

**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: Электрические аппараты управления и распределения энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Расчет и проектирование магнитных систем электротехнических
устройств**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

Е.П.
Курбатова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

Е.А.
Кузнецова

Заведующий
выпускающей кафедрой

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

М.Г. Киселев

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

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

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен по результатам исследований выбирать и проектировать новые эффективные технические решения в области профессиональной деятельности

ИД-3 Владеет методами проектирования электротехнических объектов и их элементов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Магнитоэлектрический преобразователь (Контрольная работа)
2. Расчет магнитной муфты с постоянными магнитами (Контрольная работа)
3. Расчет магнитной системы электромеханического преобразователя электродинамического типа (Контрольная работа)
4. Электромагнит контактора постоянного тока (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Методы и программные средства для расчетов и оптимизационного проектирования магнитных систем. Моделирование конструкций магнитных систем и электрофизических свойств материалов при расчетах электромагнитных полей					
Методы и программные средства для расчетов и оптимизационного проектирования магнитных систем. Моделирование конструкций магнитных систем и электрофизических свойств материалов при расчетах электромагнитных полей		+			
Макроскопические модели основных типов электромеханических преобразователей энергии, использующих электромагнитные поля					
Макроскопические модели основных типов электромеханических преобразователей энергии, использующих электромагнитные поля			+	+	
Расчет магнитных систем электрических машин, приводов и функциональных элементов электрических аппаратов					
Расчет магнитных систем электрических машин, приводов и функциональных элементов электрических аппаратов			+	+	

Расчет магнитных систем удерживающих устройств, исполнительных механизмов средств автоматизации, источников магнитного поля, электромагнитных накопителей энергии, магнитных систем для исследований, испытаний и контроля материалов и изделий				
Расчет магнитных систем удерживающих устройств, исполнительных механизмов средств автоматизации, источников магнитного поля, электромагнитных накопителей энергии, магнитных систем для исследований, испытаний и контроля материалов и изделий				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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-3ПК-2 Владеет методами проектирования электротехнических объектов и их элементов	Знать: методы и средства для анализа, расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств принцип действия и конструкции магнитных систем электротехнических устройств Уметь: проводить анализ параметров и моделирование работы электротехнических устройств с магнитными системами различных типов применять методы и программные средства для расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических	Магнитоэлектрический преобразователь (Контрольная работа) Электромагнит контактора постоянного тока (Контрольная работа) Расчет магнитной системы электромеханического преобразователя электродинамического типа (Контрольная работа) Расчет магнитной муфты с постоянными магнитами (Контрольная работа)

		устройств	
--	--	-----------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Магнитоэлектрический преобразователь

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

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

Краткое содержание задания:

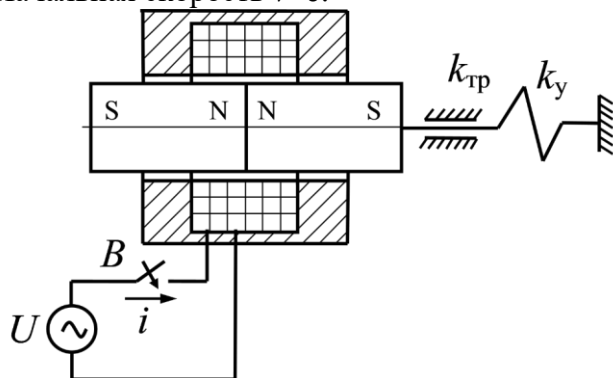
Рассчитать и построить зависимости тока i , электромагнитной силы $F_{эм}$ и перемещения x от времени в магнитоэлектрическом преобразователе при его подключении к источнику питания с напряжением U и частотой f , а также АЧХ и ФЧХ тока i преобразователя.

Начальные условия

Начальное положение постоянных магнитов симметричное.

