

**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  
Проектирование электрических аппаратов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ведешенков Н.А.
	Идентификатор	R5e190841-VedeshenkovNA-05f6da

Н.А.  
Ведешенков

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

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

М.Г.  
Киселев

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-1 Анализирует надежность электротехнических объектов на стадии проектирования

ИД-2 Формулирует критерии оптимальности при выборе известных технических решений и проектировании новых электротехнических объектов

ИД-4 Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. КР1-1. Особенность явлений в контактах при включении и размыкании контактов с током (Контрольная работа)

2. КР1-2. Оценка эффективности дугогасительных систем постоянного и переменного тока (Контрольная работа)

3. КР2-1. Явления в контактах силовых аппаратов (Контрольная работа)

4. КР2-2. Процессы дугогашения в дугогасительных системах постоянного и переменного тока (Контрольная работа)

5. КР3-1. Задачи расчётов параметров магнитных систем приводов контакторов постоянного и переменного тока или расцепителей автоматических выключателей (Контрольная работа)

6. КР3-2. Особенности восстанавливающейся прочности в дуге низкого напряжения (Контрольная работа)

7. КР4-1. Факторы, влияющие на динамику срабатывания контакторов и магнитных расцепителей (Контрольная работа)

8. КР4-2. Компьютерные программные средства для моделирования и анализа процессов при расчётах контакторов или автоматических выключателей (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. ЛР1. Исследование дугогасительных устройств аппарата-прототипа (Лабораторная работа)

2. ЛР2. Исследование электромагнитной подсистемы аппарата-прототипа (Лабораторная работа)

3. ЛР3. Исследование динамики работы аппарата-прототипа (Лабораторная работа)

4. ЛР4. Исследование контактной системы и электрической дуги аппарата-прототипа (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	16	16	16	16
1. Общие вопросы проектирования ЭА					
1.1 Основные подходы к проектированию электрических аппаратов.	+				
2. Инженерные методы расчёта контактной системы					
2.1 Понятие электрического контакта	+				
2.2 Физические явления в контактах.			+		
3. Инженерные методы расчёта электромагнитной системы					
3.1 Расчёты приводов контакторов постоянного и переменного токов.				+	
3.2 Динамика процессов включения электромагнитов.					+
3.3 Расчёт магнитных систем расцепителей автоматических выключателей.				+	
3.4 Расчёт трансформаторов тока.				+	
4. Инженерные методы расчёта токоведущей системы					
4.1 Расчёт параметров токоведущей системы.					+
4.2 Расчёт напряжённости собственного магнитного поля.					+
4.3 Расчёт тепловых расцепителей автоматических выключателей.					+
	Вес КМ:	25	25	25	25

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12
	Срок КМ:	4	8	12	16	4	8	12	16
5. Инженерные методы расчёта дугогасительной системы									
5.1 Условие гашение дуги постоянного тока.								+	
5.2 Условия гашения дуги постоянного тока								+	
5.3 Расчёт параметров дугогасительных систем постоянного тока с серийной системой магнитного дутья.							+		

5.4 Расчёт параметров дугогасительных систем постоянного тока с шунтовой системой магнитного дутья.							+		
5.5 Комбинированная система дугогашения на постоянном токе.							+		
5.6 Дугогасительная система с ферромагнитной скобой на постоянном и переменном токе.							+		
5.7 Газодинамические факторы при взаимодействии дуги с решёткой.						+			
5.8 Физика процессов взаимодействия дуги с ферромагнитной решёткой.							+		
5.9 Факторы, влияющие на эффективность применения дугогасительной решётки.						+			
5.10 Падение напряжения на единичном промежутке в дугогасительной камере с ферромагнитными пластинами.							+		
5.11 Перспективные дугогасительные устройства.						+			
5.12 Расчёт дугогасительных систем в элегазовых выключателях.							+		
5.13 Расчёт дугогасительных систем в вакуумных выключателях.							+		
6. Особенности проектирования токоограничивающих аппаратов									
6.1 Механическая система токоограничивающих аппаратов.								+	
6.2 Дугогасительная и контактная системы токоограничивающих аппаратов.								+	
7. Численные методы расчёта контактной системы									
7.1 Программное обеспечение для численного анализа контактной системы									+
7.2 Постановка задачи на моделирование контактной системы	+								+
8. Численные методы расчёта электромагнитной системы									
8.1 Программное обеспечение для численного анализа электромагнитной системы									+
8.2 Постановка задачи на моделирование электромагнитной системы		+							+
9. Численные методы расчёта токоведущей системы									
9.1 Программное обеспечение для численного анализа тепловых									+

процессов.								
9.2 Постановка задачи на моделирование тепловых процессов				+				+
10. Численные методы расчёта механической системы								
10.1 Программное обеспечение для численного анализа динамики работы механической системы.								+
10.2 Постановка задачи на моделирование механической системы			+					+
Вес КМ:	15	15	15	15	10	10	10	10

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Расчёт параметров контактно-токоведущей системы		+			
Определение параметров дугогасительной системы			+		
Выполнение тепловых расчётов токоведущих систем в статическом и динамическом режимах				+	
Расчёт динамических параметров аппарата прототипа с применением программного средства EasyMag 3D					+
Вес КМ:	15	20	35	30	

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Измерение параметров контактно-токоведущей системы и её графическое представление		+			
Исследование динамических параметров аппарата-прототипа			+		
Построение нагрузочных характеристик аппарата-прототипа				+	
Получение расчётным путём тяговой характеристики электромагнита контактора или магнитного расцепителя автоматического выключателя					+
Вес КМ:	15	25	25	35	

## 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-1 <sub>ПК-2</sub> Анализирует надежность электротехнических объектов на стадии проектирования	Знать: лк2-2 Теоретические основы инженерных методов расчёта параметров дугогасительной системы лк3-2 Теоретические основы инженерных методов расчёта процессов при гашении дуги лк2-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта параметров контактной системы лк1-2 Критерии оценки эффективности дугогасительных систем лк4-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта динамики срабатывания лк3-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта	КР1-1. Особенность явлений в контактах при включении и размыкании контактов с током (Контрольная работа) КР2-1. Явления в контактах силовых аппаратов (Контрольная работа) КР3-1. Задачи расчётов параметров магнитных систем приводов контакторов постоянного и переменного тока или расцепителей автоматических выключателей (Контрольная работа) КР4-1. Факторы, влияющие на динамику срабатывания контакторов и магнитных расцепителей (Контрольная работа) КР1-2. Оценка эффективности дугогасительных систем постоянного и переменного тока (Контрольная работа) КР2-2. Процессы дугогашения в дугогасительных системах постоянного и переменного тока (Контрольная работа) КР3-2. Особенности восстанавливающейся прочности в дуге низкого напряжения (Контрольная работа)

		<p>электромагнитных систем лк1-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта контактных систем при коммутации</p>	
ПК-2	<p>ИД-2ПК-2 Формулирует критерии оптимальности при выборе известных технических решений и проектировании новых электротехнических объектов</p>	<p>Знать: лр1-1 Особенности устройства дугогасительных систем лр4-1 Особенности устройства контактных систем лр3-1 Особенности динамики работы лр2-1 Особенности устройства электромагнитных систем Уметь: лр4-1 Экспериментально определять характеристики контактных систем лр3-1 Экспериментально определять динамические характеристики коммутационного оборудования лр2-1 Экспериментально определять характеристики электромагнитных систем лр1-1 Экспериментально определять характеристики дугогасительных систем</p>	<p>ЛР1. Исследование дугогасительных устройств аппарата-прототипа (Лабораторная работа) ЛР2. Исследование электромагнитной подсистемы аппарата-прототипа (Лабораторная работа) ЛР3. Исследование динамики работы аппарата-прототипа (Лабораторная работа) ЛР4. Исследование контактной системы и электрической дуги аппарата-прототипа (Лабораторная работа)</p>



ПК-2	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов	Знать: лк4-2 Подходы к математическому моделированию низковольтного коммутационного оборудования	КР4-2. Компьютерные программные средства для моделирования и анализа процессов при расчётах контакторов или автоматических выключателей (Контрольная работа)
------	---	---	--

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

### 1 семестр

#### КМ-5. КР1-1. Особенность явлений в контактах при включении и размыкании контактов с током

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.

#### Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся учёту контактных явлений при проектировании электрических аппаратов.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: лк1-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта контактных систем при коммутации	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Почему при замыкании контактов аппарата при включении возникает вибрация контактов?</li><li>2. Почему при включении контактов с током короткого замыкания происходит отброс контактов?</li><li>3. Почему при размыкании контактов с током нагрузки возникает жидко металлический мостик?</li><li>4. От чего зависит переходное контактное сопротивление?</li><li>5. При каком роде тока возникает большой подгар контактов при включении индуктивной нагрузки на постоянном или на переменном?</li><li>6. От чего зависит допустимая температура контактов при включении с током нагрузки?</li><li>7. За счёт чего может происходить зависание контактов после первоначального отброса при токах к.з.?</li><li>8. Чем определяется неподвижное состояние возникшей короткой дуги при размыкании контактов?</li><li>9. Требования к токоограничивающему автоматическому выключателю при включении или включённом при возникновении тока к.з.?</li><li>10. Из-за чего может произойти сваривание контактов при протекании токов к.з. через контактор?</li></ol>
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

### **КМ-6. КР2-1. Явления в контактах силовых аппаратов**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.

#### **Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся учёту контактных явлений при проектировании электрических аппаратов.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: лк2-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта параметров контактной системы</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Чем может быть вызвано сваривание контактов при включении на короткое замыкание?</li><li>2. Почему с повышением динамика срабатывания автомата должна повышаться его отключающая способность?</li><li>3. Что происходит при размыкании контактов с током нагрузки?</li><li>4. Почему контактный узел должен создавать направленное действие напряжённости собственного магнитного поля на выход дуги их контактного промежутка?</li><li>5. В каких случаях при включении контактов с токами к.з. может не произойти отброса контактов?</li><li>6. Что произойдёт при включении тока к.з. на жидкометаллические контакты?</li><li>7. Из-за чего возникает отброс контактов при включении на токи к.з.?</li><li>8. В каких случаях отброс контактов при включении может быть использован?</li><li>9. Для чего используется импульс тока к.з. для систем</li></ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено**Оценка: 2**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено***КМ-7. КРЗ-1. Задачи расчётов параметров магнитных систем приводов контакторов постоянного и переменного тока или расцепителей автоматических выключателей****Формы реализации:** Письменная работа**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся расчёту электромагнитных систем при проектировании электрических аппаратов.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: лк3-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта электромагнитных систем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чём сложность расчётов магнитных систем контакторов переменного тока?</li> <li>2. Перечислите известные методы расчёта магнитной проводимости воздушных зазоров и сформулируйте их особенности?</li> <li>3. Как определить рабочий зазор прямоходового электромагнита, если: а) известны раствор контактов и провал; б) известны раствор в контактах; в) известен провал в контактах?</li> <li>4. Как определить параметры намагничивающей катушки при известной начальной нагрузке в рабочем зазоре?</li> <li>5. Сформулируйте критерии выбора конструкции</li> </ol>
--	--

	<p>магнитной системы.</p> <p>6. Как определить силу, приведённую к рабочему зазору электромагнита?</p> <p>7. Как рассчитать тока в катушке электромагнита переменного тока при определении силы в электромагните?</p> <p>8. Как определить силу в рабочем зазоре, если известна индукция в рабочем зазоре?</p> <p>9. Как определить суммарную магнитную проводимость электромагнита при наличии двух рабочих зазоров, если известна проводимость одного из них?</p> <p>10. Почему в некоторых известных конструкциях расцепителей автоматических выключателей переменного тока отсутствуют короткозамкнутые витки на полюсах электромагнитов?</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

**КМ-8. КР4-1. Факторы, влияющие на динамику срабатывания контакторов и магнитных расцепителей**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся расчёту динамики работы электромеханических подсистем при проектировании электрических аппаратов.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: лк4-1 Теоретические основы инженерных методов расчёта динамики срабатывания	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как влияет масса подвижных частей автоматов на динамику срабатывания?</li><li>2. В каких типах автоматических выключателей чем меньше зазор в электромагните расцепителя, тем выше токоограничивающая способность?</li><li>3. Как масса подвижных частей контакторов влияет на динамику срабатывания?</li><li>4. Почему все модульные автоматические выключатели токоограничивающие, а корпусные нет?</li><li>5. Почему в контакторах переменного тока на большие токи используется преобразователь питания?</li><li>6. Сформулируйте главное требование к автоматическим выключателям, обладающим токоограничивающим эффектом</li><li>7. За счёт каких физических явлений обеспечивается быстрое размыкание контактов?</li><li>8. За счёт чего формируется оптимальное собственное магнитное поле от токоведущего контура?</li><li>9. Где выполняются конструктивные зазоры в системе, обеспечивающие принудительную вентиляцию конструкции аппарата?</li><li>10. Что даёт размещение магнитной системы в контакторах на большие номинальные токи наверху конструкции в сравнении с традиционным размещением?</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

**2 семестр**

**КМ-1. ЛР1. Исследование дугогасительных устройств аппарата-прототипа**

**Формы реализации: Устная форма**

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Со студентом проводится беседа о ходе выполнения лабораторной работы и полученных результатах. Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 20 минут на подготовку к ответу.

**Краткое содержание задания:**

Установка, приведенная на рисунок 1, питается от печного трансформатора 220/49,6В/В мощностью 100кВА, 450А первичного тока и 2кА длительного тока вторичной нагрузки. При закорачивании вторичной обмотки в течение одного полупериода испытуемым автоматическим выключателем вторичный ток может достигать 12кА. Ввод питания осуществляется шинами, приходящие на вводный автоматический выключатель QF1 с моторным приводом от независимого мощного первичного трансформаторного источника. Кнопки SB1 и SB2 предназначены для управления моторным приводом автоматического выключателя QF1. При выполнении испытаний регулирование тока осуществляется изменением угла открытия тиристорного блока VS в первичной цепи питания трансформатора посредством переключателя SA1, изменяющего угол открытия тиристора.



Figure 1 Рисунок 1. Общий вид стенда по исследованию автоматических выключателей

Испытуемые автоматические выключатели расположены на лабораторном столе и смонтированы между вторичными шинами трансформатора рисунок 1, на которых появляется вторичное напряжение только на время проведения опыта на один полупериод. Всё остальное время напряжение на шинах отсутствует. В процессе проведения испытаний студенты подключают к шинам соответствующий заданию автоматический выключатель, стационарно смонтированный на испытательном столе, и проводят снятие коммутационных переходных процессов изменения тока и напряжения на испытуемом выключателе при помощи осциллографа.



