

**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

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Магнитоэлектрический преобразователь (Контрольная работа)

КМ-2 Электромагнит контактора постоянного тока (Контрольная работа)

КМ-3 Расчет магнитной системы электромеханического преобразователя электродинамического типа (Контрольная работа)

КМ-4 Расчет магнитной муфты с постоянными магнитами (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| 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 |

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 | <p>Знать:</p> <p>методы и средства для анализа, расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств принцип действия и конструкции магнитных систем электротехнических устройств</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить анализ параметров и моделирование работы электротехнических устройств с магнитными системами различных типов</p> <p>применять методы и программные средства для расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических</p> | <p>КМ-1 Магнитоэлектрический преобразователь (Контрольная работа)</p> <p>КМ-2 Электромагнит контактора постоянного тока (Контрольная работа)</p> <p>КМ-3 Расчет магнитной системы электромеханического преобразователя электродинамического типа (Контрольная работа)</p> <p>КМ-4 Расчет магнитной муфты с постоянными магнитами (Контрольная работа)</p> |

| | | | |
|--|--|-----------|--|
| | | 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:

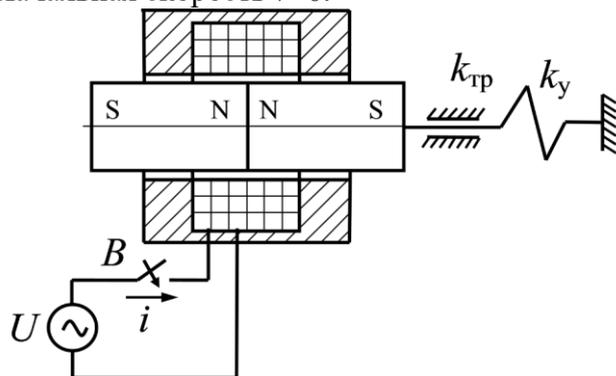
Рассчитать и построить зависимости тока i , электромагнитной силы $F_{эм}$ и перемещения x от времени в магнитоэлектрическом преобразователе при его подключении к источнику питания с напряжением U и частотой f , а также АЧХ и ФЧХ тока i преобразователя.

Начальные условия

Начальное положение постоянных магнитов симметричное.

Сила начального поджатия пружины равна нулю.

Начальная скорость $v=0$.



Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---|--|
| Знать: методы и средства для анализа, расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств | <p>1. Построить модели магнитоэлектрического преобразователя в специализированном ПО. Коэффициент заполнения проводом окна катушки 0.5</p> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---|--|
| | 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 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

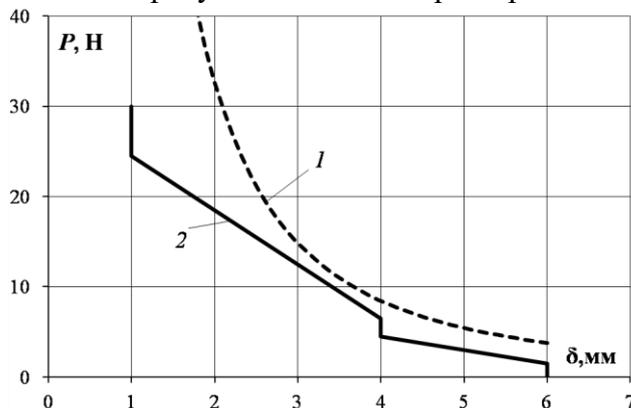


Figure 1 Тяговая 1 и механическая 2 характеристики

Контрольные вопросы/задания:

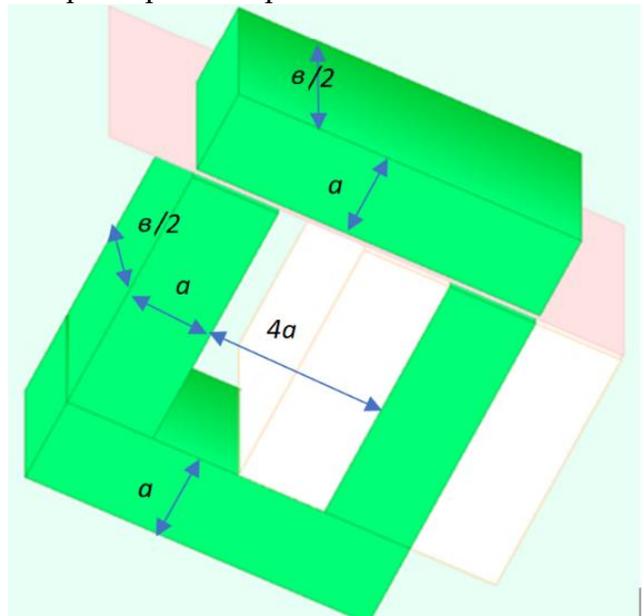
| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---|------------------------------|
| | |

Запланированные результаты обучения по дисциплине

Вопросы/задания для проверки

Уметь: применять методы и программные средства для расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств

1. Параметры электромагнита

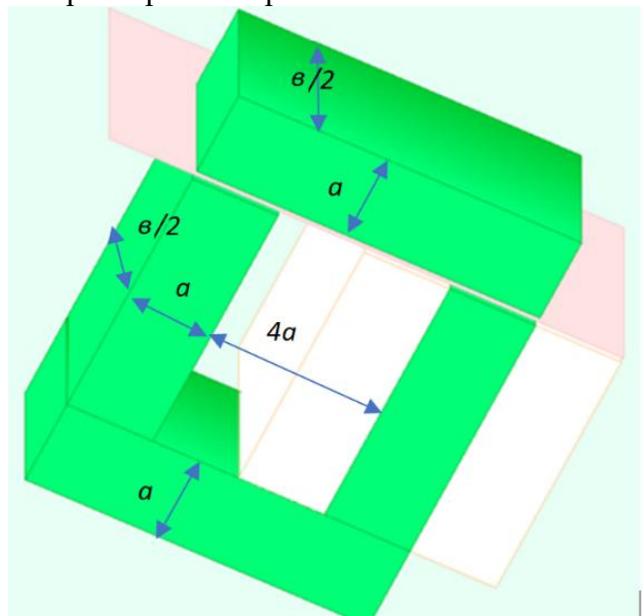


$$a = 12 \text{ мм}$$

$$v = 22 \text{ мм}$$

$$U = 24 \text{ В}$$

2. Параметры электромагнита

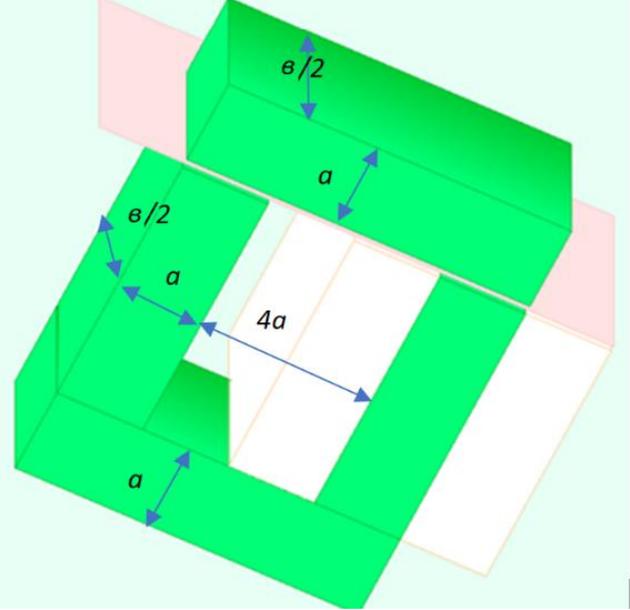


$$a = 8 \text{ мм}$$

$$v = 46 \text{ мм}$$

$$U = 110 \text{ В}$$

3. Параметры электромагнита

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---|---|
| |  <p data-bbox="823 846 959 949"> $a = 16 \text{ мм}$ $v = 16 \text{ мм}$ $U = 36 \text{ В}$ </p> |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

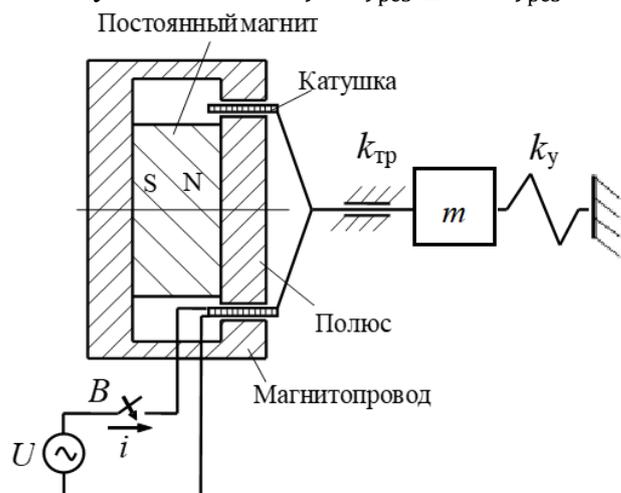
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

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 $\Delta f = f_{рез} \pm 20\% f_{рез}$



Материал постоянного магнита магнитотвердый феррит - 28СА250

Детали полюсов из магнитомягкого материала - АРМКО

Центральный полюс из материала 27КХ

Амплитуда напряжения питания $Um = 15$ В

Масса катушки со штоком и дополнительной массой m равна 0,01 кг.

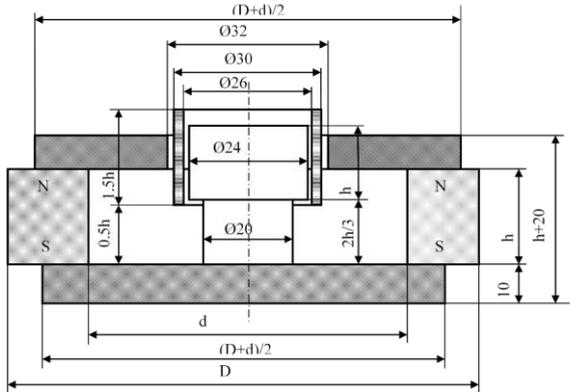
Коэффициент вязкого трения $K_{тр} = 1,6$ кг/с

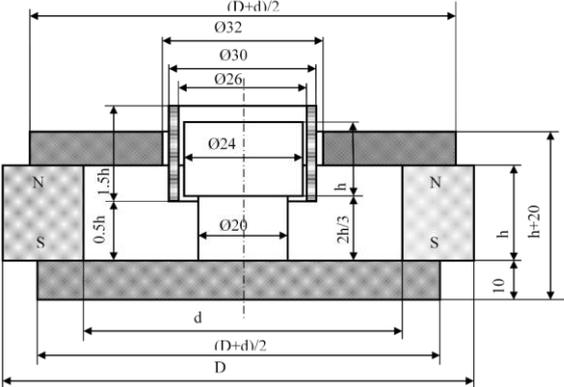
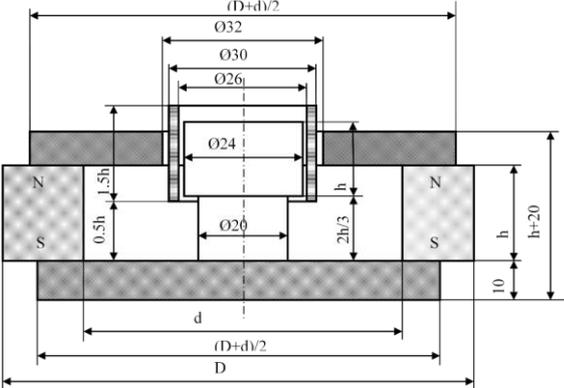
Жесткость пружины $K_y = 160$ Н/м

Катушка выполнена из медного провода с числом витков $N = 2500$

Коэффициент заполнения сечения окна катушки $K_z = 0,6$

Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|--|--|
| Знать: принцип действия и конструкции магнитных систем электротехнических устройств | 1. Объяснить принцип работы электромеханического преобразователя электродинамического типа 2. Рассчитать резонансную частоту в механической подсистеме электромеханического преобразователя |
| Уметь: применять методы и программные средства для расчетов и проектирования магнитных систем электротехнических устройств | 1. Геометрические размеры  <p> $D = 160$ мм $d = 100$ мм $h = 30$ мм </p> 2. Геометрические размеры |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---|--|
| |  <p> $D=170$ мм $d=118$ мм $h=26$ мм 3. Геометрические размеры </p>  <p> $D=160$ мм $d=100$ мм $h=30$ мм </p> |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

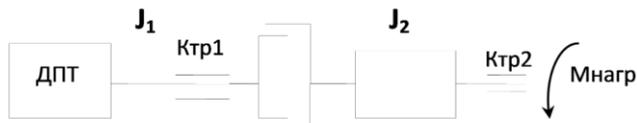
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

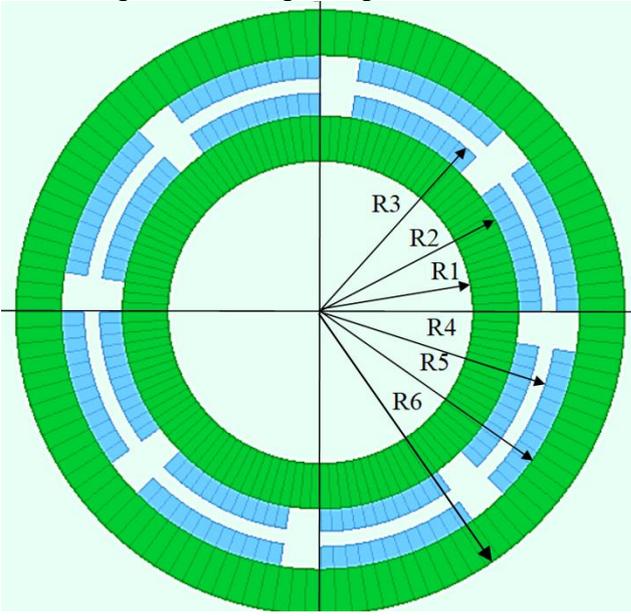
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа на компьютерах с использованием специализированного ПО.

Краткое содержание задания:

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

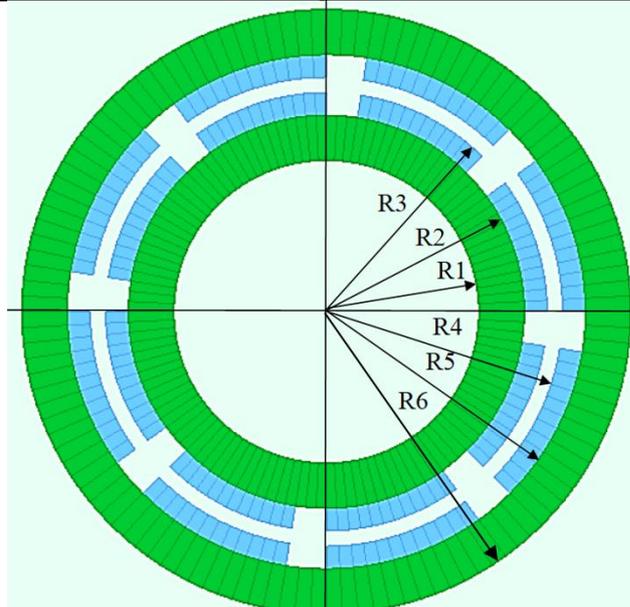


Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|--|--|
| <p>Уметь: проводить анализ параметров и моделирование работы электротехнических устройств с магнитными системами различных типов</p> | <p>1.Геометрические параметры</p>  <p>R1=20 мм R2=26 мм R3=29 мм R4=31 мм R5=34 мм R6=40 мм h=30 мм</p> <p>2.Геометрические параметры</p> |

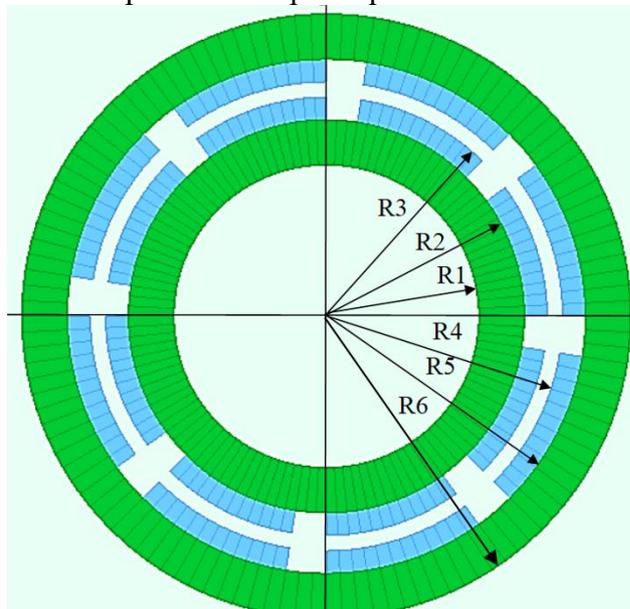
Запланированные результаты обучения по дисциплине

Вопросы/задания для проверки



R1=25 мм
R2=33 мм
R3=36.5 мм
R4=38.5 мм
R5=42 мм
R6=50 мм
h=36 мм

3. Геометрические параметры



R1=30 мм
R2=40 мм
R3=44 мм
R4=46 мм
R5=50 мм
R6=60 мм
h=44 мм

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу