

**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: Электрические и электронные аппараты**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Математическое моделирование электротехнических объектов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатова Е.П.
	Идентификатор	R51c6ebe0-KurbatovaYP-a15ccd67

(подпись)

Е.П.  
Курбатова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатов П.А.
	Идентификатор	R1a0c0ffa-KurbatovPA-23b01cca

(подпись)

П.А.  
Курбатов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

М.Г.  
Киселев

(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-5 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения

ИД-3 Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических аппаратов

ИД-7 Применяет современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать режимы работы и характеристики электрических и электронных аппаратов при реализации различных функций

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Анализ процессов в электромеханической системе контактора постоянного тока (Контрольная работа)
2. Макромодель механического узла (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Модели подсистем электротехнических объектов (Тестирование)
2. Моделирование контактной системы (Контрольная работа)
3. Основные понятия макромоделирования (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 "Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 "Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 "Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактами" (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №4 "Построение модели механизма свободного расцепления" (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %									
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	6	8	12	15	16	16	16	16
Понятие математической макроскопической модели										

электротехнического объекта									
Понятие математической макроскопической модели электротехнического объекта	+								
Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов									
Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов		+	+			+			
Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов									
Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов				+			+		
Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических объектов									
Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических объектов					+			+	+
Вес КМ:	5	10	15	15	15	10	10	10	10

\$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-5	ИД-3ПК-5 Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических аппаратов	<p>Знать:</p> <p>методы макроскопического математического моделирования процессов в физических системах электротехнических объектов</p> <p>принципы построения математических моделей и их эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах на основе законов электротехники, механики, распространения тепла</p> <p>Уметь:</p> <p>определять параметры эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах</p> <p>применять физические законы и методы при</p>	<p>Основные понятия макро моделирования (Тестирование)</p> <p>Модели подсистем электротехнических объектов (Тестирование)</p> <p>Макромодель механического узла (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы №2 "Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы №3 "Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактами" (Лабораторная работа)</p>

		анализе электромагнитных явлений и процессов в электрических аппаратах применять методы макроскопического моделирования для построения эквивалентных схем механических узлов электрических аппаратов	
ПК-5	ИД-7 <sub>ПК-5</sub> Применяет современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать режимы работы и характеристики электрических и электронных аппаратов при реализации различных функций	Уметь: применять современные компьютерные технологии для построения макромоделей механических узлов с 3D визуализацией применять современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать режимы работы электрических цепей применять методы и программные средства для компьютерного моделирования контактных систем электрических аппаратов выполнять анализ результатов математического моделирования для их применения при	Моделирование контактной системы (Контрольная работа) Анализ процессов в электромеханической системе контактора постоянного тока (Контрольная работа) Защита лабораторной работы №1 "Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях" (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы №4 "Построение модели механизма свободного расцепления" (Лабораторная работа)

		исследованиях режимов работы и характеристик электротехнических объектов	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Основные понятия макро моделирования

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тест состоит из 10 вопросов "один из многих". На тест отводится 15 минут.

#### Краткое содержание задания:

Студенту выдается тест, состоящей из 10 вопросов по теме “Основные понятия макро моделирования”

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методы макро скопического математического моделирования процессов в физических системах электротехнических объектов</p>	<p><b>1. Независимые переменные</b> в макро скопической модели это ...?</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. пространственные координаты</li><li>2. время и пространственные координаты</li><li>3. время</li></ol> <p><b>2. Фазовые переменные</b> в каждой подсистеме относятся к одному из двух типов ....</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. поток и потенциал</li><li>2. поток и производная потенциала по времени</li><li>3. производная потока по времени и потенциал</li></ol> <p>3. В качестве <b>элементов</b> физических подсистем используют ...</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <math>R, L, C, U</math></li><li>2. <math>R, L, C</math></li><li>3. <math>R, L, C, U, I</math></li></ol> <p><b>4. Компонентные уравнения</b> отражают ...</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. закон функционирования каждого элемента системы и связывают разнородные фазовые переменные</li><li>2. закон функционирования каждого элемента системы и связывают однородные фазовые переменные</li><li>3. взаимосвязи элементов системы</li></ol> <p><b>5. Топологические уравнения</b> отражают ...</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. структуру связей между одинаковыми элементами в подсистеме и записываются для однородных фазовых переменных: отдельно для потоков и для потенциалов</li><li>2. структуру связей между различными элементами в подсистеме и в целом в системе и записываются для разнородных фазовых переменных</li><li>3. структуру связей между различными элементами в подсистеме и в целом в системе и записываются для однородных фазовых переменных: отдельно для потоков и для потенциалов</li></ol>
---	--



	<p><b>6. Источники энергии</b> в физических подсистемах моделируются ...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. источниками фазовых переменных</li> <li>2. источниками напряжения</li> <li>3. источниками тока</li> </ol> <p><b>7. Математическая макроскопическая модель</b> физической системы это ...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. конструкция устройства</li> <li>2. система алгебраических и обыкновенных дифференциальных (интегральных) уравнений</li> <li>3. электрическая схема</li> </ol> <p><b>8. Графическое представление</b> математической макроскопической модели это ...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. эквивалентная схема цепи</li> <li>2. чертеж конструкции устройства</li> <li>3. функциональная схема системы</li> </ol> <p><b>9. Уравнение физического процесса</b> представляет ...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. сумму однородных слагаемых</li> <li>2. сумму разнородных слагаемых</li> <li>3. произведение переменных</li> </ol> <p><b>10. В механической подсистеме</b> происходит ...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. преобразование электрической энергии в механическую</li> <li>2. преобразование механической энергии в механическую</li> <li>3. преобразование механической энергии в магнитную</li> </ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