Figure 2 Рисунок 2. Вводной автомат QF1 с системой управления

QF2 автомат питания системы управления, кнопки SB1 «Включение», SB2 «Отключение» моторного привода QF1, блок управления тиристором SA1 с кнопкой включения проведения опытом SB3, расположен на верхней крышке корпуса переключателя SA1 и синхронизатором

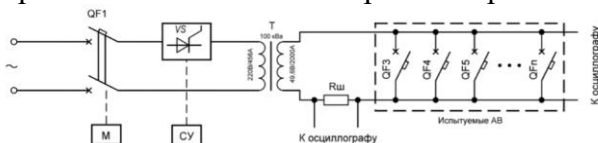


Figure 3 Рисунок 3. Силовая цепь стенда по исследованию автоматических выключателей

### Задание

1. Провести испытания при 3-х положениях переключателя SA1, регулирующего угол открытия тиристора: минимальное (5дел), среднее (10дел) и максимальное (15дел). Процесс отключения записывается на 2-х лучевом осциллографе. Регистрируются изменение тока  $i(t)$  и напряжения  $U\delta(t)$  в процессе отключения, соответственно записываются графическое изображение формы сигнала в файле bmp и цифровое в Excel в файле csv.
2. Последовательно в соответствии с расположением автоматических выключателей провести испытания со всеми установленными автоматами во всех выше приведённых режимах.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: лр1-1 Особенности устройства дугогасительных систем</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте задачу, решаемую в любом типе дугогасительного устройства.</li> <li>2. Опишите принцип гашения дуги в ДУ типа "лабиринт".</li> <li>3. Может ли использоваться система серийного магнитного дуга при отключении постоянного и переменного тока?</li> <li>4. За счёт чего происходит гашение в камере типа "ферромагнитная скоба"</li> <li>5. Почему отключение цепи постоянного тока</li> </ol>
---	--



	<p>дугогасительной решёткой не вызывает больших перенапряжений:</p> <p>6. Почему использование дугогасительной решётки более перспективно в сравнении с гашением в ферромагнитной скобе?</p> <p>7. Сформулируйте критерии оценки перспективности того или иного дугогасительного устройства.</p> <p>8. В чём заключается оценка эффективности по массогабаритным показателям дугогасительного устройства?</p> <p>9. Где более эффективно применение дугогасительной решётки?</p>
<p>Уметь: лр1-1 Экспериментально определять характеристики дугогасительных систем</p>	<p>1. Начертите схему лабораторной установки.</p> <p>2. В какой последовательности проводится опыт?</p> <p>3. Какое измерительное оборудование использовалось для проведения эксперимента?</p> <p>4. Опишите методику проведения эксперимента?</p> <p>5. Опишите проблемы с, которыми Вы столкнулись при проведении эксперимента на вашем аппарате-прототипе и как их удалось решить?</p> <p>6. Сформулируйте процедуру обработки результатов измерений?</p> <p>7. Расскажите какие подготовительные действия нужно было осуществить над аппаратом-прототипом перед проведением измерений?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

**КМ-2. ЛР2. Исследование электромагнитной подсистемы аппарата-прототипа**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Со студентом проводится беседа о ходе выполнения лабораторной работы и полученных результатах. Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 20 минут на подготовку к ответу.

### Краткое содержание задания:

Исследование автоматических выключателей в режиме токов короткого замыкания

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: лр2-1 Особенности устройства электромагнитных систем</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Как влияет масса подвижных частей автоматов на динамику срабатывания?</li><li>2.При каких условиях справедливо утверждение: “Чем меньше зазор в электромагните расцепителя, тем выше токоограничивающая способность автоматического выключателя”?</li><li>3.Как масса подвижных частей контакторов влияет на динамику срабатывания?</li><li>4.Почему все модульные автоматические выключатели токоограничивающие, а корпусные нет?</li><li>5.Почему в контакторах переменного тока на большие токи используется преобразователь питания?</li><li>6.Сформулируйте главное требование к автоматическим выключателям, обладающим токоограничивающим эффектом.</li><li>7.Какие физические принципы применяются при разработке специального контактного узла, обеспечивающий быстрое размыкание контактов?</li><li>8.Как формируется оптимальное собственное магнитное поле от токоведущего контура?</li><li>9.Как выполняются конструктивные зазоры в системе, обеспечивающие принудительную вентиляцию конструкции?</li><li>10.Что даёт размещение магнитной системы в контакторах на большие номинальные токи наверху конструкции в сравнении с традиционным размещением?</li></ol>
<p>Уметь: лр2-1 Экспериментально определять характеристики электромагнитных систем</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Сформулируйте процедуру обработки результатов измерений?</li><li>2.С какими проблемами при проведении эксперимента столкнулись в вашем аппарате-прототипе и как их удалось решить?</li><li>3.Опишите методику проведения эксперимента?</li><li>4.Какое измерительное оборудование использовалось для проведения эксперимента?</li><li>5.В какой последовательности проводится опыт?</li><li>6.Начертите схему лабораторной установки.</li><li>7.Расскажите какие подготовительные действия нужно было осуществить над аппаратом-прототипом перед проведением измерений?</li></ol>

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

### КМ-3. ЛР3. Исследование динамики работы аппарата-прототипа

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Со студентом проводится беседа о ходе выполнения лабораторной работы и полученных результатах. Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 20 минут на подготовку к ответу.

**Краткое содержание задания:**

Исследование восстанавливающегося напряжения

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: лр3-1 Особенности динамики работы	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Почему процесс восстановления напряжения на контактах носит колебательный характер?</li><li>2.Перечислите факторы, влияющие на частоту восстанавливающегося напряжения?</li><li>3.На что влияет скорость восстановления напряжения?</li><li>4. Что даёт применение шунтирующего сопротивления?</li><li>5.От чего процесс восстановления на контактах может быть одно частотным или двух частотным?</li><li>6.На что оказывает влияние частота восстанавливающегося напряжения?</li><li>7.На что оказывает влияние характер коммутируемой нагрузки?</li><li>8.Почему номинальный рабочий ток в режиме коммутации АС1 контактора отличается от номинального рабочего тока в режиме коммутации АС3?</li><li>9.От чего зависит вероятность повторного пробоя промежутка?</li><li>10.Какие условия, необходимые для возникновения дуги, создаются на катоде?</li></ol>
Уметь: лр3-1 Экспериментально определять динамические характеристики коммутационного оборудования	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Сформулируйте процедуру обработки результатов измерений?</li><li>2.С какими проблемами при проведении эксперимента столкнулись в вашем аппарате-прототипе и как их удалось решить?</li></ol>

	<p>3.Опишите методику проведения эксперимента?</p> <p>4.Какое измерительное оборудование использовалось для проведения эксперимента?</p> <p>5.В какой последовательности проводится опыт?</p> <p>6.Начертите схему лабораторной установки.</p> <p>7.Расскажите какие подготовительные действия нужно было осуществить над аппаратом-прототипом перед проведением измерений?</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

**КМ-4. ЛР4. Исследование контактной системы и электрической дуги аппарата-прототипа**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Со студентом проводится беседа о ходе выполнения лабораторной работы и полученных результатах. Студенту выдается два вопроса по теме лабораторной работы и отводится 20 минут на подготовку к ответу.

**Краткое содержание задания:**

Исследование электрической дуги постоянного тока

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: лр4-1 Особенности устройства контактных систем</p>	<p>1.Зачем делается аппроксимация статической дуги?</p> <p>2.Как можно определять условия гашения дуги?</p> <p>3.Можно применять аппроксимацию для переменного тока?</p> <p>4.Можно ли определить ожидаемое перенапряжение при отключении?</p> <p>5.Можно ли определить раствор в контактах, используя расчёт критического режима?</p> <p>6.Почему можно применять аппроксимацию ВАХ для переменного тока?</p> <p>7.Почему после достижения током критического</p>
--	--

	<p>режима должно происходить его самоугасание?        8.Из-за чего применяется шунтирование столба дуги активным сопротивлением?        9.В каких случаях материал контактов имеет значение при отключении?        10.Какой характер имеет изменение напряжение статической дуге переменного тока в течении полупериода его существования?</p>
<p>Уметь: лр4-1 Экспериментально определять характеристики контактных систем</p>	<p>1.Опишите методику проведения эксперимента?        2.Сформулируйте процедуру обработки результатов измерений?        3.С какими проблемами при проведении эксперимента столкнулись в вашем аппарате-прототипе и как их удалось решить?        4.Какое измерительное оборудование использовалось для проведения эксперимента?        5.В какой последовательности проводится опыт?        6.Начертите схему лабораторной установки        7.Расскажите какие подготовительные действия нужно было осуществить над аппаратом-прототипом перед проведением измерений?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

**КМ-9. КР1-2. Оценка эффективности дугогасительных систем постоянного и переменного тока**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся расчёту дугогасительных систем при проектировании электрических аппаратов.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: лк1-2 Критерии оценки эффективности дугогасительных систем</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Перечислите задачи, решаемые в любом типе дугогасительного устройства.</li> <li>2.Поясните принцип гашения дуги в дугогасительном устройстве типа "лабиринт".</li> <li>3.Может ли использоваться система серийного магнитного дугтя при отключении постоянного и переменного тока?</li> <li>4.За счёт чего происходит гашение в камере типа "ферромагнитная скоба"?</li> <li>5.Почему отключение цепи постоянного тока дугогасительной решёткой не вызывает больших перенапряжений?</li> <li>6.Почему использование дугогасительной решётки более перспективно в сравнении с гашением в ферромагнитной скобе?</li> <li>7.Перечислите критерии при оценки перспективности того или иного дугогасительного устройства.</li> <li>8.Как проводится оценка эффективности по массогабаритным показателям дугогасительного устройства?</li> <li>9.При каком роде тока более эффективно применение дугогасительной решётки?</li> </ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

**КМ-10. КР2-2. Процессы дугогашения в дугогасительных системах постоянного и переменного тока**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся особенностям гашения электрической дуги при проектировании электрических аппаратов.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: лк2-2 Теоретические основы инженерных методов расчёта параметров дугогасительной системы</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физика процесса дугогашения в дугогасительной решётки на переменном токе:</li> <li>2. Физика гашения дуги с серийным магнитным дутьём в дугогасительной камере типа "лабиринт ":</li> <li>3. Физика гашения дуги в дугогасительной решётки на постоянном токе.</li> <li>4. Физика гашения дуги переменного тока в ферромагнитной скобе.</li> <li>5. Физика гашения дуги постоянного тока в ферромагнитной скобе.</li> <li>6. За счёт чего создаются условия гашения дуги в режиме редких коммутаций на постоянном токе в дугогасительной камере типа "широкая щель"?</li> <li>7. В чём заключаются недостатки гашения дуги с серийным магнитным дутьём?</li> <li>8. Область применения шунтового магнитного дутья в дугогасительной камере типа "лабиринт".</li> <li>9. В каких случаях используется дугогасительная система типа "открытый разрыв"?</li> <li>10. При каких значениях тока применяется ферромагнитная скоба?</li> </ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

## КМ-11. КРЗ-2. Особенности восстанавливающейся прочности в дуге низкого напряжения

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.

### Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся учёту коммутационных явлений при проектировании электрических аппаратов.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: лк3-2 Теоретические основы инженерных методов расчёта процессов при гашении дуги	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Перечислите факторы, влияющие на амплитуду восстанавливающегося напряжения.</li><li>2.Чему равно значение восстанавливающейся прочности промежутка, если известна величина напряжения повторного зажигания дуги?</li><li>3.Имеет ли значение частота восстанавливающегося напряжения на требования к величине восстанавливающейся прочности коммутируемого промежутка?</li><li>4.Влияет ли характер нагрузки на частоту восстанавливающегося напряжения?</li><li>5.На что влияет угол сдвига фаз между током и напряжением коммутируемой цепи?</li><li>6.Какое влияние имеет величина шунтирующего сопротивления?</li><li>7.Как влияет характер нагрузки на требование в величине восстанавливающейся прочности?</li><li>8.Сформулируйте требование к величине восстанавливающейся прочности при активной нагрузке.</li><li>9.Сформулируйте требование к величине восстанавливающейся прочности при индуктивной нагрузке.</li><li>10.Почему косинус угла сдвига фаз оказывает влияние на амплитуду восстанавливающегося напряжения?</li></ol>
---	---

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*



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

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

*Оценка:* 2

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

### **КМ-12. КР4-2. Компьютерные программные средства для моделирования и анализа процессов при расчётах контакторов или автоматических выключателей**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время практического занятия студенту выдаются вопросы для ответа на них в письменной форме. Время на выполнение задания 1 час.

#### **Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы в свободной письменной форме, поясняя свой ответ при необходимости рисунками и схемами. Ответ должен быть основан на материале, пройденном в рамках разделов, касающихся применяемым при проектировании электрических аппаратов программным средствам.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: лк4-2 Подходы к математическому моделированию низковольтного коммутационного оборудования</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Опишите процесс создания и особенности настройки модели контактной системы автоматического выключателя. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?</li><li>2.Опишите процесс создания и особенности настройки модели электромагнита контактора постоянного тока. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?</li><li>3.Опишите процесс создания и особенности настройки модели электромагнита контактора переменного тока. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?</li><li>4.Опишите процесс создания и особенности настройки модели электромагнитного расцепителя автоматического выключателя. Основные уравнения.</li></ol>
---	--

	<p>Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?</p> <p>5.Опишите процесс создания и особенности настройки модели механической системы. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?</p> <p>6.Опишите процесс создания и особенности настройки тепловой модели аппарата-прототипа. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?</p>
--	---

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

### Для курсового проекта/работы

#### 1 семестр

#### *I. Описание КП/КР*

Курсовой проект направлен на изучение конструкции аппарата-прототипа. Студенту выдаётся индивидуальное задание в виде реального образца низковольтного электрического аппарата — автоматический выключатель или контактор. Задача в изучении конструктивных особенностей всех подсистема электрического аппарата, а также экспериментальное определение их характеристик.

#### *II. Примеры задания и темы работы*

##### Пример задания

1. Определение параметров контактно – дугогасительной системы 1.1 Выполнение чертежа (эскиза) токоведущих частей контактно – дугогасительной системы с

определением геометрических размеров сечение, длин каждого участка токоведущего контура.

1.2 Определение силы контактного нажатия в начальном и конечном положении. Оценка удельной величины силы на контакты в начальном и конечном положении Н/А.

1.3 Определение раствора контактов, провала контактов.

1.4 Определение параметров контактных пружин: диаметр проволоки, жёсткость, количество витков, начальное нажатие и длина пружин в начальном положении. Определение усилий в контактах  $R_{нач}$ . Расчёт конечного усилия по величине провала и вычисленной жёсткости  $R_{кон}$ . фиксировать величину зазора в магнитной цепи электромагнита в момент касания контактов (для контакторов).

1.5 Определение переходного контактного сопротивления в соответствии с рекомендациями ГОСТ 17441 п. 2.6.2.

1.6 Определение плотности тока в подвижных и неподвижных частях контактного узла, в гибкой связи подвижного контакта и в гибкой связи теплового расцепителя. (по возможности)

1.7 Определить усилие на рейке расцепителя во взведённом положении последней, вызывающего освобождение защёлки автоматического выключателя. Определить усилие противодействующей пружины магнитного расцепителя в начальном и конечном положениях, зафиксировать величину зазора, соответствующего этим положениям. Определить соотношения плеч в якоре магнитного расцепителя к рейке защёлки. Определить эти же параметры для теплового расцепителя.

1.8 Построение противодействующей характеристики в контактах  $R_{нач}$ .  $R_{кон}$ , провал в контактах, раствор, приведённой к зазору в электромагните (для контактора) и магнитного расцепителя (для автоматического выключателя).

1.9 Построение контактно токоведущей системы в 3D с учётом реальных размеров и контактных усилий.

2. Электромагнит. Выполнить следующие операции:

- определить тип магнитной цепи, геометрические параметры магнитной цепи, начальный зазор магнитной цепи, фиксировать величину зазора в магнитной цепи в момент касания контактов, соотношение площадей охваченной короткозамкнутым витком и свободной, размеры и материал короткозамкнутого витка; - параметры возвратных пружин: диаметр пружины, диаметр проволоки, количество витков, жёсткость, величину начального и конечного усилия, создаваемого возвратной пружиной, длина пружин в начальном положении.

- Построение противодействующей характеристики для электромагнита контактора.

3. Электромагнитный расцепитель. Определить:

-параметры магнитной цепи, тип магнитной цепи;

-усилие возвратной пружины в начальном и конечном положениях; размеры рычага якоря, начальный и конечный зазор магнитной системы;

усилия на срабатывание расцепителя  $R_{нач}$  в начальном положении якоря с пересчётом на усилие для магнитного и теплового расцепителей. В случае невозможности измерения на рейке защёлки выполнить измерения по отдельности для рейки и магнитного расцепителя, при этом фиксировать величины зазора и соответствующее ему усилия противодействующих сил в магнитной системе при касании рычага якоря рамки расцепителя.

Экспериментально определить ток (ампервитки) срабатывания магнитного расцепителя и время срабатывания. Выполнить построение противодействующей характеристики для магнитного расцепителя.

2. Проведение испытаний динамики аппарата на срабатывание и отпускание (контактор) с током нагрузки с осциллографированием переходных процессов в цепи катушки и в силовой цепи.

3. Проведение испытаний автоматического выключателя на отключение токов короткого замыкания с осциллографированием процессов отключения. По осциллограммам определить величину тока, при котором происходит отброс контактов. Определить величину тока смыкания контактов при спаде тока к.з. и минимальное время срабатывания механизма свободного расцепления. Расчётным путём определить величину отброса контактов. Провести оценку начала перемещения опорных точек дуги.

4. Провести экспериментальное исследование динамики электромагнитного привода контактора с осциллографированием переходных процессов в катушке электромагнита, с определением токов включения и удержания, средней скорости перемещения подвижных контактов при включении и отключении.

Определение параметров дугогасительной системы: выполнить эскиз дугогасительной системы в соответствии с её геометрическими размерами, определить объём дугогасительной камеры, количество пластин решётки, её размеры, расстояние между пластинами, толщину и геометрию пластин, объём камеры, площади пластин.

### **Тематика КП/КР:**

Проектирование силовоточного коммутационного аппарата. Изучение конструкции и экспериментальное определение характеристик аппарата-прототипа.

### **КМ-1. Выполнения 1-го раздела: «Измерение параметров контактно-токоведущей системы и её графическое представление»**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

### **КМ-2. Выполнение 2-го раздела: «Исследование динамических параметров аппарата-прототипа»**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

### **КМ-3. Выполнение 3-го раздела: «Построение нагрузочных характеристик аппарата-прототипа»**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

### **КМ-4. Выполнение 4-го раздела: «Получение расчётным путём тяговой характеристики электромагнита контактора или магнитного расцепителя автоматического выключателя»**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

## 2 семестр

### *I. Описание КП/КР*

Курсовой проект моделировании ранее экспериментально исследованного аппарата-прототипа. Задача в создании математических моделей всех подсистем электрического аппарата-прототипа и сравнение с экспериментальными значениями, полученными в первой части курсового проекта. В итоге учащемуся необходимо сформулировать обоснованные предложения по улучшению конструкции аппарата-прототипа.

### *II. Примеры задания и темы работы*

#### Пример задания

1. Определить параметры токоведущего контура при следующих условиях:  
- ток номинальный для данного типоразмера аппарата, температура перегрева токоведущих частей 650С (температура окружающей среды 400С), температура перегрева контактов по отношению к температуре токоведущих шин (1- 2)0С. Материал контактов металлокерамика на основе серебро – окись кадмия (Ag CdO 85/15). Расчёты выполнить по известным формулам из курсов «Электрические контакты» и «Основы теории электрических аппаратов».
2. Определить контактное усилие, обеспечивающее необходимую величину переходного контактного сопротивления, сравнить с результатами эксперимента, и температуру перегрева (1-2)0С по отношению к температуре токоведущих шин.
3. По современной методике с применением МКЭ в программе Comsol Multiphysic определить перепад температуры в контактах до выходных клемм при отсутствии корпуса.
4. Повторить расчёты при наличии корпуса. Построить картину распределения температуры и вихревых потоков в корпусе. При необходимости выполнить корректировку геометрических размеров тепловых каналов, обеспечивающих требуемый перепад температур.
5. Оценить напряжённость собственного магнитного поля, создаваемого токоведущим контуром в точке контактирования. Построить зависимость силы Лоренца от тока отключения.
6. Определить величины электродинамических сил в контактах в режиме к.з. и электромагнитных сил, создаваемых напряжённостью собственного магнитного поля токоведущего контура. Построить зависимость суммарной силы, действующей на подвижной контакт, при изменении токов короткого замыкания
7. Сравнить расчётные значения токов при отбросе контактов и их последующего смыкания, с величинами токов, полученными в эксперименте.
8. Расчётным путём подобрать значение тока, соответствующего предельной величине перегрева на выходных клеммах 650С.
9. Оценить нагрев контактов в режиме редких коммутаций (для контакторов) и в режиме к.з. для автоматических выключателей.
10. Провести проверку контактов на свариваемость (для контакторов).
11. Провести сравнение полученных расчётных параметров с параметрами аппарата – прототипа. Сделать выводы.

#### III. Расчёт параметров электромагнита контактора

Известно: геометрические параметры магнитной системы, выполненные в части I пп.2; токи включения и удержания в катушке электромагнита, полученные в части I пп.4. Расчётным путём с применением программного обеспечения Matlab построить зависимость тяговой характеристики электромагнита. Оценить ожидаемый уровень пульсации электромагнитной силы в конечном положении. Провести сравнение

расчётной тяговой характеристики электромагнита с построенной ранее характеристикой противодействующих сил.

#### IV. Расчёт параметров магнитного расцепителя

По известным параметрам магнитного расцепителя с применением программного обеспечения Matlab построить зависимость тяговой характеристики электромагнита. Определить ток (ампер – витки) срабатывания расцепителя, сравнить с результатами эксперимента.

#### V. Расчёт параметров систем дугогашения

1. Для контакторов с дугогасительной системой типа «дугогасительная решётка» применить методику п.1. и п.2, изложенную в методическом пособии И.С.Таева в полном объёме для переменного тока. оценить ожидаемое время гашения. Для постоянного тока использовать камеру типа «узкая» щель.
2. Для контакторов с дугогасительной системой в виде «магнитной скобы», использовать лекционный материал курса «Проектирование ..
3. Расчёт параметров дугогасительной системы автоматических выключателей по упрощённой методике, излагаемой в лекционном материале курса.
  - 3.1 Провести оценку параметров дугогасительной системы применив методику, учитывающую реальные значения восстанавливающейся прочности контактного промежутка, полученные из каталожных данных аппарата – прототипа.
  - 3.2 Провести оценку давления в дугогасительной камере, зная её объём, ток отключения и длительность процесса отключения.
  - 3.3 Сопоставить полученные результаты по всем показателям с образцом – прототипом. Сделать выводы.

### Тематика КП/КР:

Проектирование силовоточного коммутационного аппарата. Расчёт параметров проектируемого аппарата.

### КМ-1. Выполнение 5-го раздела: «Расчёт параметров контактно-токоведущей системы»

#### Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

### КМ-2. Выполнение 6-го раздела: «Определение параметров дугогасительной системы»

#### Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

### **КМ-3. Выполнение 7-го раздела: «Выполнение тепловых расчётов токоведущих систем в статическом и динамическом режимах»**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

### **КМ-4. Выполнение 8-го раздела: «Расчёт динамических параметров аппарата прототипа с применением программного средства EasyMag 3D»**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели



*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Условие гашения дуги на переменном токе. Влияние характера нагрузки на эффективность дугогашения. Чем объясняется вероятность гашения дуги после второго или третьего перехода тока через нуль?
2. Требования к организации пути перемещения опорных точек дуги от места их возникновения до входа в дугогасительную систему для токоограничивающих автоматических выключателей. В чём особенность перемещения катодных и анодных опорных точек?
3. Напряжение источника постоянного тока  $U_{\text{ном}} = 220$  В, сопротивление цепи нагрузки 1,7 Ом. Выбрать аппроксимацию вольт-амперной характеристики и определить критическую длину, соответствующую условию гашения дуги, а так же критический ток самоугасания и напряжение дуги, соответствующее этому моменту.

### Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме. Студенту выдается билет состоящий из двух теоретических вопросов и задачи. Время на подготовку к ответу 1 час.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Анализирует надежность электротехнических объектов на стадии проектирования

### Вопросы, задания

1. В каких случаях газодинамические процессы при вхождении дуги в решётку играют определяющую роль? Требования к геометрическим размерам параметров решётки, обеспечивающих эффективное гашение дуги.
2. Тепловое реле. Назначение, принцип действия. Материалы, применяемые в качестве термопассивного и термоактивного слоёв биметалла. Способы нагрева биметалла и его связь с величиной номинального тока. В чём трудности реализации теплового реле на малые токи (1А и менее)?
3. Размыкание контактов с током нагрузки. Жидкометаллический мостик. Явление направленного переноса материала с катода на анод при однородных контактных материалах. Особенность эрозии контактов из металлокерамических и мономатериалов.
4. Особенность движения опорных точек дуги на различных материалах (проводящих и ферромагнитных) в начальной фазе размыкания дуги. Критерии начала движения. Особенность перемещения анодных и катодных опорных точек дуги и проявление этой особенности на процесс гашения дуги в режиме редких коммутаций.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чему равна индукция насыщения трансформаторного железа:  
Ответы:

- а.  $B_s = 3 \text{ Тл}$ ;
- б.  $B_s = 1,8 \text{ Тл}$ ;
- в.  $B_s = 1 \text{ Тл}$ .

Верный ответ: б.  $B_s = 1,8 \text{ Тл}$ ;

2. Чему равна постоянная времени затухания при возникновении переходного процесса тока короткого замыкания на низком напряжении:

Ответы:

- а.  $\tau = 45 \text{ мс}$ ;
- б.  $\tau = 10 \text{ мс}$ ;
- в.  $\tau = 15 \text{ мс}$ .

Верный ответ: б.  $\tau = 10 \text{ мс}$ ;

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Формулирует критерии оптимальности при выборе известных технических решений и проектировании новых электротехнических объектов

### Вопросы, задания

1. Условие гашения дуги на переменном токе. Влияние характера нагрузки на эффективность дугогашения. Чем объясняется вероятность гашения дуги после второго или третьего перехода тока через нуль?
2. Типы дугогасительных устройств на постоянном и переменном токе. Основная задача, решаемая в каждом из них по своему, но приводящая к гашению дуги. Конструктивные особенности различных типов дугогасительных устройств и области их использования.
3. Гашение дуги постоянного тока. Понятие «критические токи». В чём сложность разработки коммутатора на область критических токов? Явление «самоугасания» дуги после преодоления критической точки при критической длине дуги.
4. Физика механизма гашения дуги в дугогасительном устройстве типа «ферромагнитная скоба». Основные факторы, участвующие в механизме гашения, противоречивость их действия на процессе дугогашения и степень их влияния.
5. Собственное магнитное поле токоведущего контура, факторы, влияющие на его величину и организацию, его роль в динамике развития коммутационного процесса.
6. Явление отброса контактов в режиме короткого замыкания. Факторы, приводящие к «зависанию» контактов после первоначального отброса. Расчёт величины ожидаемого отброса контактов. В каких конструкциях автоматических выключателей это явление используется?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Условие гашение дуги постоянного тока:

Ответы:

- а.  $L \frac{di}{dt} < 0$ ;
- б.  $L \frac{di}{dt} > 0$ ;
- в.  $L \frac{di}{dt} = 0$ .

Верный ответ: а.  $L \frac{di}{dt} < 0$ ;

2. Условие гашение дуги переменного тока:

Ответы:

- а.  $U_{\text{вос пр}} < U_{\text{вос нр}}$ ;
- б.  $U_{\text{вос пр}} > U_{\text{вос нр}}$ ;
- в.  $U_{\text{вос пр}} = U_{\text{вос нр}}$ .

Верный ответ: б.  $U_{\text{вос пр}} > U_{\text{вос нр}}$ ;

3. Катодное напряжение дуги постоянного тока:

Ответы:

- а.  $U_k = 20 \text{ В}$ ;
- б.  $U_k = 11 \text{ В}$ ;
- в.  $U_k = 15 \text{ В}$ .

Верный ответ: б.  $U_k = 11В$ ;

4.Что означает аббревиатура ВАХ?

Ответы:

- а. статическая характеристика дуги;
- б . реостатная характеристика цепи;
- в. восстанавливающаяся прочность промежутка.

Верный ответ: а. статическая характеристика дуги;

5.Чему равно напряжение на металлокерамических контактах на основе серебра с номинальным током нагрузки?

Ответы:

- а.  $U_k = 0,1В$ ;
- б.  $U_k = 0,2В$ ;
- в.  $U_k = 0,009В$ .

Верный ответ: в.  $U_k = 0,009В$ .

6.Чему равен рабочий зазор в прямоходовом электромагните, если провал 2мм, раствор 5мм:

Ответы:

- а.  $\beta = 5мм$ ;
- б.  $\beta = 3мм$ ;
- в.  $\beta = 10мм$ .

Верный ответ: а.  $\beta = 5мм$ ;

7.Почему при включении на короткое замыкание может возникнуть отброс контактов?

Ответы:

- а. из за возникновения сил Лоренца;
- б. из за возникновения сил сужения в контактах;
- в. из за возникновения сил Меккера.

Верный ответ: б. из за возникновения сил сужения в контактах;

8.Почему при включении трансформатора модульным автоматическим выключателем практически всегда происходит его отключение?:

Ответы:

- а. из за недостаточности уставки характеристики С;
- б. из за броска тока при включении индуктивной нагрузки;
- в. следует использовать характеристику D.

Верный ответ: б. из за броска тока при включении индуктивной нагрузки;

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».)

#### **2 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

#### **Пример билета**

1. Дугогасительная решётка, условия вхождения дуги в решётку и образования новых опорных точек дуги при вхождении. Расстояние между пластинами решётки, толщина пластин и предельный ток отключения – качественная взаимосвязь.
2. Восстанавливающаяся прочность и факторы, оказывающие влияние на неё. Процессы вблизи нового катода после перехода тока через нуль. Критические токи и критические размеры опорных точек дуги, влияние материала контактов.
3. Дано: напряжение источника постоянного тока  $U_{ном} = 220В$ , сопротивление цепи нагрузки  $0,7 Ом$ . Выбрать аппроксимацию вольт - амперной характеристики и определить критическую длину, соответствующую условию гашения дуги, а так же критический ток самоугасания и напряжение дуги, соответствующее этому моменту.

#### **Процедура проведения**

Экзамен проводится в устной форме. Студенту выдается билет состоящий из двух теоретических вопросов и задачи. Время на подготовку к ответу 1 час.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Анализирует надежность электротехнических объектов на стадии проектирования

#### **Вопросы, задания**

1. Требования к организации пути перемещения дуги при входе в дугогасительную систему для токоограничивающих автоматических выключателей. В чём особенность перемещения катодных и анодных опорных точек?

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

1. *От чего зависят восстанавливающаяся прочность и восстанавливающееся напряжение?*

Ответы:

- а) восстанавливающаяся прочность – от напряжения источника; восстанавливающееся напряжение – от электродинамических сил, приложенных к подвижному контакту
- б) восстанавливающаяся прочность – от электродинамических сил, приложенных к подвижному контакту; восстанавливающееся напряжение – от напряжения источника
- в) восстанавливающаяся прочность – от параметров коммутируемой цепи;

восстанавливаемое напряжение – от параметров дугогасительных устройств и свойств межконтактного промежутка

г) восстанавливаемая прочность – от параметров дугогасительных устройств и свойств межконтактного промежутка;

восстанавливаемое напряжение – от параметров коммутируемой цепи

Верный ответ: г) восстанавливаемая прочность – от параметров дугогасительных устройств и свойств межконтактного промежутка; восстанавливаемое напряжение – от параметров коммутируемой цепи

2. Каковы особенности процесса восстановления напряжения при отключении не удаленного короткого замыкания (источник синусоидального тока)?

Ответы:

а) нет никаких особенностей

б) учитывается отраженная волна; восстанавливаемое напряжение постоянно, что сводит задачу гашения дуги к аналогичной на постоянном токе

в) учитывается отраженная волна; восстанавливаемое напряжение имеет пилообразную форму с высокой крутизной, что усложняет гашение дуги

г) учитывается отраженная волна; восстанавливаемое напряжение имеет пилообразную форму с низкой крутизной, что облегчает гашение дуги

Верный ответ: в) учитывается отраженная волна; восстанавливаемое напряжение имеет пилообразную форму с высокой крутизной, что усложняет гашение дуги

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Формулирует критерии оптимальности при выборе известных технических решений и проектировании новых электротехнических объектов

### Вопросы, задания

1. Чем объясняется высокая эрозионная дугостойкость контактов из металлокерамических материалов в сравнении с мономатериалами. Особенность перемещения опорных точек дуги по металлокерамическим материалам и мономатериалам под действием внешнего магнитного поля.

2. Особенность процесса гашения дуги при одномоментном и соответственно при последовательном вхождении дуги в дугогасительную решётку на постоянном токе. Сравнить эффективность действия процессов на динамику дугогашения.

3. Способы организации системы магнитного дутья в контакторах постоянного тока. Достоинства и недостатки каждого. Критерии выбора напряжённости внешнего магнитного поля.

4. Условие гашения дуги на переменном токе. Восстанавливаемая прочность контактного промежутка и факторы, влияющие на неё. Почему в категории применения АС1 и АС3 номинальные рабочие токи для одного и того же контактора  $I_{ном} = 40А$  разные?

5. Дугогасительное устройство типа ферромагнитная «скоба». Физика механизма гашения дуги, Факторы, влияющие на процесс дугогашения. Их противоречивость, область возможного применения по току, достоинства и недостатки дугогасительного устройства.

6. Время задержки выхода дуги из контактного промежутка, факторы, влияющие на него. Влияние конфигурации пути перемещения опорных точек на вход в дугогасительное устройство. Особенность перемещения опорных точек дуги по контактам.

7. Определение величины контактного нажатия/давления в дугогасительной камере в процессе дугогашения в контакторах с учётом работы при коммутации токов в режиме редких коммутаций, для предотвращения возможного сваривания контактов. и автоматических выключателях и факторы, определяющие его. В чём сложность его определения?

8. Особенность перемещения катодных и анодных опорных точек дуги. В каких случаях это может приводить к аварийным ситуациям? Конструктивные особенности контактных систем, учитывающие эти особенности. Роль полярности подключения на возникновение отказов в режиме редких коммутаций на постоянном токе.

9. Способы борьбы с явлением отброса контактов при возникновении токов короткого замыкания? Физика его возникновения. В каких случаях явление отброса контактов при возникновении токов короткого замыкания может использоваться?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. *Что такое коммутация электрических цепей?*

Ответы:

- а) Изменение соединений в электрических цепях (включение, отключение и переключение их отдельных частей), выполняемое при помощи специальной аппаратуры
- б) режим, возникающий в электрической цепи при переходе от одного стационарного состояния к другому
- в) электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, непредусмотренное конструкцией устройства и нарушающего нормальную работу
- г) величина, характеризующая противодействие электрической цепи электрическому току

Верный ответ: а) Изменение соединений в электрических цепях (включение, отключение и переключение их отдельных частей), выполняемое при помощи специальной аппаратуры

2. *В цепях с каким родом тока проще погасить электрическую дугу?*

Ответы:

- а) постоянного тока
- б) переменного тока
- в) гашение дуги не зависит от рода тока
- г) электрическую дугу не нужно гасить

Верный ответ: б) переменного тока

3. *Выберите условие успешного гашения дуги на постоянном токе.*

Ответы:

- а) температура дуги должна линейно уменьшаться
- б) индукция магнитного поля, создаваемого дугой, должна быть больше индукции магнитного поля, создаваемого источником
- в) давление дуги равно атмосферному давлению
- г) вольтамперная характеристика дуги лежит выше реостатной характеристики коммутируемой цепи

Верный ответ: г) вольтамперная характеристика дуги лежит выше реостатной характеристики коммутируемой цепи

4. *Что такое восстанавливающаяся прочность?*

Ответы:

- а) способность подвижного контакта сопротивляться электродинамическим усилиям в процессе размыкания
- б) способность подвижного контакта сопротивляться электродинамическим усилиям в процессе замыкания
- в) нарастающая электрическая прочность межконтактного промежутка в процессе отключения цепи
- г) тепловая прочность материала контактов в течение горения дуги

Верный ответ: в) нарастающая электрическая прочность межконтактного промежутка в процессе отключения цепи

5. *Что такое восстанавливающееся напряжение?*

Ответы:

- а) напряжение на коммутирующем элементе аппарата, нарастающее в процессе отключения цепи
- б) напряжение на источнике после коммутации цепи
- в) напряжение на нагрузке после коммутации цепи
- г) минимальное напряжение, которое должно быть приложено к коммутирующему элементу аппарата, чтобы он начал проводить ток

Верный ответ: а) напряжение на коммутирующем элементе аппарата, нарастающее в процессе отключения цепи

6. *Выберите условие успешного гашения дуги на переменном токе.*

Ответы:

- а) дуга гаснет самостоятельно после перехода тока через нулевое значение
- б) вольтамперная характеристика дуги лежит выше реостатной характеристики коммутируемой цепи
- в) за переходом тока через нулевое значение кривая восстанавливающейся прочности межконтактного промежутка аппарата будет лежать выше кривой переходного восстанавливающегося напряжения на этом промежутке
- г) индукция магнитного поля, создаваемого дугой, должна быть больше индукции магнитного поля, создаваемого источником

Верный ответ: в) за переходом тока через нулевое значение кривая восстанавливающейся прочности межконтактного промежутка аппарата будет лежать выше кривой переходного восстанавливающегося напряжения на этом промежутке

7. *Основной причиной возникновения электрической дуги при коммутации электрических аппаратов является:*

Ответы:

- а) трансформация электромагнитной энергии, запасенной в электрической цепи в энергию, рассеиваемую в виде тепла (в значительной степени)
- б) наличие свободных заряженных частиц, находящихся на контактах
- в) изменение во времени магнитного поля в межконтактном зазоре, индуцирующего ЭДС между контактами
- г) созданное источником электрическое поле

Верный ответ: а) трансформация электромагнитной энергии, запасенной в электрической цепи в энергию, рассеиваемую в виде тепла (в значительной степени)

8. *Что такое срез тока?*

Ответы:

- а) явление спада тока с очень большой скоростью до естественного перехода тока через нуль
- б) мгновенное отключение цепи в случае возникновения короткого замыкания
- в) явление резких процессов уменьшения тока нагрузки и увеличения тока дуги
- г) подключение параллельно к контактам резистора (шунта)

Верный ответ: а) явление спада тока с очень большой скоростью до естественного перехода тока через нуль

9. *К каким последствиям приводит срез тока?*

Ответы:

- а) помогает погасить дугу
- б) ток дуги резко увеличивается
- в) устраняет аварийный режим в цепи
- г) приводит к опасным перенапряжениям, и дуга может загореться вновь



Верный ответ: г) приводит к опасным перенапряжениям, и дуга может загореться вновь

10. *Что такое автоэлектронная эмиссия катода?*

Ответы:

- а) испускание электронов нагретым катодом
- б) испускание электронов катодом под действием падающего на его поверхность излучения
- в) испускание электронов катодом при его бомбардировке ионами дуговой плазмы
- г) испускание электронов катодом под действием внешнего электрического поля без предварительного возбуждения этих электронов (без дополнительных затрат энергии)

Верный ответ: г) испускание электронов катодом под действием внешнего электрического поля без предварительного возбуждения этих электронов (без дополнительных затрат энергии)

11. *Что такое магнитное дутье?*

Ответы:

- а) метод гашения дуги, при котором пластины дугогасительной решетки состоят из постоянных магнитов
- б) отклонение дуги от оси в результате действия магнитных полей
- в) влияние электромагнитного расцепителя аппарата на дугу
- г) возникновение магнитного поля в столбе дуги

Верный ответ: б) отклонение дуги от оси в результате действия магнитных полей

12. *К каким последствиям приводит магнитное дутье?*

Ответы:

- а) дуга становится толще, что затрудняет ее гашение
- б) дуга растягивается, попадает в дугогасительное устройство, где впоследствии охлаждается и гаснет
- в) в дуге возникает ЭДС самоиндукции, что приводит к опасным перенапряжениям
- г) возникают вихревые токи в контактах за счет магнитного поля дуги

Верный ответ: б) дуга растягивается, попадает в дугогасительное устройство, где впоследствии охлаждается и гаснет

13. *Как влияет увеличение числа разрывов в дугогасительной решетке на восстанавливающую прочность?*

Ответы:

- а) не влияет
- б) уменьшается
- в) увеличивается
- г) вначале увеличивается, а затем уменьшается (критическое число разрывов), поскольку увеличивается количество металлических пластин, каждая из которых ионизируется и за счет этого поддерживает горение дуги

Верный ответ: в) увеличивается

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-2 Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов

### Вопросы, задания

1. Опишите процесс создания и особенности настройки модели контактной системы автоматического выключателя. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведенных экспериментальных исследований при создании модели?

2. Опишите процесс создания и особенности настройки модели электромагнита контактора постоянного тока. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и

результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?

3.Опишите процесс создания и особенности настройки модели электромагнита контактора переменного тока. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?

4.Опишите процесс создания и особенности настройки модели электромагнитного расцепителя автоматического выключателя. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?

5.Опишите процесс создания и особенности настройки модели электромагнитного расцепителя автоматического выключателя. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?

6.Опишите процесс создания и особенности настройки тепловой модели аппарата-прототипа. Основные уравнения. Допущения. Исходные данные и результат моделирования. Как используются данные проведённых экспериментальных исследований при создании модели?

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

1.Перечислите основные шаги создания модели контактной системы аппарата.

Ответы:

- а) Задание геометрии, граничных условий,
- б) Задание геометрии, настройка решателя
- в) Задание геометрии, свойств материалов, настройка решателя
- г) Задание геометрии, граничных условий, свойств материалов, построение сетки, настройка решателя

Верный ответ: г) Задание геометрии, граничных условий, свойств материалов, построение сетки, настройка решателя

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».)

**Для курсового проекта/работы:**

**1 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Студент кратко, в течение пяти минут, рассказывает о цели выполнения работы, поясняет сделанные расчеты, демонстрирует выполненную конструкторскую документацию. Студенту выдается три вопроса по выполненной работе и отводится десять минут на ответ.

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».)

**2 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Студент кратко, в течение пяти минут, рассказывает о цели выполнения работы, поясняет сделанные расчеты, демонстрирует выполненную конструкторскую документацию. Студенту выдается три вопроса по выполненной работе и отводится десять минут на ответ.

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена верно или с несущественными недостатками

*Оценка: не зачтено*

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

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».)