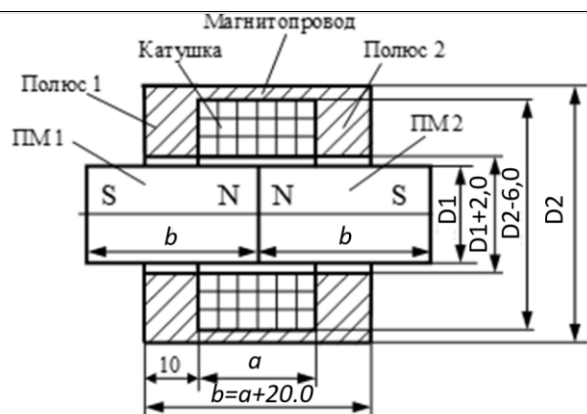
Сила начального поджатия пружины равна нулю.

Начальная скорость $v=0$.



Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы и средства для анализа, расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств



1.

Построить модели магнитоэлектрического преобразователя в специализированном ПО.

Коэффициент заполнения проводом окна катушки 0.5

Число витков катушки $N=4000$

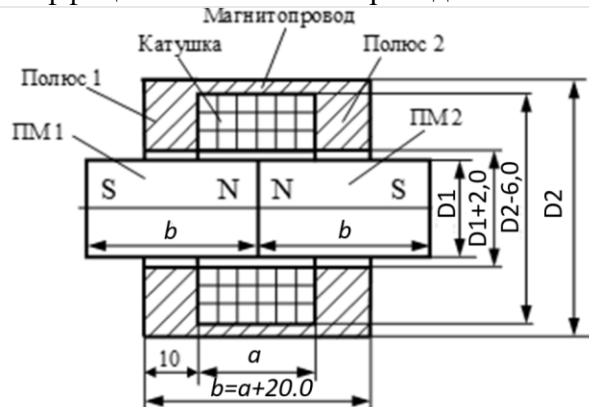
Материал магнитопровода -сталь 10.

Намагниченность постоянных магнитов 1000 кА/м

$U=220$ В

$f=50$ Гц
 $D1=20$ мм
 $D2=44$ мм
 $a=20$ мм

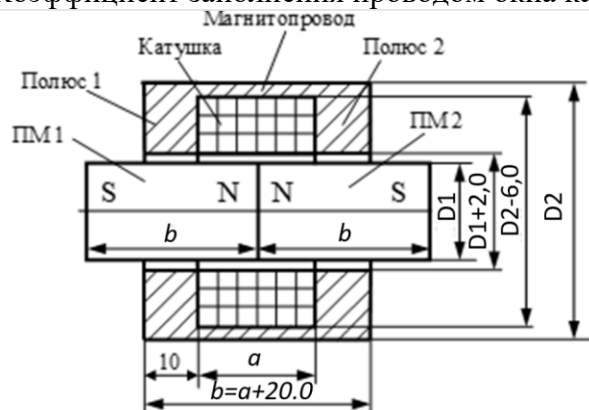
2. Построить модели магнитоэлектрического преобразователя в специализированном ПО.
 Коэффициент заполнения проводом окна катушки 0.5



Число витков катушки $N=4000$
 Материал магнитопровода - сталь 10.
 Намагниченность постоянных магнитов 1000 кА/м
 $U=120$ В

$f=25$ Гц
 $D1=18$ мм
 $D2=42$ мм
 $a=18$ мм

3. Построить модели магнитоэлектрического преобразователя в специализированном ПО.
 Коэффициент заполнения проводом окна катушки 0.5



Число витков катушки $N=4000$
 Материал магнитопровода - сталь 10.
 Намагниченность постоянных магнитов 1000 кА/м
 $U=220$ В

$f=40$ Гц
 $D1=28$ мм
 $D2=52$ мм
 $a=28$ мм

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

Оценка: 2

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

КМ-2. Электромагнит контактора постоянного тока

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

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

Краткое содержание задания:

Построить модель электромагнита постоянного тока. Рассчитать обмоточные данные электромагнита (число витков, сечение провода) контактора постоянного тока для создания требуемой тяговой характеристики