**КМ-2. Модели подсистем электротехнических объектов**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тест состоит из 20 вопросов "один из многих". На тест отводится 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Студенту выдается тест, состоящей из 20 вопросов по теме "Модели подсистем электротехнических объектов"

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы построения математических моделей и их эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах на основе законов электротехники, механики, распространения тепла

1. Фазовые переменные в **механической подсистеме поступательного движения**:

1. время
2. трение, пружина и масса
- 3 сила и скорость

2. Фазовые переменные в **магнитной подсистеме**:

1. магнитное напряжение и магнитный поток
2. магнитное сопротивление и магнитная индуктивность
3. время

3. **Компонентные уравнения электрической подсистемы** включают:

$$1. U = iR, U = L \frac{di}{\text{differentialDt}}, i = C \frac{dU}{\text{differentialDt}}$$
$$2. U = iR, U = C \frac{di}{\text{differentialDt}}, i = L \frac{dU}{dt}$$
$$3. U = iL, U = R \frac{di}{\text{differentialDt}}, i = C \frac{du}{\text{differentialDt}}$$

4. **Компонентные уравнения механической подсистемы вращательного движения** включают:

$$1. M = k_{\text{тр}}^{\text{тр}} \omega, \omega = \frac{1}{k_y} \frac{dM}{\text{differentialDt}}, M =$$

$$J \frac{d\omega}{\text{differentialDt}}$$

$$2. M = k_{\text{тр}}^{\text{тр}} \omega, \omega = J \frac{dM}{\text{differentialDt}}, M =$$

$$\frac{1}{k_y} \frac{d\omega}{\text{differentialDt}}$$

$$3. M = k_y^y \omega, \omega = \frac{1}{k_{\text{тр}}^{\text{тр}}} \frac{dM}{\text{differentialDt}}, M = \frac{d\omega}{\text{differentialDt}}$$

5. **Начальная скорость** объекта в механической подсистеме (прямая модель) моделируется как:

1. Напряжение на емкости
2. Ток на индуктивности
3. Источник тока

6. **Распределение магнитного поля** в немагнитном материале в макромоделе магнитной подсистемы....

1. Представляется магнитным сопротивлением
2. Представляется магнитной индуктивностью
3. Не может быть представлено

7. **Аналогом напряжения** в тепловой подсистеме является:

1. Температура
2. Тепловой поток
3. Теплопроводность

8. **Запор** в механической подсистеме поступательного движения (в прямой модели) моделируется:

1. Параллельным соединением емкость и резистора
2. Параллельным соединением индуктивности и резистора
3. Последовательным соединением резистора и индуктивности

9. **Момент** в механической подсистеме

поступательного движения в прямой модели является

	1. Переменной типа потока 2. Переменной типа потенциала 3. Не является фазовой переменной 10. <b>Теплоемкость</b> тела в тепловой подсистеме моделируется 1. Тепловым конденсатором 2. Тепловым резистором 3. Тепловой индуктивностью
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

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

Оценка: 4

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

Оценка: 3

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

**КМ-3. Макромодель механического узла**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа на компьютерах с использованием Matlab

**Краткое содержание задания:**

1. Составить эквивалентную схему прямой модели механического узла в *Matlab Simulink* с использованием библиотеки *Simscape/Electrical/Specialized Power Systems (powerlib)*.
2. Рассчитать переходной процесс при воздействии синусоидального источника силы (сил) с частотой 50 Гц. Начальная фаза источника (источников) равна нулю. Промежуток времени анализа от 0 до 0.6 с. Построить временные зависимости скоростей всех масс.
3. Построить амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики скоростей масс в диапазоне частот 0-2000 Гц. Определить резонансные частоты.

**Контрольные вопросы/задания:**

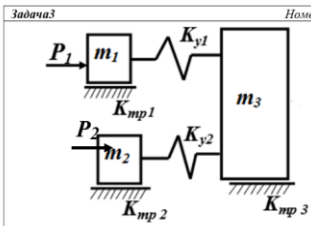
Уметь: применять методы макроскопического моделирования для построения эквивалентных схем механических узлов электрических аппаратов

1.

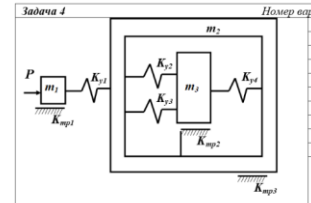
Задача 1	Номер варианта						
	1	2	3	4	5	6	7
$P_1, Н$	10	10	20	20	40	40	30
$m_1, кг$	1	1	2	2	4	4	5
$m_2, кг$	6	4	6	3	3	2	4
$K_{y1}, Н/м$	2e5	2e5	1e5	1e5	6e5	6e5	1e5
$K_{y2}, Н/м$	2e5	1e5	2e5	1e5	1e5	2e5	2e5
$K_{y3}, Н/м$	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5
$K_{мп1}, кс/с$	30	40	40	20	20	30	10
$K_{мп2}, кс/с$	60	60	60	60	60	60	60

2.

