



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПСИ

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)  
**«DESIGN OF ELECTRICAL APPARATUS /  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»**

основной профессиональной образовательной программы магистратуры  
по направлению подготовки

**13.04.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА/  
ELECTRICAL POWER ENGINEERING AND ELECTRICAL ENGINEERING**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства  
кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПК-4: Способен самостоятельно планировать, организовывать, управлять деятельностью и выполнять работы по проектированию новых, реконструкции и модернизации существующих объектов профессиональной деятельности	ПК-4.3: Разрабатывает и анализирует обобщенные варианты технических решений на базе существующих номенклатур технических средств в области профессиональной деятельности	Design of Electrical Apparatus / Проектирование электрических аппаратов	<u>Знать:</u> основные подходы и методы проектирования электрических аппаратов <u>Уметь:</u> анализировать обобщенные варианты технических решений при проектировании электрических аппаратов <u>Владеть:</u> методами расчетов основных параметров, определяющих конструктивные, функциональные и эксплуатационные характеристики электрических аппаратов

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания по темам практических занятий.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена по модулю "Electrical Apparatus / Электрические аппараты", относятся:

- задания и контрольные вопросы по курсовому проекту;
- вопросы к экзамену.

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов. В приложении № 1 приведены типовые тестовые задания.

По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в следующем порядке при правильных ответах на:

- 85–100 % заданий – оценка «5» (отлично);
- 70–84 % заданий – оценка «4» (хорошо);
- 51–69 % заданий – оценка «3» (удовлетворительно);
- менее 50 % – оценка «2» (неудовлетворительно).

3.2 В приложении № 2 приведены задания и контрольные вопросы к практическим занятиям. В процессе практических занятий студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины. Практические занятия проводятся с целью углубить, систематизировать и закрепить полученные на лекциях знания, привить навыки поиска, обобщения и изложения учебного материала, сформировать навыки (умение) решать практические задачи, связанные с проектированием и эксплуатацией автоматизированного электропривода. Студент, самостоятельно выполнивший задание, продемонстрировавший знание изученного материала, ответив на контрольные вопросы получает по практическому занятию оценку «зачтено».

Результат занятий учитывается при промежуточной аттестации по дисциплине.

3.3 В приложении № 3 приведены задания, методические указания и контрольные вопросы по выполнению и защите курсового проекта.

### **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. Экзамен проходит в форме ответа на экзаменационные вопросы. Перечень вопросов к экзамену приведен в приложении № 4. Допуск студентов к экзамену осуществляется при условии выполнения и защиты всех практических работ с учетом результатов текущего контроля успеваемости.

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в	В состоянии решать поставленные задачи в	В состоянии решать поставленные задачи в	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
профессиональных задач	соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	соответствии с заданным алгоритмом	соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## **5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Design of electrical apparatus / Проектирование электрических аппаратов» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Electrical power engineering and electrical engineering.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Приложение № 1

**ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Вариант №1**

<i>Вопрос 1. Магнитоуправляемым контактом называют</i>	
1. Геркон	3. Розеточный контакт
2. Мостиковый контакт	4. Врубной контакт

<i>Вопрос 2. Способ гашение дуги в масле применяется</i>	
1. В низковольтных выключателях переменного тока	3. В высоковольтных выключателях переменного тока
2. В низковольтных выключателях постоянного тока	4. В магнитных пускателях

<i>Вопрос 3. Генераторные высоковольтные выключатели характеризуются</i>	
1. Меньшими номинальными токами и более высокими напряжениями	3. Большими значениями номинальных токов и большими токами отключения при меньших напряжениях
2. Наивысшими номинальными напряжениями, наиболее высокой отключающей способностью, быстродействием и наличием автоматического повторного включения (АПВ)	4. Меньшими значениями номинальных токов при меньших напряжениях

<i>Вопрос 4. Аппарат, предназначенный для создания искусственного короткого замыкания, с целью вызвать отключение выключателя, установленного на питающем конце линии</i>	
1. Отделитель	3. Автоматический выключатель
2. Разъединитель	4. Короткозамыкатель

<i>Вопрос 5. Аппарат, предназначенный для снятия перенапряжения с изоляции электрооборудования называется</i>	
1. Разрядник	3. Реактор
2. Магнитный пускатель	4. Выключатель нагрузки

<i>Вопрос 6. Трансформаторы тока служат для удобства</i>	
1. Измерения тока и напряжения в установках низкого напряжения	3. Измерения напряжения в установках высокого напряжения
2. Измерения тока в установках высокого напряжения	4. Измерения напряжения в установках низкого напряжения

<i>Вопрос 7. Автоматические выключатели служат для</i>	
--	--

1. Отключения токов короткого замыкания, токов перегрузок и для нечастых оперативных отключений	3. Отключения токов короткого замыкания, токов перегрузок и для частых оперативных отключений
2. Отключения токов короткого замыкания и токов перегрузок	4. Частых оперативных отключений

*Вопрос 8. Аппаратом дистанционного действия, предназначенным для частых включений и отключение силовых электрических цепей при нормальных режимах работы, называют*

1. Рубильник	3. Контактор
2. Пакетный переключатель	4. Автоматический выключатель

*Вопрос 9. Конструктивным элементом предохранителя не является*

1. Плавкая вставка	3. Контактное присоединительное устройство
2. Корпус	4. Биметаллическая пластина

*Вопрос 10. Реле, предназначенное для увеличения числа контактов основного реле, когда при его срабатывании требуется замкнуть (разомкнуть) несколько цепей, называется*

1. Промежуточное	3. Дифференциальное
2. Мощности	4. Указательное

*Вопрос 11. Группа трансформаторов, к которой можно отнести трансформаторы тока и напряжения:*

1. Силовые	3. Измерительные
2. Согласующие	4. Импульсные

*Вопрос 12. Максимальный расцепитель автоматического выключателя срабатывает*

1. При токах короткого замыкания	3. При снижении напряжения сети меньше определенного значения или при исчезновении напряжения
2. При токовых перегрузках	4. При токах короткого замыкания и токовых перегрузках

*Вопрос 13. Электрическим аппаратом, предназначенным для отключения защищаемой цепи посредством разрушения специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение, называют*

1. Предохранитель	3. Контактор
2. Пакетный переключатель	4. Автоматический выключатель

*Вопрос 14. Путевые и конечные выключатели осуществляют*

1. Частые включения и отключения высоковольтных электрических цепей	3. Переключения в цепях управления сложных схем автоматизированного
---	---



	электропривода когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов.
2. Защиту электрических цепей от коротких замыканий на пути следования тока и в конце линии	4. Переключения в цепях управления в зависимости от пути (угла поворота), проходимого рабочим механизмом или его отдельными элементами

*Вопрос 15. Указательное реле предназначено для:*

1. Переключений цепей, когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов	3. Увеличения числа контактов основного реле
2. Сигнализации о наличие напряжения в сети	4. Сигнализации срабатывания электрических установок и устройств в схемах релейной защиты и автоматики

## Вариант № 2

*Вопрос 1. Контакт, принцип работы которого предполагает срабатывание под воздействием магнитного поля, называется:*

1. Герсикон	3. Разборный контакт
2. Разрывной контакт	4. Врубной контакт

*Вопрос 2. Способ гашения дуги воздушным дутьем применяется*

1. В низковольтных выключателях переменного тока	3. В высоковольтных выключателях переменного тока
2. В низковольтных выключателях постоянного тока	4. Не применяется в электрических аппаратах

*Вопрос 3. Сетевые высоковольтные выключатели характеризуются:*

1. Меньшими номинальными токами и более высокими напряжениями	3. Большими значениями номинальных токов и большими токами отключения при меньших напряжениях
2. Наивысшими номинальными напряжениями, наиболее высокой отключающей способностью, быстродействием и наличием автоматического повторного включения (АПВ)	4. Ничего из перечисленного

*Вопрос 4. Аппарат, предназначенный для включения и отключения участков электрических цепей под напряжением при отсутствии нагрузочного тока, называется:*

1. Магнитный пускатель	3. Автоматический выключатель
2. Разъединитель	4. Короткозамыкатель

*Вопрос 5. Аппарат, предназначенный для ограничения электродинамического воздействия тока короткого замыкания*

1. Разрядник	3. Реактор
2. Магнитный пускатель	4. Выключатель нагрузки

*Вопрос 6. Трансформаторы напряжения служат для удобства:*

1. Измерения тока в установках низкого напряжения	3. Измерения напряжения в установках высокого напряжения
2. Измерения тока в установках высокого напряжения	4. Измерения напряжения в установках низкого напряжения

*Вопрос 7. Для отключения токов короткого замыкания, токов перегрузок и для нечастых оперативных отключений служат:*

1. Автоматические выключатели	3. Реле тока
2. Тепловое реле	4. Устройства защитного отключения

*Вопрос 8. К электрическим аппаратам, предназначенным для неавтоматической коммутации электрической цепи, относится:*

1. Магнитный пускатель	3. Контактор
2. Пакетный переключатель	4. Автоматический выключатель

*Вопрос 9. Командоконтроллеры применяются для:*

1. Частых включений и отключений электрических цепей	3. Производства переключений в цепях управления сложных схем автоматизированного электропривода при большой частоте переключений, и когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов.
2. Защиты электрических цепей от коротких замыканий	4. Производства переключений высоковольтных цепей когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов

*Вопрос 10. Реле, предназначенное для сигнализации срабатывания электрических установок и устройств в схемах релейной защиты и автоматики, называется:*

1. Промежуточное	3. Дифференциальное
2. Мощности	4. Указательное

*Вопрос 11. Трансформаторы тока служат для удобства:*

1. Измерения тока и напряжения в установках низкого напряжения	3. Измерения напряжения в установках высокого напряжения
2. Измерения тока в установках высокого напряжения	4. Измерения напряжения в установках низкого напряжения

*Вопрос 12. Автоматические выключатели служат для:*

1. Отключения токов короткого замыкания, токов перегрузок и для нечастых оперативных отключений	3. Отключения токов короткого замыкания, токов перегрузок и для частых оперативных отключений
2. Отключения токов короткого замыкания и токов перегрузок	4. Частых оперативных отключений

*Вопрос 13. Аппаратом дистанционного действия, предназначенным для частых включений и отключение силовых электрических цепей при нормальных режимах работы, называют:*

1. Рубильник	3. Контактор
2. Пакетный переключатель	4. Автоматический выключатель

*Вопрос 14. Конструктивным элементом предохранителя не является:*

1. Плавкая вставка	3. Контактное присоединительное устройство
2. Корпус	4. Биметаллическая пластина

*Вопрос 15. Реле, предназначенное для увеличения числа контактов основного реле, когда при его срабатывании требуется замкнуть (разомкнуть) несколько цепей, называется:*

1. Промежуточное	3. Дифференциальное
2. Мощности	4. Указательное

### Вариант № 3

*Вопрос 1. Жесткое соединение между собой отдельных токоведущих частей обеспечивает:*

1. Разборное контактное соединение	3. Рычажный контакт
2. Мостиковый контакт	4. Торцевой контакт

*Вопрос 2. Способ бездуговой коммутации применяется:*

1. В низковольтных электрических аппаратах	3. В высоковольтных электрических аппаратах
2. В высоковольтных выключателях переменного тока	4. В подстанционных выключателях

*Вопрос 3. Подстанционные высоковольтные выключатели характеризуются:*

1. Меньшими номинальными токами и более высокими напряжениями	3. Большими значениями номинальных токов и большими токами отключения при меньших напряжениях
2. Наивысшими номинальными напряжениями, наиболее высокой отключающей способностью, быстродействием и наличием автоматического повторного включения (АПВ)	4. Меньшими номинальными токами при меньших напряжениях

*Вопрос 4. Аппарат, предназначенный для автоматического отключения поврежденного участка электрической цепи в момент отсутствия в ней тока:*

1. Отделитель	3. Автоматический выключатель
2. Разъединитель	4. Короткозамыкатель

*Вопрос 5. Аппарат, предназначенный для управления высоковольтными синхронными и асинхронными двигателями большой мощности, а также другими нагрузками с малой индуктивностью:*

1. Разрядник	3. Реактор
2. Магнитный пускатель	4. Выключатель нагрузки

*Вопрос 6. Группа трансформаторов, к которой можно отнести трансформаторы тока и напряжения:*

1. Силовые	3. Измерительные
2. Согласующие	4. Импульсные

*Вопрос 7. Максимальный расцепитель автоматического выключателя срабатывает:*

1. При токах короткого замыкания	3. При снижении напряжения сети меньше определенного значения или при исчезновении напряжения
----------------------------------	---

2. При токовых перегрузках	4. При токах короткого замыкания и токовых перегрузках
----------------------------	--

*Вопрос 8. Электрическим аппаратом, предназначенным для отключения защищаемой цепи посредством разрушения специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение, называют:*

1. Предохранитель	3. Контакттор
2. Пакетный переключатель	4. Автоматический выключатель

*Вопрос 9. Путевые и конечные выключатели осуществляют:*

1. Частые включения и отключения высоковольтных электрических цепей	3. Переключения в цепях управления сложных схем автоматизированного электропривода когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов.
2. Защиту электрических цепей от коротких замыканий на пути следования тока и в конце линии	4. Переключения в цепях управления в зависимости от пути (угла поворота), проходимого рабочим механизмом или его отдельными элементами

*Вопрос 10. Указательное реле предназначено для:*

1. Переключений цепей, когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов	3. Увеличения числа контактов основного реле
2. Сигнализации о наличие напряжения в сети	4. Сигнализации срабатывания электрических установок и устройств в схемах релейной защиты и автоматики

*Вопрос 11. Трансформаторы напряжения служат для удобства:*

1. Измерения тока в установках низкого напряжения	3. Измерения напряжения в установках высокого напряжения
2. Измерения тока в установках высокого напряжения	4. Измерения напряжения в установках низкого напряжения

*Вопрос 12. Для отключения токов короткого замыкания, токов перегрузок и для нечастых оперативных отключений служат:*

1. Автоматические выключатели	3. Реле тока
2. Тепловое реле	4. Устройства защитного отключения

*Вопрос 13. К электрическим аппаратам, предназначенным для неавтоматической коммутации электрической цепи, относится:*

1. Магнитный пускатель	3. Контакттор
2. Пакетный переключатель	4. Автоматический выключатель

*Вопрос 14. Командоконтроллеры применяются для:*

1. Частых включений и отключений электрических цепей	3. Производства переключений в цепях управления сложных схем автоматизированного электропривода при большой частоте переключений, и когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов.
2. Защиты электрических цепей от коротких замыканий	4. Производства переключений высоковольтных цепей когда требуется строгое чередование последовательности действий отдельных механизмов

*Вопрос 15. Реле, предназначенное для сигнализации срабатывания электрических установок и устройств в схемах релейной защиты и автоматики, называется:*

1. Промежуточное	3. Дифференциальное
2. Мощности	4. Указательное

## Приложение № 2

### **ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Задание № 1 Изучение конструкции, характеристик теплового реле и аппаратуры защиты

Цель работы: Ознакомление с конструкцией и принципом действия тепловых реле и автоматических выключателей, их применением для защиты электроприводов от перегрузки.

#### Контрольные вопросы

1. Назначение и конструкция тепловых реле.
2. Устройство автомата тепловой защиты электрических цепей.
3. Что происходит с биметаллической пластинкой при ее нагревании?
4. Что представляет собой изгибная и температурная переходные характеристики биметаллической пластинки?
5. Назначение и конструкция автоматического выключателя.

Задание № 2 Изучение устройства, основных свойств и характеристик аппаратов защиты электропривода

Цель работы. Изучение устройства, основных свойств и характеристик элементов защиты электропривода и схемы реверсивного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором при помощи магнитного пускателя.

#### Контрольные вопросы

1. В чем заключается отличительный признак асинхронного двигателя?
2. Каковы особенности работы магнитного пускателя при управлении асинхронным двигателем?
3. Для какой цели совместно с магнитными пускателями применяются тепловые реле?
4. Как можно изменить направление вращения ротора асинхронного двигателя?
5. В чем состоит неисправность, если при нажатии на кнопку SB1 двигатель включается, а после прекращения нажатия – отключается?
6. Приведите примеры реверсивного вращения электродвигателя?

Задание № 3 Изучение реле времени



Цель работы: Изучение устройства и принципа действия реле времени различных типов.

#### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены реле времени?
2. Что называют временем срабатывания реле?
3. Какими методами осуществляется замедление срабатывания (отпускания) реле?
4. Что такое электромагнитное демпфирование, применяемое в реле времени с электромагнитной задержкой?
5. Чем определяется выдержка времени в электромагнитном реле времени с пневматической задержкой?
6. Чем определяется выдержка времени в электромеханическом реле часовым механизмом?
7. В чем состоит принцип действия электромеханического реле с часовым механизмом?
8. Для чего предназначены программные (моторные) реле времени?
9. Какие конструктивные отличия имеет моторное реле времени от часовых?
10. Как в моторных реле времени производится установка времени срабатывания контактных групп?
11. Как производится включение выбранного реле времени на лабораторной установке?
12. Приведите примеры промышленного использования реле времени.

#### Задание № 4 Изучение многоцепного командного прибора МКП

Цель работы: изучение аппаратуры циклового управления электрическими устройствами с помощью многоцепного командного прибора МКП.

#### Контрольные вопросы

1. Назначение многоцепного командного прибора.
2. В чем заключается принцип действия многоцепного командного прибора?
3. Для чего служат кулачки, установленные на программном барабане?
4. Как устанавливается длительность цикла работы и время включения (выключения) контактов?
5. Приведите примеры технологических процессов, где можно использовать многоцепной командный прибор.

#### Задание № 5 Изучение фотоэлектрических реле различных типов

Цель работы: Ознакомление с параметрами и изучение принципов действия и устройств фотодатчиков и фотореле различных типов.