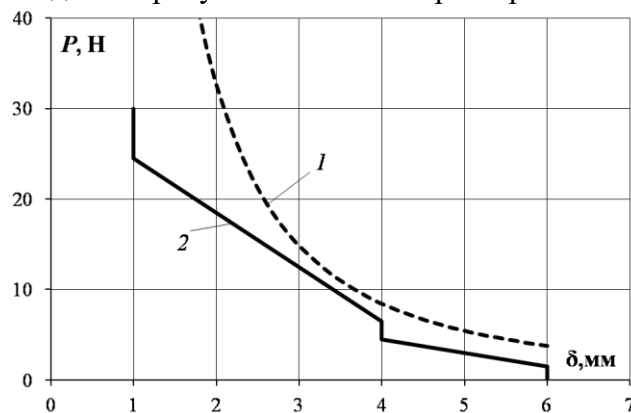
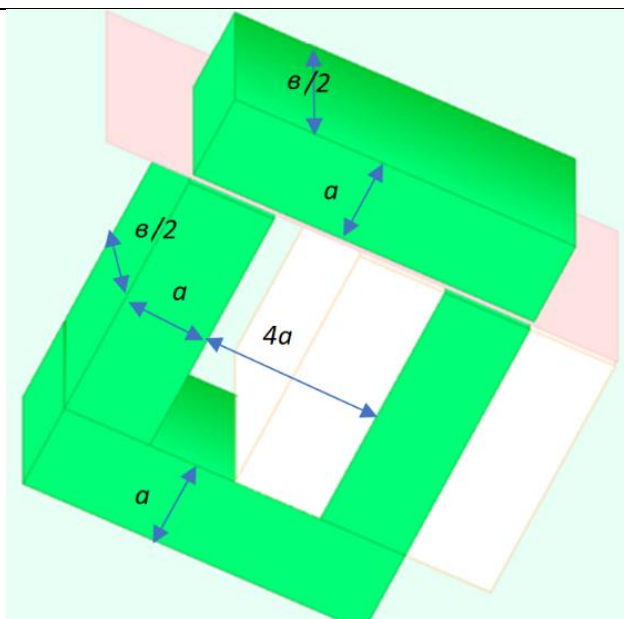


Figure 1 Тяговая 1 и механическая 2 характеристики

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять методы и программные средства для расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств	1.Параметры электромагнита
--	----------------------------