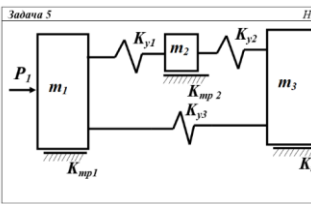
Задача 2	Номер варианта						
	1	2	3	4	5	6	7
$P_1, Н$	10	10	20	20	40	40	30
$P_2, Н$	20	40	60	50	15	20	15
$m_1, кг$	1	1	2	2	4	3	3
$m_2, кг$	6	4	6	3	3	4	5
$m_3, кг$	8	10	8	10	8	10	8
$K_{y1}, Н/м$	2e5	1e5	2e5	1e5	1e5	2e5	2e5
$K_{y2}, Н/м$	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5
$K_{мп1}, кс/с$	30	40	40	20	20	30	30
$K_{мп2}, кс/с$	60	60	60	60	60	60	60
$K_{мп3}, кс/с$		10	10	20	20	30	30
							40

3. 

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
$P_1, Н$	10	10	20	20	40	40	30
$P_2, Н$	20	40	60	50	15	20	15
$m_1, кг$	1	1	2	2	4	3	3
$m_2, кг$	6	4	6	3	3	4	5
$m_3, кг$	8	10	8	10	8	10	8
$K_{y1}, Н/м$	2e5	1e5	2e5	1e5	1e5	2e5	2e5
$K_{y2}, Н/м$	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5
$K_{mp1}, кг/с$	30	40	40	20	20	30	30
$K_{mp2}, кг/с$	60	60	60	60	60	60	60
$K_{мп}, кг/с$	10	10	20	20	30	30	40

4. 

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
$P, Н$	10	10	20	20	40	30	30
$m_1, кг$	6	4	2	1	1	4	6
$m_2, кг$	1	1	2	2	4	3	3
$K_{y1}, Н/м$	2e5	2e5	2e5	1e5	1e5	1e5	2e5
$K_{y2}, Н/м$	2e5	1e5	2e5	1e5	1e5	3e5	2e5
$K_{mp1}, кг/с$	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5
$K_{mp2}, кг/с$	8e5	6e5	4e5	6e5	5e5	4e5	8e5
$K_{мп}, кг/с$	30	40	40	20	20	30	50
$K_{мп}, кг/с$	60	60	60	60	60	60	60
$K_{мп}, кг/с$	10	10	20	20	30	30	40

5. 

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
$P_1, Н$	10	10	20	20	40	40	50
$m_1, кг$	6	4	2	1	1	2	6
$m_2, кг$	1	1	2	2	4	4	5
$m_3, кг$	6	4	6	3	3	5	4
$K_{y1}, Н/м$	2e5	2e5	2e5	1e5	1e5	2e5	1e5
$K_{y2}, Н/м$	2e5	1e5	2e5	1e5	1e5	2e5	2e5
$K_{mp1}, кг/с$	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5	8e5
$K_{mp2}, кг/с$	30	40	40	20	20	30	50
$K_{mp3}, кг/с$	60	60	60	60	60	60	60
$K_{мп}, кг/с$	10	10	20	20	30	30	15

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

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

Оценка: 4

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

Оценка: 3

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

**КМ-4. Моделирование контактной системы**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

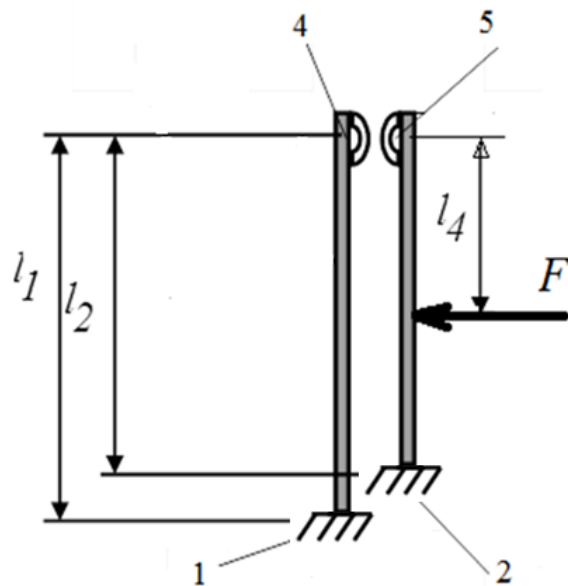
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа на компьютерах с использованием Matlab

**Краткое содержание задания:**

1. Составить модель контактной системы в *Matlab Simulink* с использованием библиотеки *Simscape/Multibody*.
2. Провести моделирование динамики срабатывания контактной системы.
3. Рассчитать и построить осциллограммы изменение зазора от времени.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: применять методы и программные средства для компьютерного моделирования контактных систем электрических аппаратов



1.

Figure 1 1, 2 – консольное закрепление контактов; 4, 5 контакты

Контакты изготовлены из металлической полосы толщиной 1.5 мм и шириной 4 мм.

Материал контактов бронза, плотность материала - 8900 кг/м<sup>3</sup>.

Контактные накладки высотой 1 мм, материал серебро

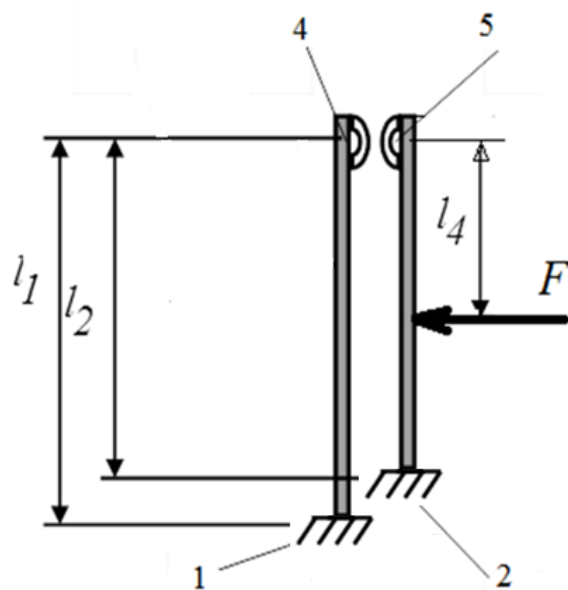
Начальный зазор между контактами (между контактными накладками) - 2 мм.

Жесткость пружины - 400 Н/м. Начальное поджатие пружины отсутствует.

$l_1 = 50$  мм

$l_2 = 45$  мм

$l_4 = 15$  мм

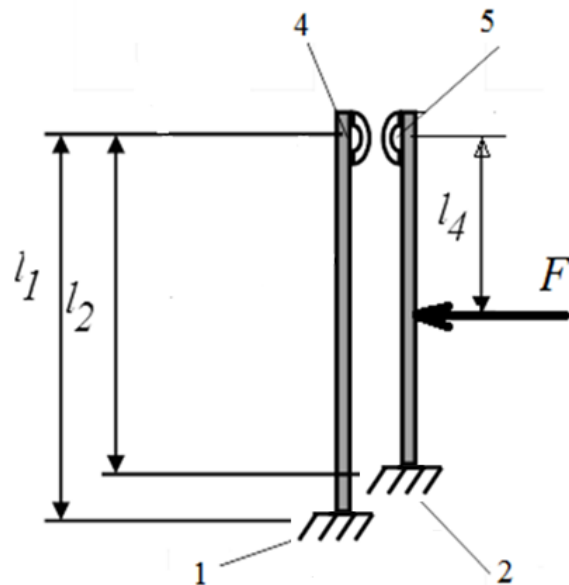


2.

Figure 2 1, 2 – консольное закрепление контактов; 4, 5 контакты

Контакты изготовлены из металлической полосы толщиной 1.5 мм и шириной 3 мм.  
 Материал контактов бронза, плотность материала - 8900 кг/м<sup>3</sup>.  
 Контактные накладки высотой 1 мм, материал серебро  
 Начальный зазор между контактами (между контактными накладками) - 2 мм.  
 Жесткость пружины - 400 Н/м. Начальное поджатие пружины отсутствует.

$l_1 = 58$  мм  
 $l_2 = 53$  мм  
 $l_4 = 20$  мм

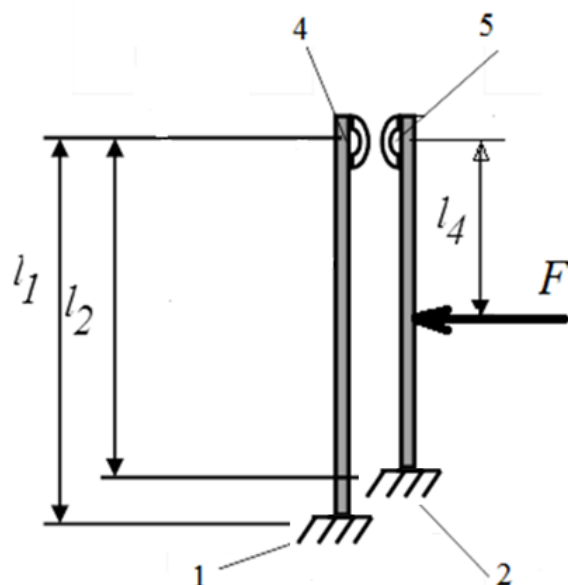


3.

Figure 3 1, 2 – консольное закрепление контактов; 4, 5 контакты

Контакты изготовлены из металлической полосы толщиной 1.5 мм и шириной 4 мм.  
 Материал контактов бронза, плотность материала - 8900 кг/м<sup>3</sup>.  
 Контактные накладки высотой 1 мм, материал серебро  
 Начальный зазор между контактами (между контактными накладками) - 2 мм.  
 Жесткость пружины - 400 Н/м. Начальное поджатие пружины отсутствует.

$l_1 = 70$  мм  
 $l_2 = 65$  мм  
 $l_4 = 20$  мм



4.

Figure 4 1, 2 – консольное закрепление контактов; 4, 5 контакты

Контакты изготовлены из металлической полосы толщиной 1.5 мм и шириной 4 мм.

Материал контактов бронза, плотность материала - 8900 кг/м<sup>3</sup>.

Контактные накладки высотой 1 мм, материал серебро

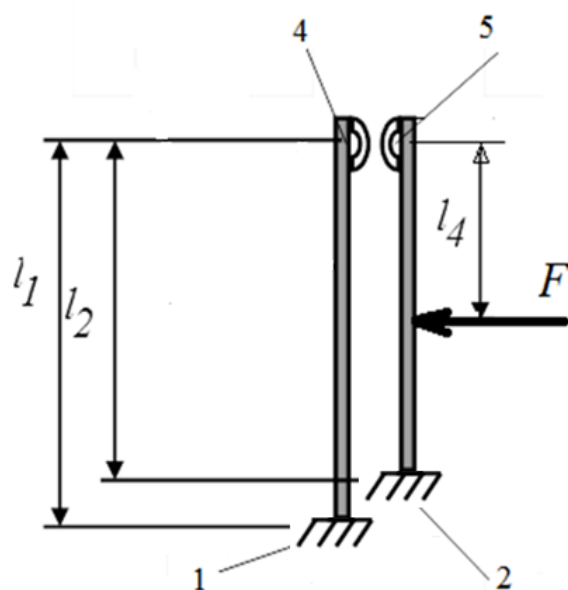
Начальный зазор между контактами (между контактными накладками) - 2 мм.

Жесткость пружины - 400 Н/м. Начальное поджатие пружины отсутствует.

$$l_1 = 54 \text{ мм}$$

$$l_2 = 49 \text{ мм}$$

$$l_4 = 25 \text{ мм}$$



5.

Figure 5 1, 2 – консольное закрепление контактов; 4, 5 контакты

	<p>Контакты изготовлены из металлической полосы толщиной 1 мм и шириной 2 мм.  Материал контактов бронза, плотность материала - 8900 кг/м<sup>3</sup>.  Контактные накладки высотой 1 мм, материал серебро  Начальный зазор между контактами (между контактными накладками) - 2 мм.  Жесткость пружины - 400 Н/м. Начальное поджатие пружины отсутствует.</p> <p>l1 = 60 мм  l2 = 50 мм  l4 = 40 мм</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

**КМ-5. Анализ процессов в электромеханической системе контактора постоянного тока**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа на компьютерах с использованием Matlab

**Краткое содержание задания:**

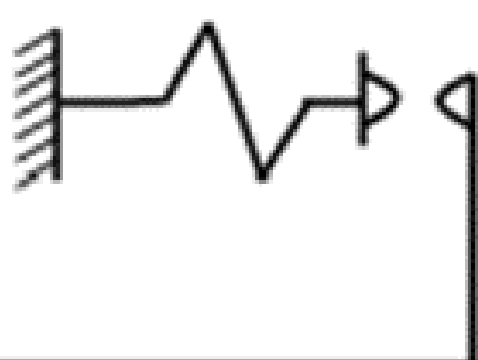
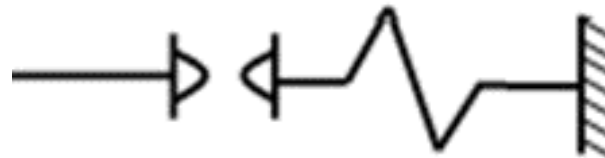
1. Составить модель электромеханической системы контактора постоянного тока в Matlab Simulink/Simscape
2. Рассчитать и построить тяговую характеристику электромагнита постоянного тока
3. Рассчитать и построить механическую (противодействующую) характеристику механического узла
4. Провести моделирование динамике срабатывания и выключения. Построить временные зависимости тока в катушке, перемещения якоря, расстояния между подвижным и неподвижным контактом, электромагнитной силы



Сопротивление провода катушки	2900 Ом	
Магнитное сопротивление магнитопровода		97260 1/Гн
Магнитное сопротивление якоря		26310 1/Гн
Магнитное сопротивление рассеяния		2.0e7 1/Гн
Магнитное сопротивление зазора		$5e6 \cdot \delta$ 1/Гн $\delta$ - зазор в мм
Коэффициент трения		0.1 кг/с
Жесткость возвратной пружины		500 Н/м
Ход якоря		6 мм
Напряжение питания		импульс 220 В, период 0.5 с, скважность 50%, задержка 0.1 с
Начальное положение якоря		в середине зазора


### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять анализ результатов математического моделирования для их применения при исследованиях режимов работы и характеристик электротехнических объектов	1.	Число витков	2100 0	<p>Figure 6 механический узел</p>
	Электромагнитная сила		$2,65e9 \cdot \Phi^2$	
	Масса якоря		0.1 кг	
	Жесткость контактной пружины		2000 Н/м	
	Сила поджатия контактной пружины		0	
	Начальный зазор		1.5 мм	

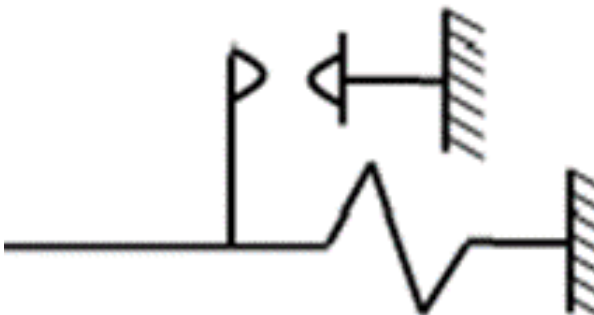
	Масса подвижного контакта		0.01 кг
2.			
	Число витков	1900 0	 <p>Figure 7 механический узел</p>
	Электромагнитная сила		$2,7e9 \cdot \Phi^2$
	Масса якоря		0.2 кг
	Жесткость контактной пружины		2500 Н/м
	Сила поджатия контактной пружины		0
	Начальный зазор		2 мм
	Масса подвижного контакта		0.01 кг
3.			
	Число витков	2300 0	 <p>Figure 8 механический узел</p>
	Электромагнитная сила		$2,5e9 \cdot \Phi^2$
	Масса якоря		0.12 кг
	Жесткость контактной пружины		3000 Н/м
	Сила поджатия контактной пружины		0
	Начальный зазор		1 мм
	Масса подвижного		0.01 кг

контакта		
----------	--	--

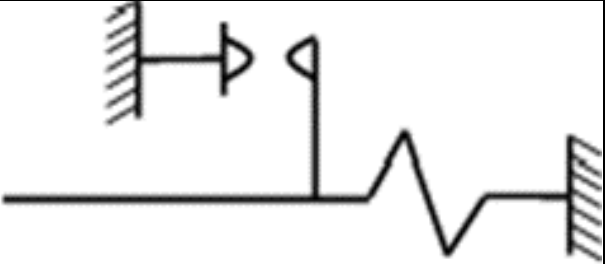
4.

Число витков	2000 0	 <p>Figure 9 механический узел</p>
Электромагнитная сила		$2,8e9 \cdot \Phi^2$
Масса якоря		0.15 кг
Жесткость контактной пружины		3000 Н/м
Сила поджатия контактной пружины		0
Начальный зазор		1.5 мм
Масса подвижного контакта		0.01 кг

5.

Число витков	2300 0	 <p>Figure 10 механический узел</p>
Электромагнитная сила		$2,5e9 \cdot \Phi^2$
Масса якоря		0.11 кг
Жесткость контактной пружины		2500 Н/м
Сила поджатия контактной пружины		0
Начальный зазор		1.5 мм
Масса подвижного контакта		0.01 кг

6.

		Число витков	1900 0	 <p>Figure 11 механический узел</p>	
		Электромагнитная сила			$2,65e9 \cdot \Phi^2$
		Масса якоря			0.14 кг
		Жесткость контактной пружины			3000 Н/м
		Сила поджатия контактной пружины			0
		Начальный зазор			1 мм
		Масса подвижного контакта			0.01 кг

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

**КМ-6. Защита лабораторной работы №1 "Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 15 минут на подготовку к защите.

**Краткое содержание задания:**

Студенту задаются 2 вопроса по теме лабораторной работы "Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях".

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: применять современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать	1.Как выбираются параметры L и C для получения резонанса напряжения? 2.Как выбираются параметры L и C для получения
---	--

режимы работы электрических цепей	<p>резонанса токов?</p> <p>3.Как построить АЧХ и ФЧХ электрической цепи в Matlab Simulink?</p> <p>4.Анализ АЧХ и ФЧХ при резонансе напряжения. Как определяется резонансная частота по этим характеристикам?</p> <p>5.Анализ АЧХ и ФЧХ при резонансе токов. Как определяется резонансная частота по этим характеристикам?</p> <p>6.Как измерить импеданс электрической цепи средствами Matlab Simulink?</p> <p>7.Анализ зависимости импеданса от частоты при резонансе токов. Характерная точка резонансной частоты.</p> <p>8.Анализ зависимости импеданса от частоты при резонансе напряжений. Характерная точка резонансной частоты.</p> <p>9.Как провести гармонический анализ несинусоидального сигнала в Matlab Simulink?</p>
-----------------------------------	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

**КМ-7. Защита лабораторной работы №2 "Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 15 минут на подготовку к защите.

**Краткое содержание задания:**

Студенту задаются 2 вопроса по теме лабораторной работы “Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения”.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: применять физические законы и методы при анализе электромагнитных явлений и процессов в электрических аппаратах	<p>1.Как моделируется нелинейное сопротивление магнитопровода?</p> <p>2.Как определить коэффициент трансформации, используя модель трансформатора в Matlab?</p> <p>3.Как строиться модель электрической подсистемы двухобмоточного трансформатора напряжения в</p>
--	--

	<p>Matlab?</p> <p>4.Какие элементы используются для построение магнитной подсистемы трансформатора?</p> <p>5.Как моделируется взаимосвязь между магнитной системы и электрической подсистемой первичной и вторичной обмоток?</p> <p>6.Где в модели трансформатора используется количество витков в обмотках и на что оно влияет?</p> <p>7.Как рассчитывается Вебер-Амперная характеристика магнитопровода?</p> <p>8.Как влияет насыщение магнитопровода на осциллограммы токов и напряжений в трансформаторе?</p> <p>9.Как учитывается собственная и взаимная индуктивность обмоток в модели трансформатора?</p> <p>10.Как выглядит модель трансформатора при работе на ХХ? При нагрузке?</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

**КМ-8. Защита лабораторной работы №3 "Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактами"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 15 минут на подготовку к защите.

**Краткое содержание задания:**

Студенту задаются 2 вопроса по теме лабораторной работы “Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактам”.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: определять параметры эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах</p>	<p>1.Как выглядит модель контактной пластины, построенная с использованием библиотеки Simscape?</p> <p>2.Как происходит преобразование вращательного движения в поступательное в модели электромеханического реле?</p> <p>3.Объясните модель электромеханического реле с переключающимися контактам.</p> <p>4.Как рассчитывается и моделируется жесткость</p>
--	---

	<p>контактных пластин?</p> <p>5.Как моделируются зазоры между контактами? Как определить необходимые пределы для задания упоров?</p> <p>6.Как задаются ограничение движения якоря?</p> <p>7.Покажите точки замыкания и размыкания контактов на осциллограммах.</p> <p>8.Как определить ход якоря по полученным осциллограммам?</p> <p>9.Пояснить осциллограммы движения неподвижных контактов. Указать характерные точки.</p> <p>10.Пояснить осциллограммы изменения зазоров. Указать характерные точки.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

**КМ-9. Защита лабораторной работы №4 "Построение модели механизма свободного расцепления"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 15 минут на подготовку к защите.

**Краткое содержание задания:**

Студенту задаются 2 вопроса по теме лабораторной работы “Построение модели механизма свободного расцепления”.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: применять современные компьютерные технологии для построения макромоделей механических узлов с 3D визуализацией</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Как задаются параметры элементов механизма свободного расцепления?</li> <li>2.Какие типы соединений используются для моделирования механизма свободного расцепления?</li> <li>3.Как обеспечивается начальное положение механизма свободного расцепления в модели?</li> <li>4.Как ограничивается конечное положение механизма свободного расцепления? На что оно влияет?</li> <li>5.За счет какой силы происходит срабатывание механизма свободного расцепления? Как она моделируется?</li> </ol>
---	---

	6.Для чего используются элементы Rigid Transform? 7.Как моделируются крепления элементов к неподвижному основанию? 8.Как могут быть заданы параметры инерции и массы для элементов механизма?
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Математическая макромодель. Эквивалентная схема. Понятие фазовых переменных. Пассивные элементы и источники фазовых переменных. Компонентные уравнения. Топологические уравнения. Требования к уравнениям физического процесса.
2. Механическая подсистема вращательного движения. Фазовые переменные и источники в обращенной модели механической подсистемы вращательного движения. Компонентные и топологические уравнения в обращенной модели механической подсистемы вращательного движения.
3. Построить модель двухобмоточного трансформатора напряжения с учетом нелинейных свойств материала сердечника.

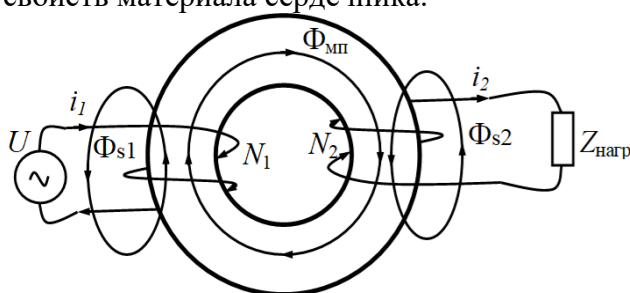


Figure 12 Схема трансформатора напряжения

## Процедура проведения

Проводится по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Каждый билет включает в себя два теоретических вопроса и одно задание на компьютере.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-5 Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических аппаратов

## Вопросы, задания

1. Понятие электромеханической системы. Определения и свойства физической подсистемы. Сравнение микромоделей и макромоделей, их отличия. Привести различные примеры электромеханических систем с электрической и магнитной подсистемами и объяснить их взаимодействие.
2. Математическая макромодель. Эквивалентная схема. Понятие фазовых переменных. Пассивные элементы и источники фазовых переменных. Компонентные уравнения. Топологические уравнения. Требования к уравнениям физического процесса.
3. Электрическая подсистема. Фазовые переменные и источники электрической подсистемы. Компонентные уравнения в электрической подсистеме. Топологические уравнения в электрической подсистеме.

4. Тепловая подсистема. Фазовые переменные и источники тепловой подсистемы. Компонентные уравнения в тепловой подсистеме. Топологические уравнения в тепловой подсистеме.
5. 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.
6. Механическая подсистема поступательного движения. Фазовые переменные и источники в прямой модели механической подсистемы поступательного движения. Компонентные и топологические уравнения в прямой модели механической подсистемы поступательного движения.
7. Механическая подсистема поступательного движения. Фазовые переменные и источники в прямой модели механической подсистемы поступательного движения. Компонентные и топологические уравнения в обращенной модели механической подсистемы поступательного движения.
8. Механическая подсистема вращательного движения. Фазовые переменные и источники в обращенной модели механической подсистемы вращательного движения. Компонентные и топологические уравнения в прямой модели механической подсистемы вращательного движения.
9. Механическая подсистема вращательного движения. Фазовые переменные и источники в обращенной модели механической подсистемы вращательного движения. Компонентные и топологические уравнения в обращенной модели механической подсистемы вращательного движения.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Фазовыми переменными в магнитной подсистеме являются:

Ответы:

1. магнитное напряжение и магнитный поток
2. магнитное сопротивление и магнитная индуктивность
3. магнитная проводимость и время

Верный ответ: 1. магнитное напряжение и магнитный поток

2. Фазовыми переменными в механической подсистеме поступательного движения являются:

Ответы:

1. силы и время
2. трение, пружина и масса
3. сила и скорость
4. ускорение и инерция

Верный ответ: 3. сила и скорость

3. Фазовыми переменными в механической подсистеме вращательного движения являются:

Ответы:

1. момент и угловая скорость
2. трение, пружина и момент инерции
3. угловая скорость и момент инерции
4. угловое ускорение и момент

Верный ответ: 1. момент и угловая скорость

4. Фазовыми переменными в тепловой подсистеме являются:

Ответы:

1. тепловой поток и количество тепла
2. температура и тепловой поток
3. тепловая мощность и температура

4. тепловой поток и тепловая мощность

Верный ответ: 2. температура и тепловой поток

5. Фазовыми переменными в электрической подсистеме являются:

Ответы:

1. ток и напряжение

2. сопротивление, индуктивность, емкость

3. напряжение и мощность

4. мощность и ток

Верный ответ: 1. ток и напряжение

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-7<sub>ПК-5</sub> Применяет современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать режимы работы и характеристики электрических и электронных аппаратов при реализации различных функций

### Вопросы, задания

1. Построить модель электромеханического реле с замыкающимися контактами

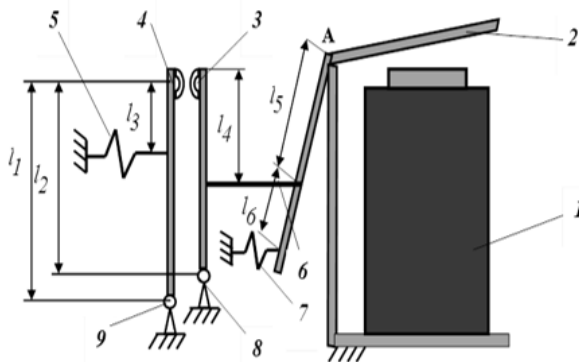


Figure 13 Кинематическая схема реле с ЗК

2. Построить модель электромеханического реле с размыкающимися контактами

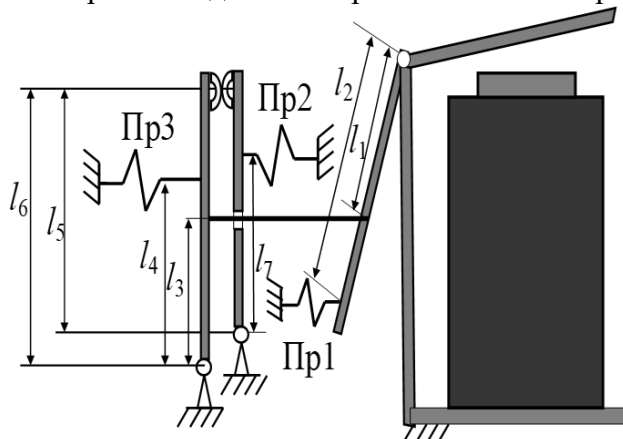


Figure 14 Кинематическая схема реле с РК

3. Контактёр постоянного тока. Построение тяговой характеристики электромагнитной подсистемы.



2. связывают однородные фазовые переменные и описывают закон функционирования каждого элемента системы
3. описывают связи между элементами в подсистеме и записываются для однородных фазовых переменных: отдельно для потоков и для потенциалов
4. описывают связи между элементами в подсистеме и записываются для разнородных фазовых переменных

Верный ответ: 1. связывают разнородные фазовые переменные и описывают закон функционирования каждого элемента системы

2. Топологические уравнения ...

Ответы:

1. связывают разнородные фазовые переменные и описывают закон функционирования каждого элемента системы
2. связывают однородные фазовые переменные и описывают закон функционирования каждого элемента системы
3. описывают связи между элементами в подсистеме и записываются для однородных фазовых переменных: отдельно для потоков и для потенциалов
4. описывают связи между элементами в подсистеме и записываются для разнородных фазовых переменных

Верный ответ: 3. описывают связи между элементами в подсистеме и записываются для однородных фазовых переменных: отдельно для потоков и для потенциалов

3. Начальное усилие пружины в прямой модели механической подсистемы задается

Ответы:

1. начальным током в индуктивности
2. начальным напряжением в емкости
3. начальным напряжением в индуктивности
4. начальным током в емкости

Верный ответ: 1. начальным током в индуктивности

4. Начальная температура тела в модели тепловой подсистемы задается

Ответы:

1. начальным током в индуктивности
2. начальным напряжением в емкости
3. начальным напряжением в индуктивности
4. начальным током в емкости

Верный ответ: 2. начальным напряжением в емкости

5. Нелинейное магнитное сопротивление в магнитной подсистеме задается

Ответы:

1. Вебер-Амперной характеристикой
2. Вольт-Амперной характеристикой
3. Кривой намагничивания материала

Верный ответ: 1. Вебер-Амперной характеристикой

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

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