случае бросок тока в фазе  $A$  обмотки статора синхронного генератора, работающего на холостом ходу, при внезапном симметричном коротком замыкании будет меньше?

Ответы:

- а) когда в момент возникновения короткого замыкания ЭДС фазы  $A$  была максимальной  $e_A = \max$
- б) когда в момент возникновения короткого замыкания ЭДС фазы  $A$  было равно нулю  $e_A = 0$

Верный ответ: а)

2. Используя какое соотношение можно определить статическую перегружаемость ( $k_{п}$ ) синхронного турбогенератора при известной номинальной мощности?

Ответы:

- а)  $k_{п} \sim 1/\sin\theta$
- б)  $k_{п} \sim 1/\sin^2\theta$
- в)  $k_{п} \sim 1/x_c$
- г)  $k_{п} \sim 1/x'_c$

Верный ответ: а)

3. В каких машинах ударный ток короткого замыкания будет больше?

Ответы:

- а) в машинах с демпферной обмоткой
  - б) в машинах без демпферной обмотки
  - в) наличие демпферной обмотки не влияет на ударный ток короткого замыкания
- Верный ответ: а)

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-4 Выбирает и применяет методы анализа и расчета электромеханических устройств, электротехнологического оборудования и систем на их основе

**Вопросы, задания**

1. Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин.
2. Причины возникновения и виды переходных процессов в асинхронных машинах. Математическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат.
3. Переходные процессы в асинхронном двигателе при пуске. Влияние параметров на ход переходного процесса
4. Учет нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин (учёт насыщения, вытеснения тока)
5. Математическая модель асинхронного генератора с самовозбуждением
6. Дифференциальные уравнения двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Связь дифференциальных уравнений с уравнениями установившихся режимов
7. Дифференциальные уравнения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Связь дифференциальных уравнений с уравнениями установившихся режимов

**Материалы для проверки остаточных знаний**

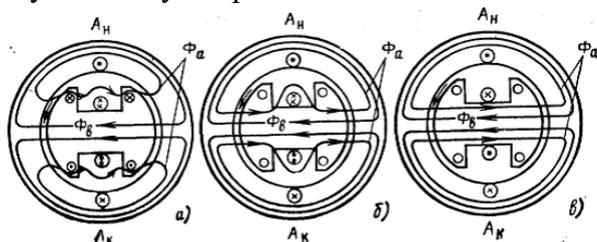
1. Какое из перечисленных значений индуктивных сопротивлений в синхронной машине является наибольшим?

Ответы:

- а)  $x''d$
- б)  $x_d$
- в)  $x'd$

Верный ответ: б)

2. Какая картина распределения магнитного поля соответствует переходному индуктивному сопротивлению?



Ответы:

- а
- б
- в

Верный ответ: б)

3. В каком случае бросок тока в фазе А обмотки статора синхронного генератора, работающего на холостом ходу, при внезапном симметричном коротком замыкании будет больше?

Ответы:

- а) когда в момент возникновения короткого замыкания потокосцепление фазы А было максимальным  $\Psi_A = \max$
- б) когда в момент возникновения короткого замыкания потокосцепление фазы А было минимальным (равным нулю)  $\Psi_A = 0$
- Верный ответ: а)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

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

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

**Для курсового проекта/работы:**

**7 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита курсового проекта проводится в устной форме в виде доклада и ответа на вопросы с демонстрацией разработанных чертежей и результатов расчёта. Время на доклад и ответы на вопросы – 20 минут

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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***

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