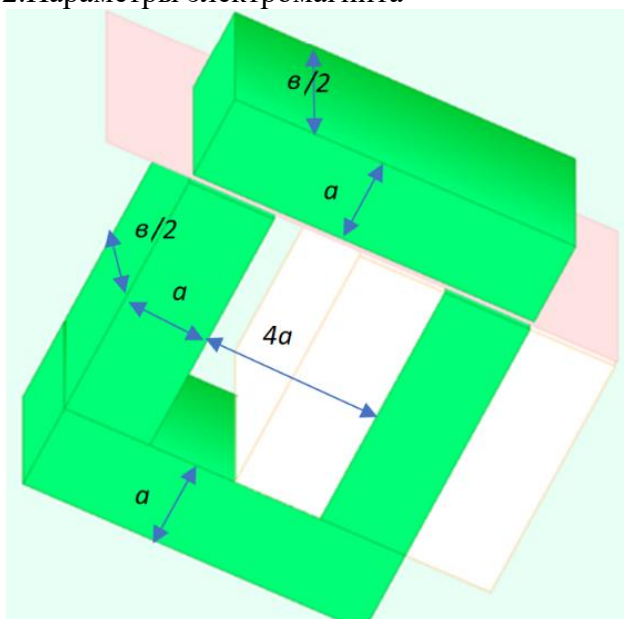


$a = 12 \text{ мм}$

$b = 22 \text{ мм}$

$U = 24 \text{ В}$

2. Параметры электромагнита

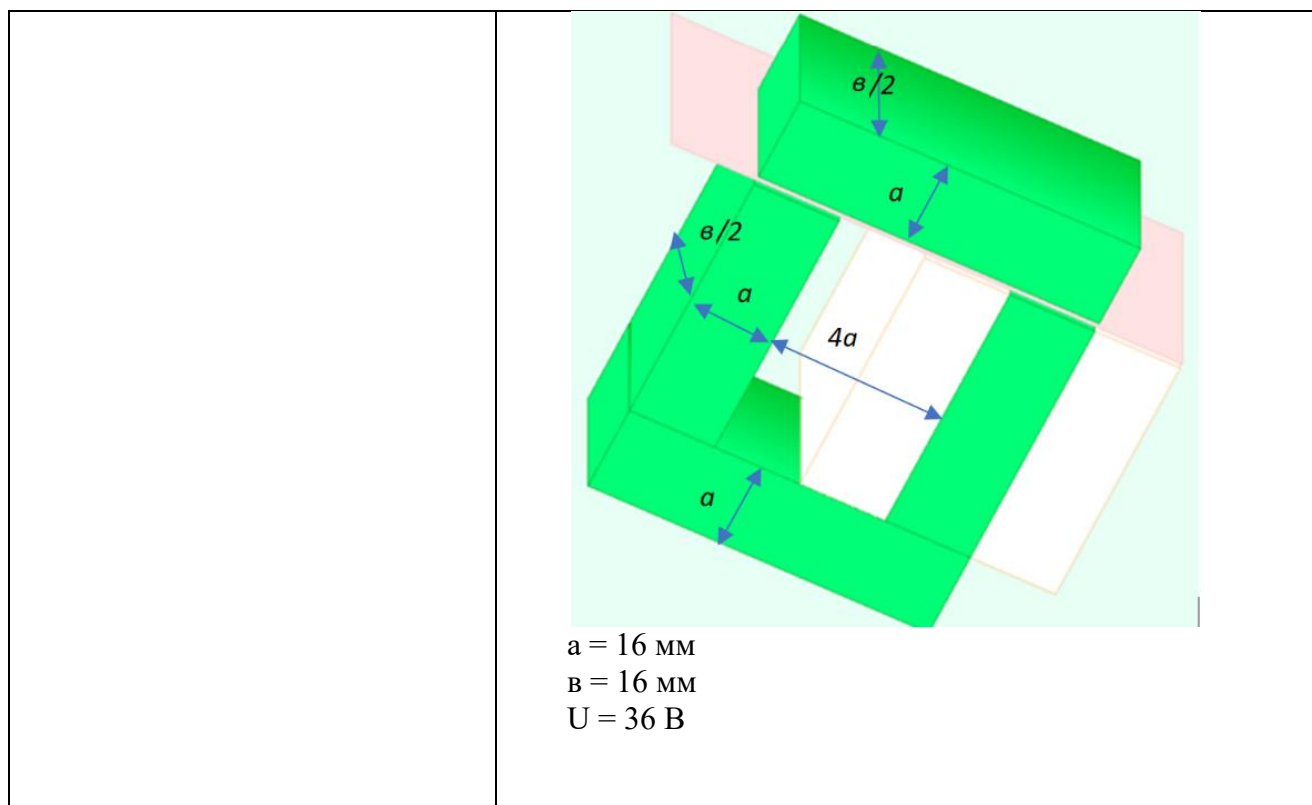


$a = 8 \text{ мм}$

$b = 46 \text{ мм}$

$U = 110 \text{ В}$

3. Параметры электромагнита



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

Оценка: 2

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

КМ-3. Расчет магнитной системы электромеханического преобразователя электродинамического типа

Формы реализации: Компьютерное задание

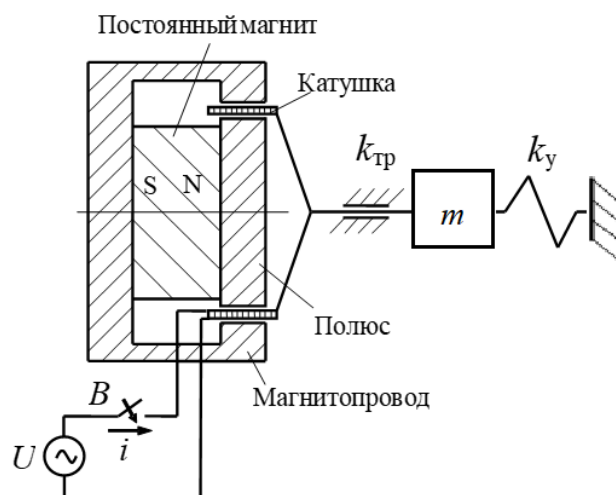
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

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

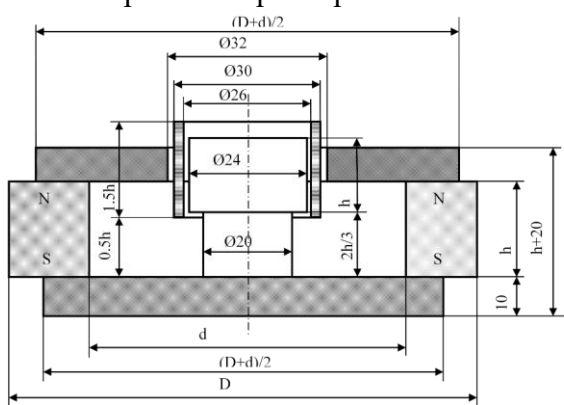
Краткое содержание задания:

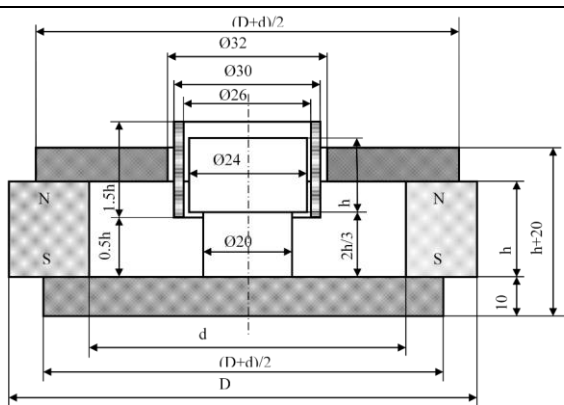
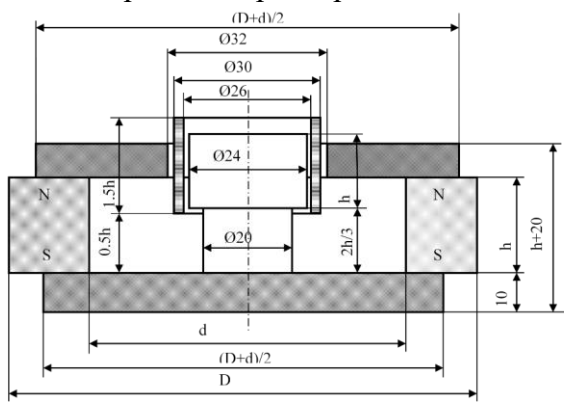
Рассчитать и построить зависимости амплитуды колебаний массы от частоты для электромеханического преобразователя, представленного на рисунке 1. Диапазон исследуемых частот $\Delta f = f_{\text{рез}} \pm 20\% f_{\text{рез}}$



Материал постоянного магнита магнитотвердый феррит - 28СА250
 Детали полюсов из магнитомягкого материала - АРМКО
 Центральный полюс из материала 27КХ
 Амплитуда напряжения питания $U_m = 15 \text{ В}$
 Масса катушки со штоком и дополнительной массой m равна 0,01 кг.
 Коэффициент вязкого трения $K_{тр} = 1,6 \text{ кг/с}$
 Жесткость пружины $K_y = 160 \text{ Н/м}$
 Катушка выполнена из медного провода с числом витков $N = 2500$
 Коэффициент заполнения сечения окна катушки $K_z = 0,6$

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принцип действия и конструкции магнитных систем электротехнических устройств	1.Объяснить принцип работы электромеханического преобразователя электродинамического типа 2.Рассчитать резонансную частоту в механической подсистеме электромеханическом преобразователе
Уметь: применять методы и программные средства для расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств	1.Геометрические размеры  $D = 160 \text{ мм}$ $d = 100 \text{ мм}$ $h = 30 \text{ мм}$ 2.Геометрические размеры

	 $D=170 \text{ мм}$ $d=118 \text{ мм}$ $h=26 \text{ мм}$ 3.Геометрические размеры  $D=160 \text{ мм}$ $d=100 \text{ мм}$ $h=30 \text{ мм}$
--	--

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

Оценка: 2

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

КМ-4. Расчет магнитной муфты с постоянными магнитами

Формы реализации: Компьютерное задание

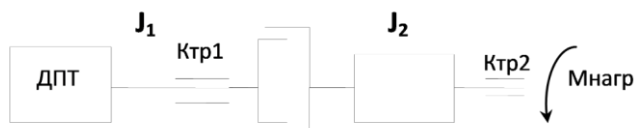
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

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

Краткое содержание задания:

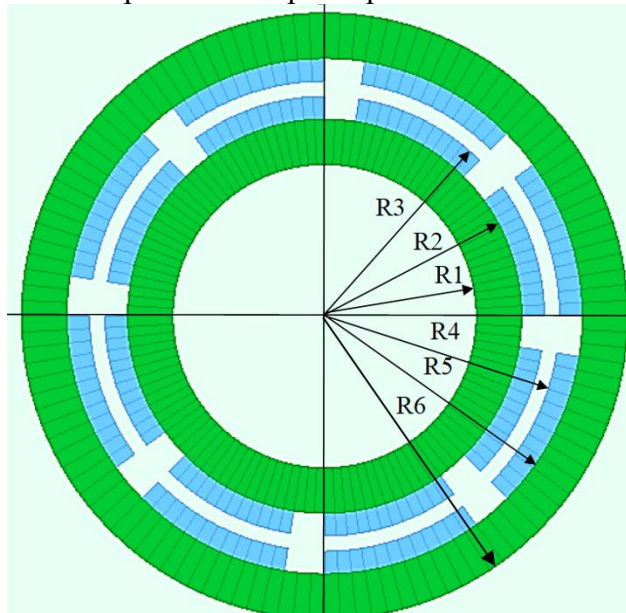
Рассчитать процесс запуска механизма: двигатель постоянного тока, магнитная муфта, нагрузка. Построить зависимости от времени скоростей ведущей и ведомой частей механизма.



Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить анализ параметров и моделирование работы электротехнических устройств с магнитными системами различных типов