##### Контрольные вопросы

1. Что представляют собой фотоэлементы?
2. Какие виды фотоэлементов вы знаете?
3. В чем состоит принцип работы фотоэлемента с внешним фотоэффектом?
4. Какой вид имеет вольтамперная характеристика фоторезистора?
5. Какова зависимость вида характеристики от светового потока?
6. Какие приборы применяются для снятия характеристики фоторезистора?
7. Как изменяется сопротивление фоторезистора при попадании на него световых лучей?
8. На чем основывается принцип работы фотодиодов и фототранзисторов?
9. Приведите примеры промышленного использования фотодатчиков?

#### Задание № 6 Релейные элементы

Цель работы: Ознакомление с устройством и принципом действия электромагнитных реле различных типов; определение напряжения срабатывания и отпускания, изучение способов увеличения времени отпускания.

##### Контрольные вопросы

1. На чем основывается работа электромагнитного реле?
2. Чем отличается поляризованное реле от нейтрального?
3. Какую роль играет конденсатор при создании выдержки времени на отпускание реле?
4. За счет чего изменяется положение якоря поляризованного электромагнитного реле?
5. В чем заключается усилительные свойства реле?

Приложение № 3

**ЗАДАНИЯ, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Задание по курсовому проекту включает данные по типу электромагнита, величине критического зазора, значениям критической силы и напряжения сети. Исходные данные для проектирования выбираются по указанию преподавателя. В таблице 3 представлены примерные варианты исходных данных. Эскизы предлагаемых к разработке электромагнитов приведены на рис. 1.

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения курсового проекта

Варианты исходных данных	Тип электромагнита	Критический зазор, см	Критическая сила, кг	Напряжение сети постоянного тока, В
		$\delta_0$	$F_0$	$U$
1	Прямоходовой	1,0	4,5	220
2	Поворотный	1,2	6,5	220
3	Прямоходовой	1,5	5,0	110
4	Поворотный	1,5	5,0	110
5	Прямоходовой	1,3	6,0	75
6	Поворотный	1,3	6,0	75
7	Прямоходовой	0,8	7,0	45
8	Поворотный	0,8	7,0	45
9	Прямоходовой	1,0	6,0	85
10	Поворотный	1,0	6,0	85
11	Прямоходовой	1,3	5,0	110
12	Поворотный	1,3	5,0	110
13	Прямоходовой	1,5	4,0	220
14	Поворотный	1,5	4,0	220
15	Прямоходовой	0,8	4,5	110
16	Поворотный	0,8	4,5	110
17	Прямоходовой	1,0	5,0	95
18	Поворотный	1,0	5,0	95
19	Прямоходовой	1,3	5,5	48
20	Поворотный	1,3	5,5	48
21	Прямоходовой	1,5	6,5	60
22	Поворотный	1,5	6,5	60
23	Прямоходовой	1,3	7,0	50
24	Поворотный	1,0	4,5	110
25	Прямоходовой	1,2	6,5	210
26	Поворотный	1,5	4,0	110
27	Прямоходовой	1,5	4,0	110
28	Поворотный	0,8	4,5	220
29	Прямоходовой	0,8	4,5	220

30	Поворотный	1,3	5,5	110
31	Прямоходовой	1,3	5,5	48
32	Поворотный	1,3	5,5	48
33	Прямоходовой	1,0	5,0	85
34	Поворотный	1,0	5,0	85
35	Прямоходовой	1,5	6,5	48
36	Поворотный	1,5	6,5	48
37	Прямоходовой	1,3	7,0	60
38	Поворотный	1,3	7,0	60
39	Прямоходовой	1,3	6,5	50
40	Пов	1,3	6,5	50

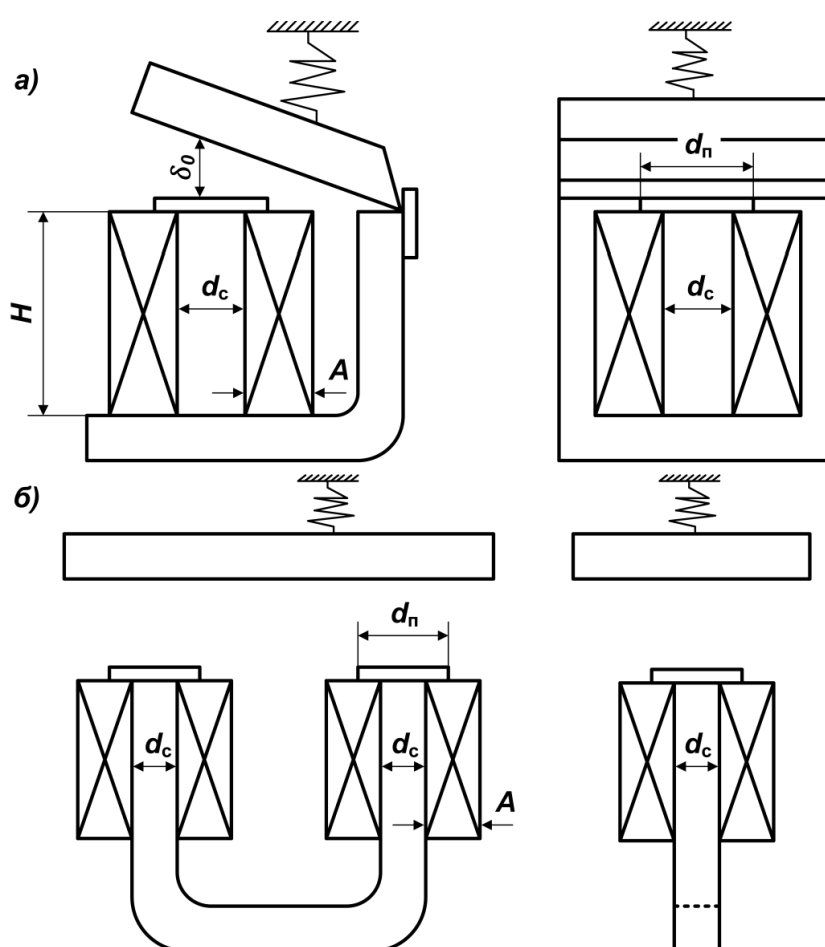


Рисунок 3 – Эскизы электромагнитов: поворотного (а); прямоходовой (б)

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Электромагнитные устройства входят в состав значительной части коммутационных аппаратов (особенно низкого напряжения), реле, устройств дистанционного управления, тормозных и подъемных устройств. Поэтому вопросы расчета и проектирования, обеспечивающие надежность и экономичность их работы, являются актуальной задачей. Однако при кажущейся простоте конструкции полный учет всех факторов, влияющих на

работу ЭМ в аналитической форме, приемлемой для инженерных расчетов, встречается затруднения в связи со сложностью электромагнитных и тепловых процессов в элементах аппарата. Предлагаемая для использования в учебном пособии методика расчета ЭМ основывается на использовании упрощенных расчетных формул, обеспечивающих приемлемую точность за счет применения установленных экспериментально ряда корректирующих и конструктивных коэффициентов. Очевидно, что рекомендуемые значения этих коэффициентов нельзя считать безусловными, а наоборот, требующими дальнейшей оптимизации с учетом накопленного опыта проектирования.

Конструкция ЭМ в основном определяется требованием создания необходимой электромагнитной силы при определенных условиях нагрева и охлаждения катушки, т.е. зависит от размеров магнитопровода, наличия рабочих и нерабочих зазоров, размеров и обмоточных данных катушки. Остальные элементы конструкций в меньшей степени влияют на работу ЭМ. Поэтому целесообразно ввести некоторые характерные для принятой методики расчета понятия:

- ядро ЭМ – часть ЭМ, состоящая из втягивающей катушки, участка магнитопровода, охватываемого ею, и полюсного наконечника;
- определяющий размер ядра электромагнита – диаметр сердечника  $d_c$ ;
- расчет ядра электромагнита – определение размера ядра и обмоточных данных катушки.

Предлагаемая методика предполагает три этапа расчета ЭМ:

1. Предварительный расчет с использованием упрощенных соотношений, предусматривающий в первом приближении определение размера магнитопровода, катушки, сечения и числа витков обмотки.

2. Разработка по данным предварительного расчета конструкции ЭМ применением основанных на опыте проектирования и физическом моделировании ряда конструктивных коэффициентов и параметров.

3. Проектный расчет ЭМ, предусматривающий окончательное уточнение полученных в предварительном расчете параметров, геометрических размеров, обмоточных данных. Оценка соответствия температурных и энергетических параметров существующим нормам.

Расчету электромагнита должен предшествовать анализ кинематической схемы механизма, с которым электромагнит сочленен, с целью определения результирующих характеристик противодействующих сил или моментов, которые необходимо преодолеть при

движении якоря.

В результате должен быть установлен зазор по ходу якоря, при котором электромагниту приходится развивать наибольшую работоспособность для преодоления противодействующей силы ( $F_{\text{П}}$ ).

Такой зазор в дальнейшем принято называть критическим ( $\delta_0$ ), а соответствующую электромагнитную силу – критической силой ( $F_0$ ). Для обеспечения надежной работы критическая сила должна несколько превышать соответствующую этому зазору противодействующую силу:

$$F_0 = K \cdot F_{\text{П}},$$

где  $K = (1,2 \div 1,5)$  – коэффициент запаса, принимаемый для самых неблагоприятных условий эксплуатации (пониженное напряжения при нагретой катушке).

Значения критической силы  $F_0$  (кг) и критического зазора  $\delta_0$ (см) являются основными исходными данными расчета ЭМ.

Кроме того, необходимо знать условия работы ЭМ (продолжительный, кратковременный), род тока, напряжение  $U$ , частоту  $f$ , тип якоря ЭМ (прямоходовой, поворотный, внедряющийся), исполнение катушки (токовые, напряжения, намотанные на каркас, трубу, сердечник, бескар).

При этом предполагается, что электромагниты открытого исполнения для продолжительного режима работы. Катушка наматывается на латунную трубу толщиной 1 мм, на торцах обмотки имеется по одной изоляционной шайбе из текстолита толщиной 2 мм. Для устранения залипания якоря под полюсными наконечниками магнитопровода уложены немагнитные металлические прокладки толщиной 0,3 мм.

В процессе разработки электромагнита необходимо выполнить следующий объем расчетов:

1. определить основные размеры электромагнита;
2. рассчитать обмоточные данные катушки;
3. разработать рабочий эскиз электромагнита;
4. определить максимальную температуру по сечению катушки ЭМ;
5. оценить потребляемую ЭМ мощность в рабочем режиме, расхода активных обмоточных материалов, вес электромагнита.

## ТРЕБОВАНИЯ ПО ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта проводится после предоставления завершенной работы и устранения всех замечаний по расчетной части. Защита проводится устно в формате собеседования по материалам работы и в форме ответа на контрольные вопросы. Общее количество вопросов зависит от качества ответов студента и уровня владения материалом представленной работы.

### ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите схему расчета магнитной цепи постоянного сечения с зазором. Почему при приближенных расчетах магнитных цепей можно пренебречь магнитным сопротивлением стали?

2. Как зависит величина магнитного потока в рабочем зазоре и величина тока в катушке электромагнита постоянного тока от величины рабочего зазора?

3. Чем отличается работа электромагнита переменного тока от работы электромагнита постоянного тока? Для чего в электромагнитах переменного тока применяют короткозамкнутый виток?

4. Как связана величина магнитного потока в электромагните переменного тока с величиной приложенного напряжения?

5. Как зависит величина магнитного потока в рабочем зазоре и величина тока в катушке электромагнита переменного тока от величины рабочего зазора?

6. Что представляют собой статическая и динамическая тяговые характеристики электромагнита? Чем они отличаются?

7. Какое должно быть соотношение между тяговой характеристикой электромагнита и механической характеристикой аппарата?

8. Какие способы применяются для ускорения действия электромагнитов? Каким образом можно замедлить их действие?

9. Какие параметры определяются при расчете обмотки электромагнита?

10. Как распределяются магнитные потоки во втяжном электромагните?

11. Напишите формулу для электромагнитной силы с учетом потоков рассеяния. Каково относительное влияние на величину силы каждого из слагаемых при больших и малых зазорах?

12. Какие конструктивные меры используются для регулирования формы тяговых характеристик электромагнитов постоянного тока?

13. Что такое статическая электромагнитная сила?

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН) ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Назначение и классификация электрических аппаратов.
2. Требования, предъявляемые к электрическим аппаратам.
3. Электромеханические аппараты автоматики.
4. Электромеханические аппараты управления.
5. Электромеханические аппараты распределительных устройств.
6. Электромеханические аппараты релейной защиты.
7. Допустимые и максимальные температуры электрических аппаратов в нормальном режиме.
8. Основные источники тепла в электрических аппаратах.
9. Допустимые температуры нагрева изолированных и неизолированных токоведущих частей электрических аппаратов.
10. Допустимые температуры нагрева изолированных и неизолированных токоведущих частей электрических аппаратов при коротких замыканиях.
11. Допустимые температуры нагрева нетокведущих частей электрических аппаратов.
12. Понятия о видах теплообмена.
13. Нагрев токоведущих частей переменного сечения
14. Нагрев катушек электромагнита переменного тока.
15. Нагрев катушек электромагнита постоянного тока.
16. Процесс нагрева при коротком замыкании. Понятие о термической устойчивости.
17. Влияние размеров и формы сечения проводников на величину электродинамических усилий.
18. Определение электродинамических сил при наличии в контуре ферромагнитных частей.
19. Электродинамические силы при переменном токе в однофазной системе.
20. Электродинамические силы при переменном токе в трехфазной системе.
21. Электродинамическая устойчивость электрического аппарата.
22. Электродинамические усилия в витке, катушке и между катушками.
23. Электродинамические усилия при наличии ферромагнитных частей.
24. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.



25. Механический резонанс.
26. Электродинамические силы при переменном токе.
27. Процессы ионизации и деионизации дугового промежутка.
28. Характеристики электрической дуги.
29. Восстановление напряжения на дуговом промежутке при гашении дуги переменного тока.
30. Гашение дуги при отключении малых индуктивных и емкостных токов.
31. Устройства для гашения электрической дуги постоянного тока.
32. Устройства для гашения электрической дуги переменного тока.
33. Энергетический баланс электрической дуги.
34. Классификация и конструкция контактных соединений.
35. Сопротивление контакта и его составляющие.
36. Режим работы контактов.
37. Материалы контактов.
38. Конструкция твердометаллических контактов.
39. Жидкометаллические контакты.
40. Устойчивость контактов и контактных соединений при токах короткого замыкания.
41. Нагрев электрических контактов. Сваривание контактов.
42. Разомкнутое состояние контактов. Процесс замыкания контактов. Процесс размыкания контактов.
43. Эрозия контактов под действием малых токов. Износ контактов при больших токах.
44. Схема замещения электромагнитов постоянного и переменного тока.
45. Расчет магнитных цепей при постоянном токе без учета потоков рассеяния.
46. Расчет магнитной цепи методом участков.
47. Расчет магнитной цепи с помощью коэффициентов рассеяния.
48. Электромагнитные системы электрических аппаратов: классификация, основные определения.
49. Законы, используемые при расчетах магнитной цепи постоянного тока.
50. Законы, используемые при расчетах магнитной цепи переменного тока.
51. Особенности расчета магнитной цепи при переменном токе.
52. Магнитные проводимости воздушных зазоров.
53. Катушки магнитных систем: типы, основные параметры, способы включения.
54. Основные характеристики и параметры электромагнитов.

55. Сравнение электромагнитов постоянного и переменного токов.
56. Способы ускорения и замедления движения якоря при срабатывании и отпускании якоря электромагнита.
57. Тяговая сила и тяговые характеристики электромагнитов постоянного тока.
58. Тяговая сила электромагнита переменного тока.
59. Устранение вибраций якоря однофазных электромагнитов переменного тока.
60. Рабочий цикл электромагнитов.
61. Режимы работы и способы коммутации электронных аппаратов.
62. Последовательное и параллельное соединения полупроводниковых приборов.
63. Гибридные коммутационные и защитные аппараты: схемные решения, принцип работы.
64. Автоматические воздушные выключатели: назначение и принцип работы.
65. Электромеханическое реле времени: назначение, конструкции и принцип работы.
66. Электромагнитное реле тока: назначение, конструкции и принцип работы.
67. Электромагнитное реле напряжения: назначение, конструкции и принцип работы.
68. Герконовое реле: назначение и принцип работы.
69. Рубильники и переключатели: назначение, конструкции и принцип работы.
70. Контактторы постоянного тока: назначение, характеристики, кинематические и электрические схемы, принцип работы.
71. Контактторы переменного тока: назначение, характеристики, кинематические и электрические схемы принцип работы.
72. Автоматические выключатели: назначение, основные элементы конструкций и принцип работы.
73. Выключатели переменного тока высокого напряжения: назначение, основные элементы конструкций и принцип работы.
74. Предохранители: назначение, основные конструкции и принцип работы.
75. Контроллеры, командоаппараты: назначение, конструкции и принцип работы.
76. Реостаты и сопротивления: назначение, характеристики и принцип работы.
77. Трансформаторы тока: назначения, конструкции и принцип работы.
78. Датчики: назначение, классификация. Датчики активные и пассивные.
79. Силовые электронные ключи: назначение, классификация и принцип работы.
80. Достоинства и недостатки электронных аппаратов.

81. Микропроцессорные аппараты: назначение, основные функции, основные элементы.
82. Выбор, применение и эксплуатация реле.
83. Выбор, применение и эксплуатация контакторов.
84. Выбор, применение и эксплуатация выключателей переменного тока высокого напряжения.
85. Выбор, применение и эксплуатация автоматических выключателей.
86. Выбор, применение и эксплуатация предохранителей.
87. Выбор, применение и эксплуатация пускателей.
88. Выбор, применение и эксплуатация трансформаторов тока.
89. Выбор, применение и эксплуатация трансформаторов напряжения.
90. Выбор, применение и эксплуатация электронных аппаратов.