1. Геометрические параметры



$$R1=20 \text{ мм}$$

$$R2=26 \text{ мм}$$

$$R3=29 \text{ мм}$$

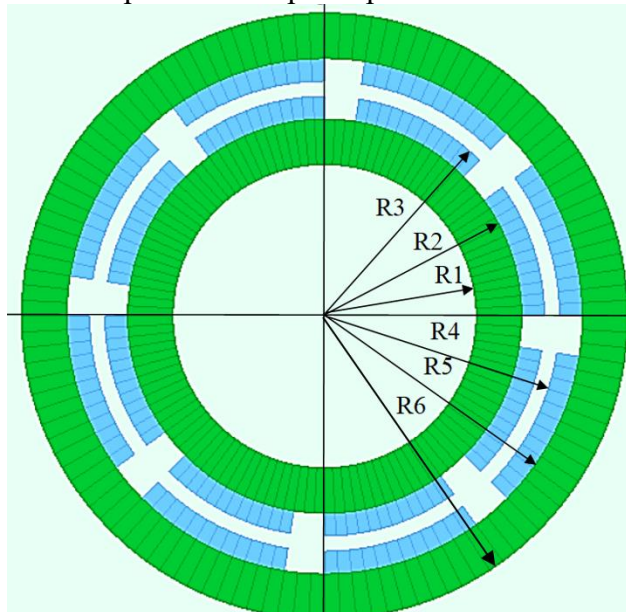
$$R4=31 \text{ мм}$$

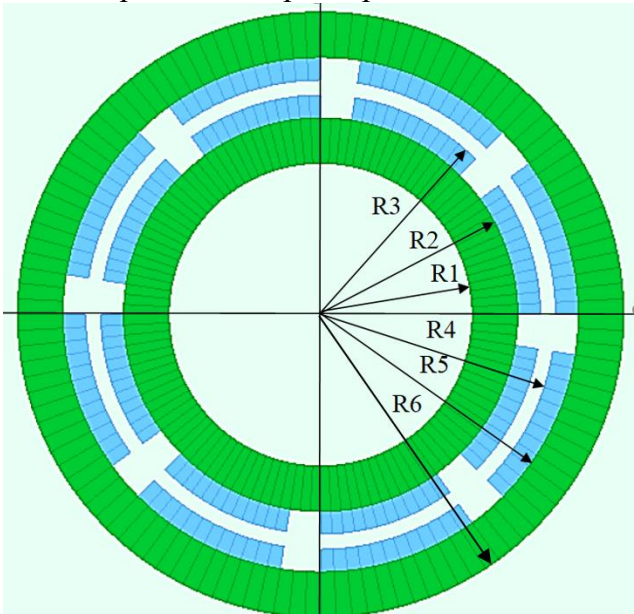
$$R5=34 \text{ мм}$$

$$R6=40 \text{ мм}$$

$$h=30 \text{ мм}$$

2. Геометрические параметры



	$R1=25\text{ мм}$ $R2=33\text{ мм}$ $R3=36.5\text{ мм}$ $R4=38.5\text{ мм}$ $R5=42\text{ мм}$ $R6=50\text{ мм}$ $h=36\text{ мм}$ 3.Геометрические параметры  $R1=30\text{ мм}$ $R2=40\text{ мм}$ $R3=44\text{ мм}$ $R4=46\text{ мм}$ $R5=50\text{ мм}$ $R6=60\text{ мм}$ $h=44\text{ мм}$
--	---

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

Оценка: 2

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

- 1.Электромеханический преобразователь электромагнитного типа. Модель электромеханического преобразователя электромагнитного типа. Основные допущения. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ процессов в электромеханическом преобразователе электромагнитного типа.
- 2.Электрическая машина с постоянными магнитами. Модель электрической машины, основные допущения. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ работы электрической машины.

Процедура проведения

Проводится по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Ответы включают моделирование на компьютерах в специализированном ПО.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-2 Владеет методами проектирования электротехнических объектов и их элементов

Вопросы, задания

- 1.Расчет электромагнитного дросселя в фильтре выпрямителя. Эквивалентная схема выпрямителя. Расчет вебер-амперной характеристики с помощью анализа магнитного поля. Анализ процессов в выпрямителе.
- 2.Расчет электромеханических преобразователей электродинамического типа. Эквивалентные схемы электромеханического преобразователя, основные допущения. Модель электромеханической системы преобразователя. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ динамики работы преобразователя.
- 3.Электромеханический преобразователь электромагнитного типа. Модель электромеханического преобразователя электромагнитного типа. Основные допущения. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ процессов в электромеханическом преобразователе электромагнитного типа.
- 4.Трансформатор тока. Модель трансформатора, основные допущения. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ работы трансформатора.
- 5.Контактор постоянного тока. Модель контактора с электромагнитным приводом при применении численного анализа электромагнитного поля. Основные допущения. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Исследование статической механической характеристики контактора. Расчет тяговой характеристики электромагнита. Анализ динамики работы контактора с электромагнитом постоянного тока.
- 6.Магнитные муфты с постоянными магнитами. Модель магнитной муфты в программной среде, основные допущения. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ работы магнитной муфты в системе двигатель-муфта-вентилятор.

7. Расчет электромагнита переменного тока. Модель электромеханической системы контактора с электромагнитом переменного тока. Эквивалентная схема магнитной подсистемы электромагнита переменного тока с КЗ витком. Расчет и сопоставление тяговых и статических механических характеристик электромагнитов постоянного тока и переменного тока. Анализ динамики работы контактора с электромагнитом переменного тока.

8. Электрическая машина с постоянными магнитами. Модель электрической машины, основные допущения. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ работы электрической машины.

9. Расчет электромеханических преобразователей магнитоэлектрического типа. Эквивалентные схемы электромеханического преобразователя, основные допущения. Модель электромеханической системы преобразователя. Расчет параметров модели с помощью анализа магнитного поля. Анализ динамики работы преобразователя.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Напишите систему уравнений Максвелла для стационарного магнитного поля.

Ответы:

$$1. \nabla \cdot B = 0, \nabla \times H = J, B = \mu_r \mu_0 H = \mu_0 (H + M)$$

$$2. \nabla \cdot H = 0, \nabla \times B = J, B = \mu_r \mu_0 H = \mu_0 (H + M)$$

$$3. \nabla \cdot B = J, \nabla \times H = 0, B = \mu_r \mu_0 H = \mu_0 (H + M)$$

Верный ответ: 1

2. Какие условия справедливы для вихревой и потенциальной составляющих напряженности стационарного магнитного поля?

Ответы:

$$1. H^B = \nabla \times \phi_1, H^П = -\nabla A_1$$

$$2. H^П = \nabla \times A_1, H^B = -\nabla \phi$$

$$3. H^B = \nabla \times A_1, H^П = -\nabla \phi$$

Верный ответ: 3

3. Как представить модель однородно намагниченного объема V с поверхностью S для расчета напряженности магнитного поля в виде распределенных фиктивных магнитных зарядов?

Ответы:

1. в объеме будет однородное распределение зарядов с плотностью равной намагниченности.

2. на поверхности будет однородное распределение зарядов с плотностью равной намагниченности.

3. на поверхности будет распределение зарядов с плотностью равной нормальной компоненте намагниченности.

Верный ответ: 3

4. Как определить ЭДС в катушке, вызванную протекающим в ней переменным током?

Ответы:

1. Необходимо вычислить собственное потокоцепление катушки и взять производную по времени с отрицательным знаком.

2. Необходимо вычислить магнитную индукцию в катушке и взять производную по времени с отрицательным знаком

3. Необходимо вычислить собственное потокоцепление катушки и взять производную по времени с положительным знаком.

Верный ответ: 1

5. Напишите формулу Максвелла для расчета сил с использованием разделяющей поверхности.

Ответы:

$$1. P = \mu_0 \int [(nB)B - 0.5nB^2] dS$$

$$2. P = \mu_0 \int [(nH)H - 0.5nH^2] dS$$

$$3. P = \int [(nH)H - 0.5nH^2] dS$$

Верный ответ: 2

6. Основные допущения, эквивалентные схемы и расчет параметров преобразователей магнитоэлектрического типа

Ответы:

1. в условиях, когда магнитопровод и полюса не находятся в состоянии глубокого насыщения, можно принять относительную магнитную проницаемость постоянной, намагниченность высококоэрцитивных постоянных магнитов практически неизменной; вихревые токи в проводящих элементах конструкции и магнитный гистерезис материала сердечника отсутствуют.
2. можно принять относительную магнитную проницаемость постоянной, намагниченность высококоэрцитивных постоянных магнитов практически неизменной.
3. в условиях, когда магнитопровод и полюса не находятся в состоянии глубокого насыщения, можно принять относительную магнитную проницаемость постоянной

Верный ответ: 1

7. Основные допущения, эквивалентные схемы и расчет параметров преобразователей электродинамического типа

Ответы:

1. потокосцепление катушки, созданное постоянным магнитом, зависит только от положения катушки и не зависит от тока в ней; потокосцепление от собственного тока катушки пропорционально току и должно быть рассчитано с учетом состояния магнитной системы с постоянным магнитом
2. потокосцепление катушки, созданное постоянным магнитом, не зависит от положения катушки и не зависит от тока в ней
3. потокосцепление катушки, созданное постоянным магнитом, не зависит только от положения катушки и зависит от тока в ней

Верный ответ: 1

8. Дайте общую формулировку задачи оптимизации конструкции магнитных систем

Ответы:

1. Найти экстремум глобального критерия качества магнитной системы при функциональных ограничениях (ограничениях второго рода)
 - требования по назначению, и ограничения первого рода
 - допустимая область изменения варьируемых переменных.
2. Найти экстремум глобального критерия качества магнитной системы при функциональных ограничениях (ограничениях второго рода)
 - требования по назначению.
3. Найти экстремум функциональных ограничений (ограничениях второго рода)
 - требования по назначению, при ограничениях первого рода
 - допустимая область изменения варьируемых переменных.

Верный ответ: 1

9. Укажите цель применения методов планирования эксперимента при решении оптимизационных задач магнитных систем.

Ответы:

1. Методы планирования эксперимента применяются для построения аппроксимирующих функций функциональных ограничений и имеет целью снижения объема вычислений.
2. Методы планирования эксперимента применяются для построения аппроксимирующих функций критериев качества и имеет целью снижения объема вычислений.
3. Методы планирования эксперимента применяются для построения аппроксимирующих функций допустимой области изменения переменных.

Верный ответ: 1

10. Какие физические подсистемы определяют электромагнитный момент электрической машины?

Ответы:

1. Электрическая, магнитная, механическая, тепловая.
2. Электрическая, механическая, тепловая.
3. Электрическая, магнитная, механическая.

Верный ответ: 1

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.

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу