

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Миним Шараевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 02.06.2026 12:31:55

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119dbaa9dc22856b21db52dbc07971a868865a3825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГРОЗНЕНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Д.МИЛЛИОНЩИКОВА»**

кафедра «Электротехника и электропривод»

УТВЕРЖДЕН
на заседании кафедры
« 30 » 05 2026 г., протокол № 9
Заведующий кафедрой
Р. А-М. Магомадов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки

«Электропривод и автоматика»

Квалификация

Бакалавр

Составитель



А.М.Бетерсултанов

Грозный – 2026

ПАСПОРТ
ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
Электрические и электронные аппараты
(наименование дисциплины)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции и индикаторы их достижения	Наименование оценочного средства
1.	Электрические аппараты Классификация ЭА	ПК-3 ПК-3.1 ПК-5 ПК-5.2	<i>Контрольная работа, собеседование</i>
2.	Основные физические явления и процессы в электрических аппаратах		Собеседование
3.	Основные материалы, применяемые в аппаратостроении		Собеседование, <i>контрольная работа</i>
4.	Электромагнитные явления в электрических аппаратах		Контрольная работа
5.	Основные электрохимические процессы		Собеседование
6.	Определение, назначение, принцип работы и устройство контактора постоянного тока		Контрольная работа
7.	Определение, назначение, принцип работы и устройство электромагнитного реле		Контрольная работа
8.	Определение, назначение, принцип работы и устройство МУ		Собеседование
9.	Определение, назначение, принцип работы и устройство автоматического выключателя, контроллера		Контрольная работа
10	Устройство и принцип работы электрического предохранителя		Контрольная работа, собеседование
11	Тиристор как элемент автоматики, его работа на постоянном и переменном		Контрольная работа
12	Силовые электронные аппараты		Собеседование
13	Модули силовых электронных ключей		Собеседование
14	Теплоотвод в силовых электронных приборах		Собеседование, <i>контрольная работа</i>

ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	<i>Собеседование</i>	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	<i>Контрольная работа</i>	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу учебной дисциплины.	Комплект контрольных заданий по вариантам

ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ)

Раздел Электрические аппараты. Классификация ЭА.

1. Электрические аппараты (ЭА).
2. Классификация ЭА.
3. Требования, предъявляемые к электрическим аппаратам.

Раздел Основные физические явления и процессы в электрических аппаратах

1. Тепловые процессы в электрических аппаратах.
2. Источники теплоты в электрических аппаратах.
3. Анализ способов распространения теплоты в электрических аппаратах.
4. Задачи теплового расчёта электрических аппаратов.
5. Режимы работы электрических аппаратов.
6. Продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный и перемежающийся режимы работы электрических аппаратов.
7. Термическая стойкость электрических аппаратов.
8. Контактные явления в электрических аппаратах.
9. Классификация электрических контактов.
10. Контактная поверхность и контактное сопротивление.
11. Зависимость переходного сопротивления от свойств материала контактов.
12. Влияние переходного сопротивления контактов на нагрев проводников.
13. Сваривание электрических контактов.
14. Износ контактов.
15. Параметры контактных конструкций.

Раздел Основные материалы, применяемые в аппаратостроении

1. Общие сведения о материалах.
2. Материалы для контактных соединений.
3. Медь.
4. Серебро.
5. Алюминий.
6. Вольфрам.
7. Платина, золото, молибден.
8. Металлокерамические материалы.

Раздел Электромагнитные явления в электрических аппаратах

1. Источники и распространение электромагнитного поля.
2. Силовые взаимодействия в электромагнитном поле.
3. Намагничивание и магнитные материалы.

Раздел Основные электромеханические процессы

1. Коммутация электрической цепи.
2. Отключение электрической цепи контактными аппаратами.

3. Электрическая дуга.
4. Термоэлектронная эмиссия.
5. Автоэлектронная эмиссия.
6. Ионизация толчком.
7. Термическая ионизация.
8. Рекомбинация.
9. Диффузия.
10. Статическая вольт-амперная характеристика электрической дуги постоянного тока.
11. Динамическая вольтамперная характеристика электрической дуги постоянного тока.
12. Условия гашения дуги постоянного тока.
13. Способы воздействия на электрическую дугу в коммутационных аппаратах.
14. Электрическая дуга в магнитном поле.
15. Особенности электрической дуги переменного тока.

Раздел Определение, назначение, принцип работы и устройство контактора постоянного тока

1. Контакторы постоянного тока.
2. Контактная система.
3. Материалы контактов, раствор и провал контактов.
4. Гашение электрической дуги, устройства для создания магнитного дутья, силы, перемещающие дугу в дугогасительную камеру.
5. Электромагнитная система.
6. Особенности устройства и работы контактора переменного тока.
7. Устройство магнитного пускателя.

Раздел Определение, назначение, принцип работы и устройство электромагнитного реле

1. Ускорение и замедление срабатывания и отпущения электромагнита постоянного тока.
2. Автоматический воздушный выключатель (автомат).
3. Электронные реле времени.
4. Реле с механическим замедлением.
5. Реле времени.
6. Отличие электромагнита постоянного тока от электромагнита переменного тока, назначение и принцип работы короткозамкнутого витка.
7. Герконовое и поляризованное реле, устройство и принцип работы.
8. Гашение электрической дуги в автомате.

Раздел Определение, назначение, принцип работы и устройство МУ

1. Характеристики МУ, коэффициенты усиления МУС.
2. Статические параметры.
3. Динамические параметры.
4. Магнитный усилитель с самоподмагничиванием (МУС).

Раздел Определение, назначение, принцип работы и устройство автоматического выключателя, контроллера

1. Автоматические выключатели, контроллеры.
2. Преимущества и недостатки разных типов контроллеров.
3. Примеры применения контроллеров в электроприводе.
4. Кнопки управления.
5. Командоконтроллеры.
6. Путьевые, конечные выключатели и микровыключатели.

Раздел Устройство и принцип работы электрического предохранителя

1. Предохранители с гашением дуги в закрытом объеме.
2. Предохранители с мелкозернистым наполнителем.
3. Предохранители для защиты полупроводниковых приборов..

Раздел Тиристор как элемент автоматики, его работа на постоянном и переменном токе

1. Тиристор как релейный элемент.
2. Тиристор как регулирующий элемент.
3. Тиристор в цепи постоянного тока.
4. Тиристор в цепи переменного тока.

Раздел Силовые электронные аппараты

1. Статические и динамические режимы работы ключей.
2. Область безопасной работы и защита ключей.
3. Силовые диоды.
4. Электронно-дырочный переход.
5. Защита силовых диодов.
6. Основные типы силовых диодов.
7. Быстровосстанавливающиеся диоды.
8. Диоды Шоттки.
9. Силовые транзисторы.
10. Основные классы силовых транзисторов
11. Биполярные транзисторы.
12. MOSFET-транзисторы.
13. SIT-транзисторы.
14. IGBT-транзисторы.
15. Обеспечение безопасной работы транзисторов

Раздел Модули силовых электронных ключей

1. Последовательное и параллельное соединение ключевых элементов.
2. Типовые схемы модулей ключей.
3. IGBT-МОДУЛИ.
4. «Интеллектуальные» силовые интегральные схемы.

Раздел Теплоотвод в силовых электронных приборах

1. Тепловые режимы работы силовых электронных ключей.
2. Охлаждение силовых электронных ключей.

В соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе оценки учебной деятельности студента ГГНТУ, распределение баллов по видам семестровых отчетностей осуществляется следующим образом:

Виды отчетностей		Баллы(max)		
<i>Оценка деятельности студента в процессе обучения (до 100 баллов)</i>	<i>Аттестации</i>	<i>1 атт</i>	<i>2 атт</i>	<i>Всего</i>
	Текущий контроль	15	15	30
	Рубежный контроль	20	20	40
	Самостоятельная работа	15		15
	Посещаемость	5	10	15
ИТОГО				100

Критерии оценки ответов на теоретические вопросы (текущий контроль):

- ✓ результат, содержащий полный правильный ответ, полностью– соответствующий требованиям критерия, – максимальное количество баллов;
- ✓ результат, содержащий неполный правильный ответ (степень полноты– ответа – более 60%) или ответ, содержащий незначительные неточности, т.е. ответ, имеющий незначительные отступления от требований критерия, – 75% от максимального количества баллов;
- ✓ результат, содержащий неполный правильный ответ (степень полноты– ответа – от 30 до 60%) или ответ, содержащий значительные неточности, т.е. ответ, имеющий значительные отступления от требований критерия – 40 % от максимального количества баллов;
- ✓ результат, содержащий неполный правильный ответ (степень полноты– ответа – менее 30%), неправильный ответ (ответ не по существу задания) или отсутствие ответа, т.е. ответ, не соответствующий полностью требованиям критерия, – 0 % от максимального количества баллов;

НАИМЕНОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ)

1. Исследование переходного сопротивления контактов
2. Исследование электродинамических сил между шинами
3. Исследование контакторов постоянного и переменного тока.
4. Устройство и монтаж реверсивного магнитного пускателя
5. Исследование электромагнитных контактных реле постоянного и переменного тока.
6. Изучение конструкций автоматических выключателей (автоматов).
7. Изучение конструкций предохранителей НН и ВН.
8. Изучение структуры и принципа действия тиристора. Изучение принципа работы и исследование характеристик однофазного регулируемого выпрямителя на тиристорах.

Критерии оценки знаний на защите лабораторной работы:

Каждая лабораторная работа оценивается отдельно и за нее можно получить максимум – 2 балла. Элементы оценивания представлены ниже:

- Выполнение лабораторной работы (подготовленность к выполнению, осознание цели работы, методов собирания схемы, проведение измерений и фиксирования их результатов, прилежание, самостоятельность выполнения, наличие и правильность оформления необходимых материалов для проведения работы – схема соединений, таблицы записей и т.п.);
- Оформление отчета по лабораторной работе (аккуратность оформления результатов измерений, правильность вычислений, правильность выполнения графиков, векторных диаграмм и др.);
- Правильность и самостоятельность выбора формул для расчетов при оформлении результатов работы;
- правильность построения графиков, умение объяснить их характер;
- ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе.

НАИМЕНОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ)

1. Исследование переходного сопротивления контактов
2. Исследование электродинамических сил между шинами
3. Исследование контакторов постоянного и переменного тока.
4. Устройство и монтаж реверсивного магнитного пускателя
5. Исследование электромагнитных контактных реле постоянного и переменного тока.
6. Изучение конструкций автоматических выключателей (автоматов).
7. Изучение конструкций предохранителей НН и ВН.
8. Изучение структуры и принципа действия тиристора. Изучение принципа работы и исследование характеристик однофазного регулируемого выпрямителя на тиристорах.
9. Расчет переходного сопротивления контактов электрических аппаратов
10. Расчет электродинамических сил между шинами
11. Выбор контакторов постоянного и переменного тока.
12. Подбор магнитного пускателя для различных схем
13. Расчет коэффициентов возврата различных реле
14. Выбор конструкций автоматических выключателей (автоматов).
15. Расчет и выбор предохранителей НН и ВН.
16. Определение типа электронного компонента тиристора, его параметры

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Классификация ЭА.
2. Требования, предъявляемые к электрическим аппаратам.
3. Тепловые процессы в электрических аппаратах.
4. Источники теплоты в электрических аппаратах.
5. Анализ способов распространения теплоты в электрических аппаратах.
6. Режимы работы электрических аппаратов.
7. Термическая стойкость электрических аппаратов.
8. Контактные явления в электрических аппаратах.
9. Классификация электрических контактов.
10. Контактная поверхность и контактное сопротивление.
11. Источники и распространение электромагнитного поля.
12. Силовые взаимодействия в электромагнитном поле.
13. Коммутация электрической цепи.
14. Электрическая дуга.
15. Условия гашения дуги постоянного тока.
16. Электрическая дуга в магнитном поле.
17. Особенности электрической дуги переменного тока.
18. Контактные аппараты постоянного тока.
19. Гашение электрической дуги, устройства для создания магнитного дутья, силы, перемещающие дугу в дугогасительную камеру.
20. Электромагнитная система.
21. Особенности устройства и работы контактора переменного тока.
22. Устройство магнитного пускателя.
23. Автоматический воздушный выключатель (автомат).
24. Электронные реле времени.
25. Реле с механическим замедлением.
26. Отличие электромагнита постоянного тока от электромагнита переменного тока, назначение и принцип работы короткозамкнутого витка.
27. Герконовое и поляризованное реле, устройство и принцип работы.
28. Гашение электрической дуги в автомате.
29. Характеристики МУ, коэффициенты усиления МУС .
30. Магнитный усилитель с самоподмагничиванием (МУС).
31. Барабанные контроллеры.
32. Кулачковые контроллеры.
33. Плоские контроллеры.
34. Преимущества и недостатки разных типов контроллеров.
35. Примеры применения контроллеров в электроприводе.
36. Кнопки управления.
37. Командоконтроллеры.
38. Путевые, конечные выключатели и микровыключатели.
39. Предохранители .
- 40. Предохранители для защиты полупроводниковых приборов.**
41. Принцип действия тиристора.
42. Запираемые тиристоры
43. Тиристор как релейный элемент.
44. Тиристор как регулирующий элемент.
45. Тиристор в цепи постоянного тока.
46. Тиристор в цепи переменного тока.
47. Защита тириستоров.
48. Тепловые режимы работы силовых электронных ключей.
49. Последовательное и параллельное соединение ключевых элементов.

50. Типовые схемы модулей ключей.
51. IGBT-МОДУЛИ.
52. «Интеллектуальные» силовые интегральные схемы.
53. Статические и динамические режимы работы ключей.
54. Область безопасной работы и защита ключей.
55. Силовые диоды.
56. Защита силовых диодов.
57. Основные типы силовых диодов.
58. Основные классы силовых транзисторов.
59. Биполярные транзисторы.
60. MOSFET-транзисторы.
61. SIT-транзисторы.
62. IGBT-транзисторы.

Критерии оценки выполнения письменной контрольной работы (рубежный контроль):

Критерии оценки ответов на теоретические вопросы:

- ✓ результат, содержащий полный правильный ответ, полностью– соответствующий требованиям критерия, – максимальное количество баллов;
- ✓ результат, содержащий неполный правильный ответ (степень полноты– ответа – более 60%) или ответ, содержащий незначительные неточности, т.е. ответ, имеющий незначительные отступления от требований критерия, – 75% от максимального количества баллов;
- ✓ результат, содержащий неполный правильный ответ (степень полноты– ответа – от 30 до 60%) или ответ, содержащий значительные неточности, т.е. ответ, имеющий значительные отступления от требований критерия – 40 % от максимального количества баллов;
- ✓ результат, содержащий неполный правильный ответ (степень полноты– ответа – менее 30%), неправильный ответ (ответ не по существу задания) или отсутствие ответа, т.е. ответ, не соответствующий полностью требованиям критерия, – 0 % от максимального количества баллов;

Баллы за теоретические вопросы выводятся как суммарный балл по заданным студенту вопросам, не считая количество «наводящих» и уточняющих вопросов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ

1) Цель работы: ознакомиться с конструкцией, работой и эксплуатационными особенностями магнитного пускателя.

2) Общие сведения: магнитный пускатель является распространенным пусковым аппаратом в электроустановках и предназначен преимущественно для дистанционного управления электродвигателем с короткозамкнутым ротором. Магнитный пускатель представляет собой комплексное устройство, состоящее из трехполюсного контактора переменного тока, двух тепловых реле (в некоторых типах пускателей они отсутствуют) и кнопок управления (пуск, стоп).

Существуют пускатели реверсивные и нереверсивные. Реверсивные пускатели имеют два контактора, механически заблокированных для исключения одновременного включения. К магнитным пускателям предъявляются высокие требования в отношении износоустойчивости, коммутационной способности, четкости срабатывания, надежной защиты двигателя от перегрузок, минимального потребления мощности.

Отметим следующие особенности работы магнитных пускателей. При включении асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором пусковой ток достигает 6-7 кратного значения номинального тока двигателя. При таких токах, даже незначительная вибрация контактов быстро выводит их из строя. С этой целью подвижные части и контакты магнитных пускателей делаются легче, уменьшают их скорость, увеличивают нажатие.

В настоящее время выпускаются десятки типов магнитных пускателей: ПМЕ, МПКО, ПП-100, ПА, ПМ и другие.

Пускатели серии ПА различаются:

1) По величинам (габаритам) I, II, III, IV, V, VI, предназначенные для различных диапазонов мощности управляемых двигателей;

- 2) По роду защиты от окружающей среды: открытые, защищенные и пылезащищенные;
- 3) По возможности реверсирования;
- 4) По наличию или отсутствию тепловой защиты;
- 5) По количеству и виду блок-контактов.

Конструкция магнитных пускателей серии ПА следующая. Магнитная система Ш-образного типа располагается на плече в 2,5-3 раза больше, чем плечо контактной системы. Этим достигается повышенное нажатие на контактах и малая скорость в момент их соприкосновения, что в сочетании с другими мероприятиями уменьшает вибрацию и повышает электрическую износостойчивость контактов. Сердечник амортизирован резиновым упором. Короткозамкнутый виток из алюминия запрессован в стержень сердечника. Контактная система мостового типа. Токопровод осуществляется с двух сторон (сверху - ввод, снизу - вывод). Имеются две пары блок-контактов.

Магнитные пускатели серии ПА выпускаются с тепловыми реле и без них. Используемые здесь реле типа ТРН представляют собой тепловые токовые двухполюсные термобиметаллические реле открытого исполнения. Они предназначены для защиты трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от перегрузок недопустимой продолжительности. На рис. I представлена конструкция теплового реле. Работа реле происходит следующим образом. Ток нагрузки, проходя через нагревательный элемент (спираль или пластину из нихрома) 1, нагревает биметаллическую пластину 2, которая состоит из двух пластин с различным коэффициентом линейного расширения α_1 и α_2 . В месте прилегания друг к другу пластины жестко скреплены. При нагреве пластины она изгибается в сторону материала с меньшим коэффициентом α и освобождает выступ тяги 5, которая под действием пружины 3 выталкивается вверх. Одновременно размыкаются контакты реле 4. чтобы вновь включить реле, необходимо подождать, пока не остынет биметаллическая пластина, и нажать кнопку возврата. Предел

регулирования номинального тока уставки в пределах от $0,7 I_N$ до $1,3 I_N$. Надежность и эффективность тепловой защиты достигается при совпадении временных характеристик по нагреву у реле и у двигателя. Биметаллическая пластина должна при данном токе перегрузки двигателя достигнуть температуры срабатывания за такое время, в течение которого двигатель может выдерживать данную перегрузку. Поэтому одной из основных характеристик теплового реле является время-токовая характеристика (рис. 2), выражающая зависимость времени срабатывания реле от тока, протекающего через него.

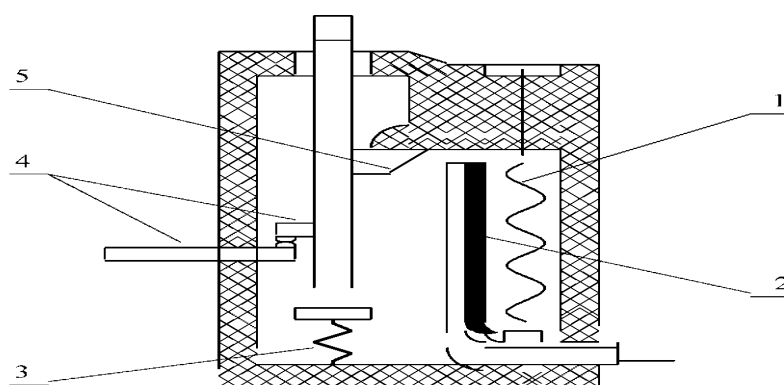
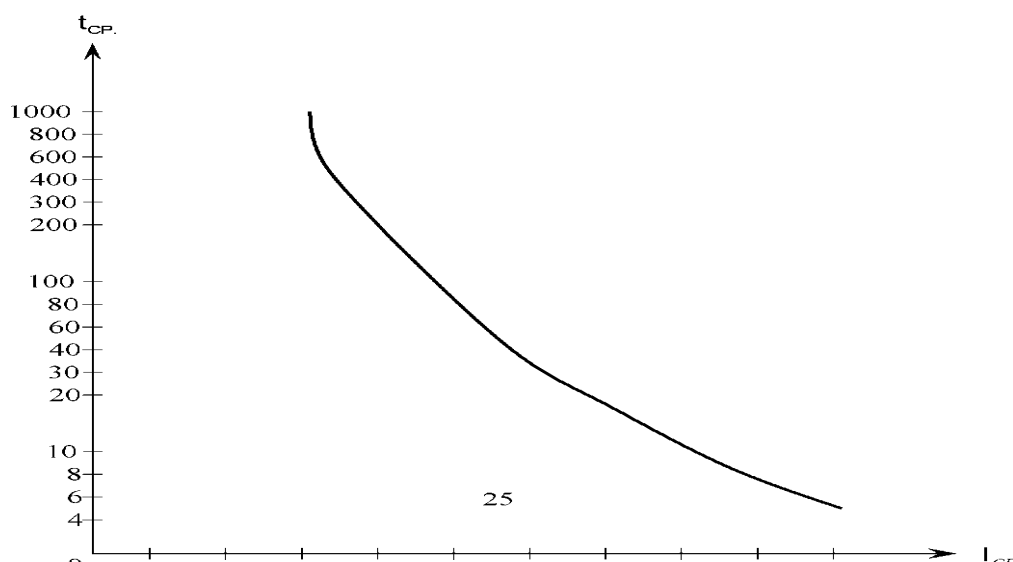


Рис. 1



Изучение устройства магнитного пускателя и работы его схемы управления

1. Цель работы: ознакомиться с конструкцией и принципом работы основных узлов магнитного пускателя. Изучить и получить навыки в сборке схем управления нереверсивных и реверсивных коммутационных аппаратов.

Паспортные данные магнитного пускателя

Таблица 3

Тип магнитного пускателя		ПМЕ-212
Номинальное напряжение	В	380
Номинальный ток	А	25
Коммутационная износостойкость при I_n	В.О.	$5 \cdot 10^5$
Механическая износостойкость	В.О.	$20 \cdot 10^5$
Ток теплового реле номинальный	А	25
Ток теплового элемента	А	20
Пределы регулирования тока несрабатывания	%	+5
Максимальная мощность двигателя	кВт	10

магнитной катушкой КМ1 (Контакты КМ1.1, КМ1.2, КМ1.3 и блокировочные контакты КМ1.4 рис. 6).

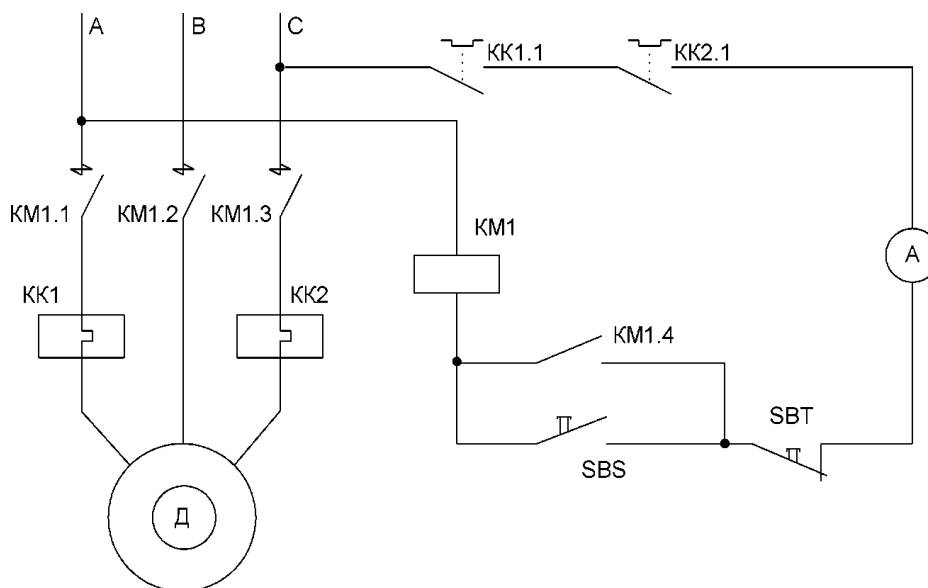


Схема управления нереверсивным двигателем с помощью двухкнопочной
станции
управления

Схема управления нереверсивным двигателем с помощью двухкнопочной станции приведена на рис. 6. В силовую цепь двигателя последовательно в каждую фазу включены силовые контакты пускателя (KM1.1, KM1.2, KM1.3), подающие напряжение в обмотки двигателя. В цепь управления, подключенную на линейное напряжение питающей сети последовательно включены: обмотка контактора KM1, кнопки SBS "ПУСК", 7"СТОП". При нажатии кнопки ПУСК образуется цепь управления: фаза А - обмотка KM1 - контакты кнопки SBS "ПУСК" - контакты кнопки SBT "СТОП" - фаза С. Главные контакты KM1.1, KM1.2, KM1.3 замыкаются и в обмотки двигателя подается трехфазное напряжение; чтобы при отпускании кнопки "ПУСК" (ее контакты возвращаются в разомкнутое состояние) двигатель не остановился, параллельно ей подключены блокировочные контакты KM1.4. Остановка двигателя осуществляется нажатием кнопки "СТОП", размыкающие контакты которой разрывают цепь управления. Для защиты двигателя от перегрузки в цепь двух фаз включены тепловые реле КК1, КК2, нагревательные элементы которых разрывают цепь катушки KM1.

Реверсирование двигателя выполняется с помощью двух контакторов (KM1 и KM2) и трехкнопочной станции управления (рис. 8). При срабатывании контактора KM1 (силовых контактов KM1.1, KM1.2, KM1.3) к обмоткам двигателя подается напряжение сети с прямым порядком чередования фаз (АВС). Если срабатывает контактор KM2 (контакты KM2.1, KM2.2, KM2.3) порядок чередования фаз меняется (СВА) и двигатель изменяет направление вращения.

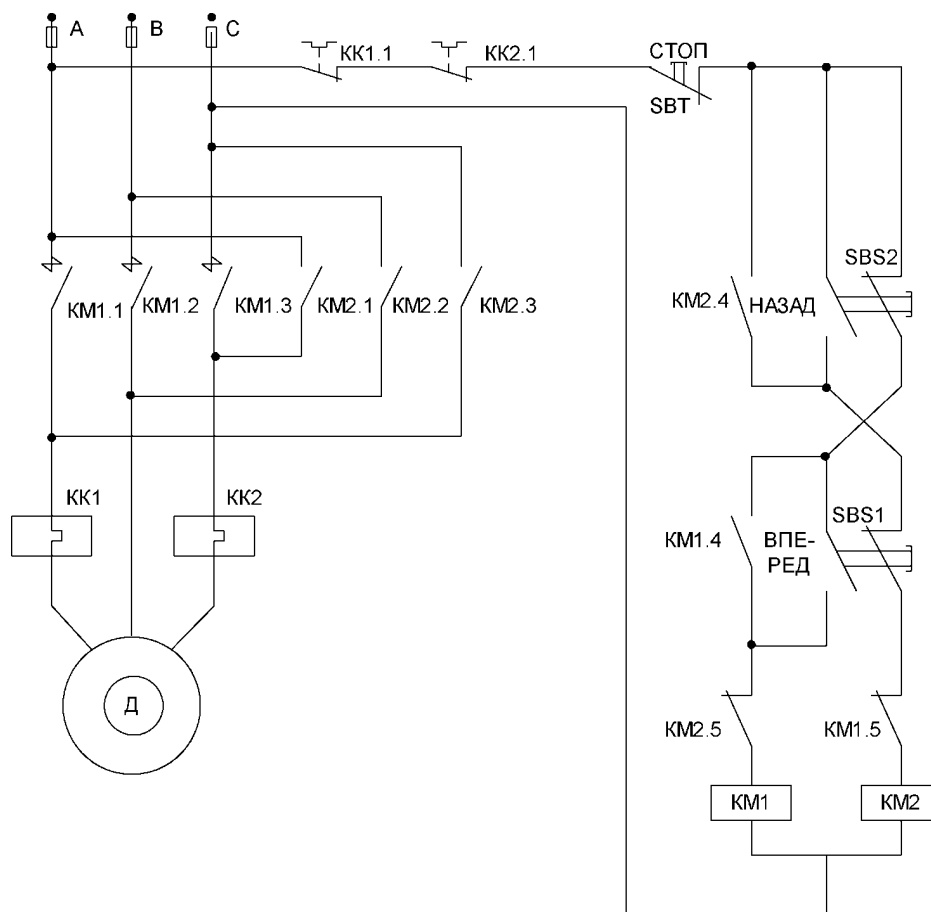


Схема управления реверсивным двигателем с помощью трехкнопочной станции управления

При одновременном срабатывании обоих контактов КМ1 и КМ2 возникает короткое замыкание фаз А-С. Для предотвращения этого режима применяется электрическая блокировка цепи управления нормально замкнутыми контактами КМ1.5, КМ2.5 и SBS1 и SBS2.

Пуск двигателя "Вперед" осуществляется нажатием кнопки SBS1 "Вперед". При этом образуется цепь: фаза А - контакты термореле КК1, КК2 - замкнутые контакты кнопки СВТ "СТОП" - замкнутые контакты SBS2 "Назад" - замыкающие контакты кнопки SBS1 "Вперед" - замкнутые контакты КМ2.5 - обмотка электромагнита контактора КМ1 - фаза С. Замыкаются силовые контакты КМ1.1, КМ1.2, КМ1.3. Двигатель получает прямой порядок чередования фаз.

Пуск двигателя "Назад" осуществляется нажатием кнопки SBS2. При этом образуется цепь: фаза А - контакты термореле КК1, КК2 - замкнутые контакты

кнопки "СТОП" - замыкающие контакты SBS2 "Назад" - замкнутые контакты SBS1 - замкнутые контакты KM1.5 - обмотка электромагнита контактора KM2 - фаза С.

В результате срабатывания катушки электромагнита KM2 замыкаются силовые контакты KM2.1, KM2.2, KM2.3 и в обмотку двигателя подается обратный порядок чередования фаз трехфазной системы. Двигатель начинает вращаться в обратном направлении. Одновременное нажатие кнопок SBS1 "Вперед" и SBS2 "Назад" приведет к исчезновению тока в цепях катушек обоих электромагнитов и не один контактор не срабатывает. Защита силовой цепи двигателя от перегрузок осуществляется термореле КК1 и КК2. Короткие замыкания в цепях схемы отключаются предохранителями.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

На панели стенда установлены:

- реверсивный магнитный пускатель, контакты основных узлов которого вынесены на стенд для использования при сборке схем управления;
- две пусковых двухкнопочных станции I и II;
- трехкнопочная станция.

Соответствующие контакты пусковых станций вынесены на панель стенда.

Двигатель, работой которого управляет МП, установлен внутри стенда.

ОБЪЕМ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и компоновкой основных узлов МП. Составить эскиз кинематических связей подвижных элементов контактов, входящих в состав реверсивного МП.

2. Используя одну из двух двухкнопочных станций (рис. 7а), собрать схему управления нереверсивного двигателя (рис. 6), и опробовать ее в работе (рис.6).

3. Определить величину тока, потребляемого обмоткой контактора, рассчитать потребляемую мощность.

4. Ознакомившись с принципом работы нереверсивной схемы управления работой двигателя, самостоятельно разработать и собрать многопостовую схему управления работой двигателя, используя две двухкнопочные станции. Проверить ее в работе.

5. Используя трехкнопочную станцию управления (рис. 7б), собрать реверсивную схему управления работой двигателя (рис. 8). Опробовать ее в работе. Объяснить работу электрической блокировки, предотвращающей одновременное срабатывание двух контакторов МП.

Примечание: изменение направления вращения двигателя производить только после полной его остановки.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть составлен по пунктам программы выполнения работы и содержать:

- паспортные данные МП;
- формулировку цели работы;
- эскиз кинематических связей подвижных элементов контактора КМ;
- реверсивную, нереверсивную и многопостовую схемы управления работой двигателя;
- объяснение принципа работы блокировки от одновременного срабатывания двух контакторов МП.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Устройство и принцип работы МП.
2. Как осуществляется защита потребителя от перегрузок и коротких замыканий с помощью МП?.
3. Объясните принцип работы реверсивной и нереверсивной схемы управления МП.

4. Принцип работы электрической блокировки от одновременного срабатывания двух контакторов МП.
5. Способы гашения дуги в МП.
6. Выбор МП.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОНТАКТНЫХ РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1) Цель работы

Ознакомление с конструкцией, принципом действия, областью применения и эксплуатационными способностями электромагнитных контактных реле, а также изучение переходных процессов в электромагнитных механизмах постоянного тока.

2) Общие сведения

Реле называется устройство, в котором при определенном значении входного сигнала выходной сигнал скачкообразно принимает конечное число значений.

Реле имеют широкое применение в системах автоматики, так как с их помощью можно:

- а) управлять большими мощностями на выходах посредством входных электрических сигналов сравнительно малой мощности;
- б) выполнять логические операции;
- в) создавать многофункциональные релейные устройства;
- г) осуществлять коммутацию электрических цепей;
- д) фиксировать отклонение контролируемого параметра от заданного уровня;

е) выполнять функции запоминающего элемента и т. д.

Реле классифицируются по различным признакам: по виду физических величин, на которые они реагируют; по выполняемым функциям в системе управления и назначению.

По назначению и функциям, выполняемым в системах управления, различают реле защиты, управления и контроля.

В конструкциях реле имеются воспринимающие органы, реагирующие на внешние воздействия, коммутирующие (исполнительные) органы, осуществляющие передачу воздействия от реле в управление цепи, промежуточные органы, перерабатывающие и передающие воздействия от воспринимающих органов к коммутирующим органам. Все эти органы могут быть явно выраженными или объединенными друг с другом.

Широкое распространение в устройствах автоматики получили электромагнитные реле благодаря высоким коммутационным свойствам, сравнительно высокой надежности, возможности одновременного переключения большого числа цепей, многообразию конструктивных форм и другими свойствами. Принцип действия электромагнитных реле основан на взаимодействии ферромагнитного якоря с магнитным полем обмотки, обтекаемой током. Воспринимающим органом реле является обмотка с магнитопроводом, коммутирующим органом - контакты; промежуточный орган образуется неподвижной частью и пружинами (возвратными, контактными).

Основными характеристиками и параметрами реле являются:

1) параметры срабатывания $X_{ср}$ - значение входной величины, при достижении которой выходная величина изменяется скачком от 0 до Y_{max} (якорь притягивается);

2. параметр отпускания $X_{отп}$ - значение входной величины (рис. 1), при достижении которой в процессе последующего изменения X происходит скачок выходной величины от Y_{max} до 0 (якорь отпадает);

3. коэффициент возврата K_v элемента релейного действия:

$$K_v = X_{отп} / X_{ср} < 1$$

Коэффициент возврата определяет ширину петли релейной характеристики;

4) коэффициент запаса K_z при срабатывании:

$$K_z = X_{max} / X_{ср} > 1$$

5) коэффициент управления

$$K_y = Y_{max} / X_{ср}$$

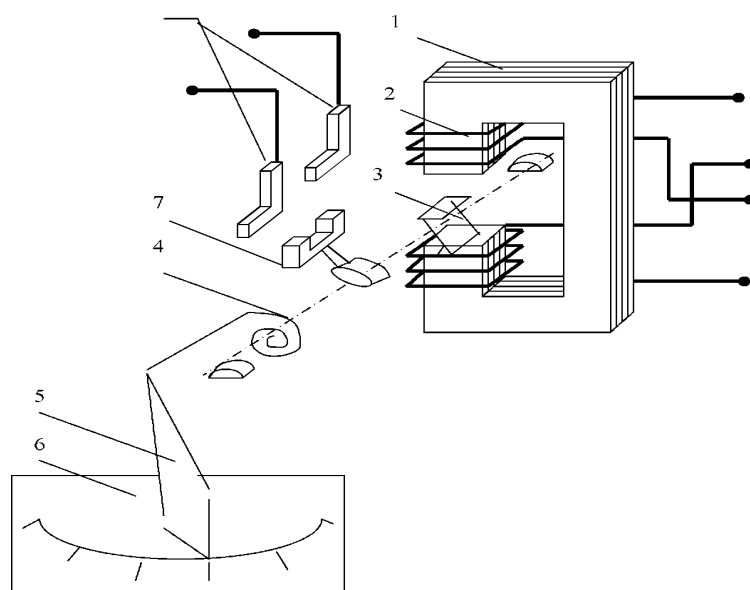
6) время срабатывания - промежуток времени от подачи на вход сигнала $X=X_{ср}$ до начала воздействия на управляемую цепь. По времени срабатывания различают нормальные ($t_{ср} = 50-150$ мс), быстродействующие ($t_{ср} < 50$ мс), замедленные ($t_{ср} = 0,15-1$ с) реле и реле времени ($t_{ср} > 1$ с);

7) время отпускания - промежуток времени от подачи на вход сигнала $X=X_{отп}$ до начала воздействия на управляемую цепь.

По роду входного тока различают реле переменного тока и реле постоянного тока.

Из реле переменного тока в данной работе рассматривают реле защиты. В схемах защиты крупных и ответственных установок (мощных двигателей, трансформаторов) от перегрузок и короткого замыкания широко применяют

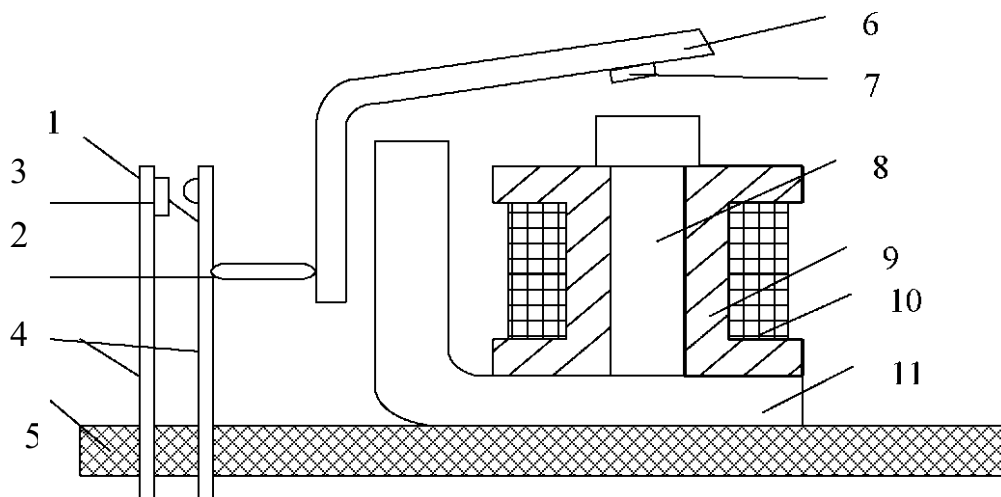
реле тока и напряжения ЭТ и ЭН. На рис. 2 представлена конструкция реле тока серии ЭТ.



Магнитопровод 1 шихтуется из листов электротехнической стали, обмотка реле 2 разделена на две секции и позволяет соединять их параллельно и последовательно и имеет Z-образную форму. Противодействующий момент создается спиральной пружиной 4, один конец которой связан с якорем, другой - с указателем установок тока срабатывания 5. Величина тока уставки указывается на шкале 6. Контактная система состоит из подвижных 7 и неподвижных 8 контактов. Плавным изменением начального натяжения пружины производится регулирование тока уставки. За счет увеличения натяга пружин производится регулирования тока уставки. За счет увеличения натяга пружин можно ток срабатывания поднять в два раза. При переходе с последовательного соединения на параллельное, ток срабатывания увеличивается в два раза. Таким образом, реле позволяет регулировать ток срабатывания в пределах 1-4 от номинального. Реле функционирует следующим образом: при протекании по обмотке реле тока, больше тока установки, момент, противодействующий электромагниту, оказывается меньше его собственного момента и якорь занимает положение, где меньше магнитное сопротивление, и, тем самым, замыкает (или размыкает) контакты.

Реле серии ЭТ выпускаются на токи срабатывания от 0.5 до 200 А.

Аналогичную конструкцию имеет реле напряжения серии ЭН. Отличие этих реле от реле тока состоит в том, что катушки выполнены с большим сопротивлением, так как подключаются к источнику напряжения. Реле серии ЭН могут работать на повышение напряжения выше напряжения установки, и минимально реагируя на понижение напряжения, ниже напряжения уставки.



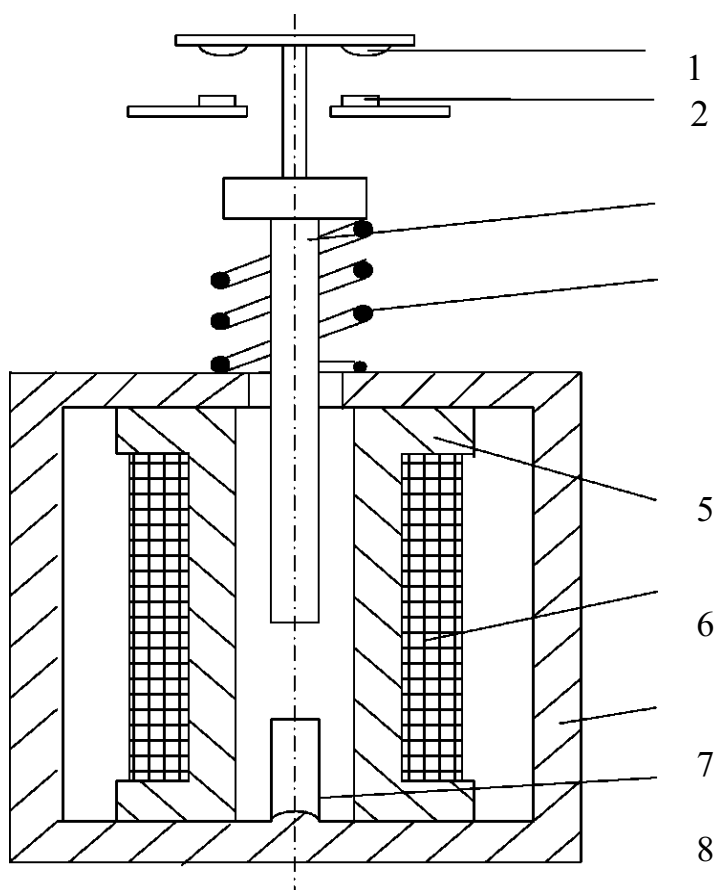
Электромагнитные реле постоянного тока выполняются с внешним притягивающимся якорем (рис. 3) и с втягивающимся якорем (рис. 4).

Реле с внешним притягивающимся якорем представляет собой электромагнитный механизм и ряд контактных групп, установленных на одном основании 5 (рис. 3). Магнитопровод реле состоит из ярма 11, сердечника 8 и якоря 6, выполненных из магнитомягкой стали. На сердечнике помещается каркас 9 с одной или несколькими обмотками 10.

При протекании по обмотке электрического тока, якорь притягивается к сердечнику. Движение якоря через непроводящий штифт 3 передаётся на одну из контактных пружин и, в результате чего происходит замыкание подвижного 1 и неподвижного 2 контактов.

Возврат якоря в исходное положение после обесточивания обмоток осуществляется при помощи штифта 7.

В реле с втягивающимся якорем (рис. 4) магнитопровод состоит из ярма 7, неподвижного сердечника 8 и якоря 3. Внутри ярма помещается катушка 5 с обмоткой 6. В исходном положении якорь удерживается пружиной 4. При срабатывании реле происходит замыкание подвижных 1 и неподвижных 2 контактов.



Переходные процессы в реле постоянного тока складываются из нескольких этапов и представляют собой совокупность электромагнитного переходного процесса составления тока и магнитного потока с механическим переходным процессом движения якоря.

В соответствии с этим, в осциллограммах нарастания и спада тока при включении или отключении реле (рис. 5) можно различить три периода.

Первый период - нарастание тока в катушке при неподвижном якоре (участок 0 - 1 на осциллограмме). В этот период тяговое усилие, развивается электромагнитным реле меньше суммарного противодействующего усилия. В точке 1 тяговое усилие начинает превышать противодействующее усилие, и якорь приходит в движение. При этом в катушке реле возникает электродвижущая сила, обусловленная движением якоря и действующая навстречу приложенному напряжению. Вследствие этого, ток во второй период (участок 1 - 2) замедляет свое нарастание и даже несколько спадает. В точке 2 якорь прекращает движение и притягивается к сердечнику. В третий период

(участок 2 - 3) происходит дальнейшее нарастание тока в катушке при неподвижном якоре.

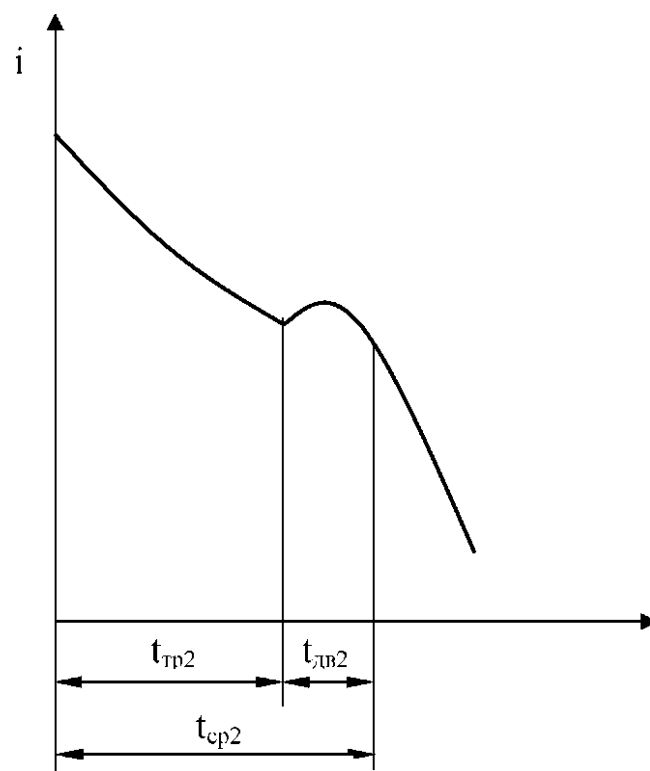
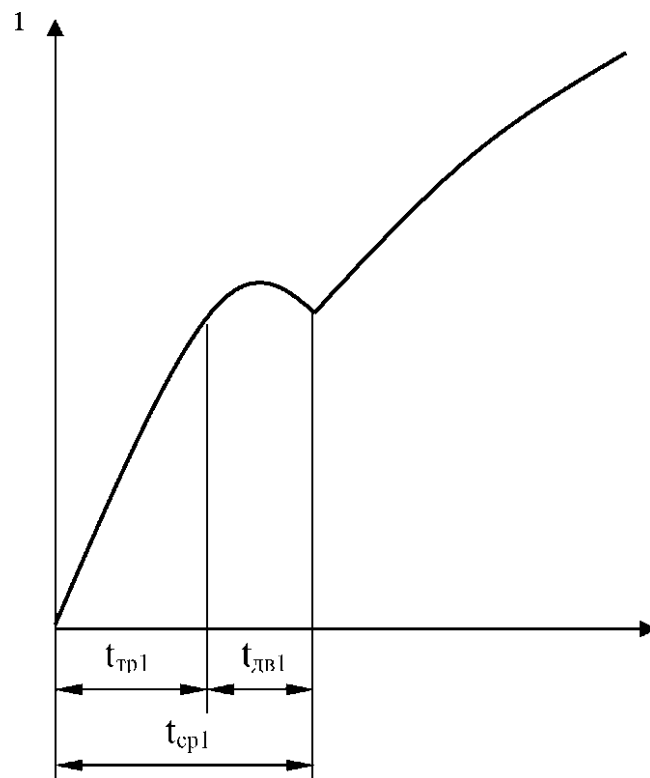


Рис.5

Промежуток времени от момента появления импульса до момента полного срабатывания реле называется временем срабатывания $t_{ср}$.

Оно складывается из времени трогания $t_{тр}$ и времени движения $t_{дв}$ подвижных частей реле до момента воздействия на исполнительный орган. Время переходного процесса зависит от величины активного и индуктивного сопротивления катушки, от усилий противодействующих пружин, от величины остаточного воздушного зазора при притянutom якоря и наличии короткозамкнутых контуров.

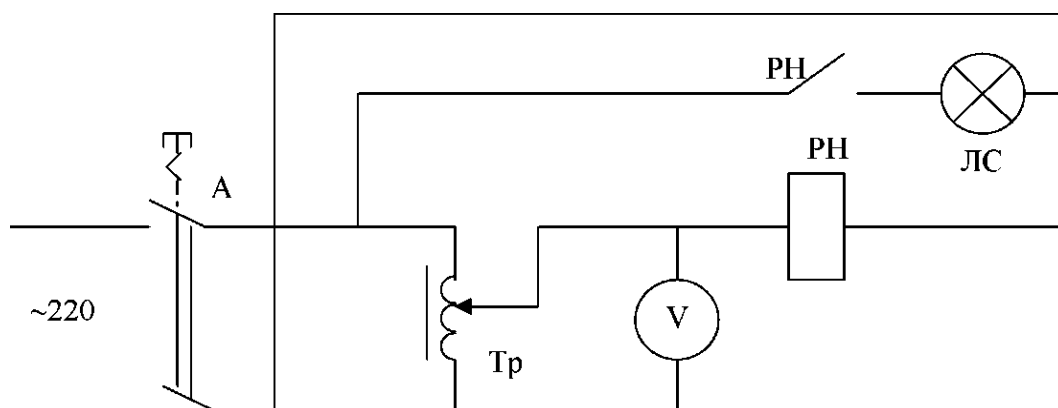
3) Описание лабораторного стенда и порядок выполнения работы

Лабораторный стенд представляет собой панель, на которой смонтированы реле переменного напряжения типа РН и тока типа РТ, промежуточное реле постоянного тока типа РПН, а также соответствующие измерительные приборы, потенциометры, переключатели и контролируемые устройства-лампочки ЛС. Питание стенда осуществляется переменным напряжением 220 В и постоянным - 24 В при помощи автоматов A_1 и A_2 .

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с конструкцией реле переменного тока, представленной на стенде.

2. Собрать схему по рис. 6. Предварительно сделав уставку на шкале реле напряжения РН, проверить работу реле, контролируя срабатывание при помощи лампочки ЛС. Проверить точность срабатывания по показаниям на шкале реле и шкале вольтметра.



3. Плавнo уменьшитb напряжение, определить напряжение отпускания $I_{отп}$ и, плавнo увеличивая, определить напряжение срабатывания $I_{ср}$. Определить коэффициент возврата K_v и коэффициент управления K_y .

4. Сделать тоже самое, собрав схему для исследования реле тока РТ. Схема испытания реле будет аналогична предыдущей, с той лишь разницей, что последовательно с катушкой реле тока необходимо включить амперметр.

5. Ознакомиться с конструкцией промежуточного реле постоянного тока типа РПН, схемой испытаний.

6. Собрать схему по рис. 7, включить автоматы A_1 и A_2 . Плавнo увеличивая напряжение потенциометром ПТ, а затем плавнo уменьшая,

определить напряжение срабатывания $I_{ср}$ и напряжение отпускания $I_{отп}$. Определить по этим данным коэффициент возврата K_v , коэффициент управления K_y и коэффициент запаса по срабатыванию K_z , зная номинальное значение напряжения на катушке реле $U_p=24$ В.

Контрольные вопросы

1. Какой физический смысл имеют коэффициент возврата K_v и коэффициент запаса K_z ?
2. В чём отличие электромагнитных реле переменного и постоянного тока?
3. Какие требования предъявляются к электромагнитным реле?
4. Объясните осциллограмму спада тока при отключении электромагнитного реле постоянного тока.
5. Объясните осциллограмму нарастания тока при включении электромагнитного реле постоянного тока.
2. Какова причина вибрации в электромагнитных реле переменного тока? Укажите способы устранения вибрации.

Какое применение находят электромагнитные реле в системах автоматики?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ МЕЖДУ ШИНАМИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение навыков расчета и экспериментального определения электродинамических сил между двумя шинами.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Многие электрические аппараты во время аварий в электрической сети подвергаются действию сквозных токов короткого замыкания, величина которых может в десятки и даже сотни раз превышать номинальный ток аппарата. Эти токи, проходя по токоведущим частям аппарата, приводят к возникновению значительных электродинамических сил, которые стремятся деформировать эти части и разрушить изоляционные элементы их крепления.

Конструкция электрического аппарата должна быть рассчитана таким образом, чтобы он мог выдержать воздействие электродинамических сил при прохождении токов короткого замыкания. Поэтому расчет электродинамических сил, действующих на токоведущие элементы электрических аппаратов, имеет большое значение в практике электроаппаратостроения.

В данной работе исследуются электродинамические силы взаимодействия между прямоугольными параллельными шинами конечной длины. Сила взаимодействия между двумя круглыми длинными проводниками определяется по формуле

$$F = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi a} \text{ Н}$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитная постоянная воздуха;

I- величина тока, протекающего по проводникам;

l - длина проводников;

α – расстояние между осями проводников.

Если проводники имеют небольшую длину, то формула может дать грубую ошибку, поэтому принято вводить в неё поправочный коэффициент k , учитывающий отношение расстояния между проводниками к их длине:

$$k = \sqrt{1 + \left(\frac{a^2}{l}\right)} - \frac{a}{l}$$

Таким образом, для проводников круглого сечения и конечной длины сила взаимодействия определяется по формуле

$$F = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi a} k$$

Для проводников прямоугольного сечения вводится коэффициент k_2 , учитывающий их прямоугольную форму и взаимное расположение. Если толщина шины b значительно меньше её ширины h и расстояния между шинами a , то коэффициент k_2 можно определить по формуле

$$k_2 = \frac{a^2}{h^2} \left[2 \frac{h}{a} \operatorname{arctg} \frac{h}{a} - \ln \left(1 + \frac{a^2}{h^2} \right) \right]$$

Если размером b пренебречь нельзя, то расчетные формулы получаются громоздкими, и величину коэффициента k_2 удобнее определять из кривых.

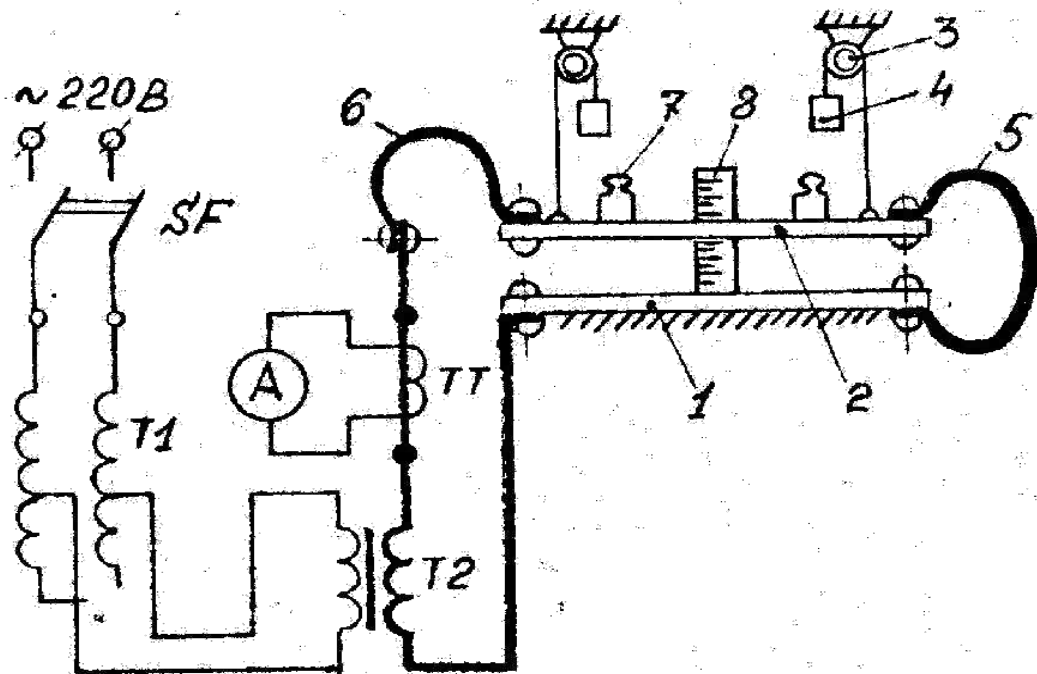
Приведенные выше формулы выведены для постоянного тока. При переменном токе электродинамические силы пульсируют с двойной частотой.

Однако если под F понимать среднее за период значение электродинамической силы, а под I – действующее значение тока, то формулы остаются верными и для переменного тока.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка представляет собой (рис.3) две прямоугольные параллельно расположенные шины, одна из которых 1 жестко закреплена, а другая 2 подвешена на блоках 3 и ее сила тяжести уравновешена грузами 4. Подвижная шина 2 соединена с токопроводом и с неподвижной шиной 1 гибкими соединениями 5 и 6. При прохождении по шинам тока в противоположном направлении между ними возникают электродинамические силы отталкивания. Их уравнивают гирями 7. Расстояние между шинами определяется с помощью шкалы 8.

Питание установки осуществляется от сети переменного тока через регулируемый автотрансформатор Т1 и понижающий трансформатор Т2. Величина тока, протекшего по шинам, измеряется с помощью амперметра и трансформатора ТТ, имеющего коэффициент трансформации, равный 400.

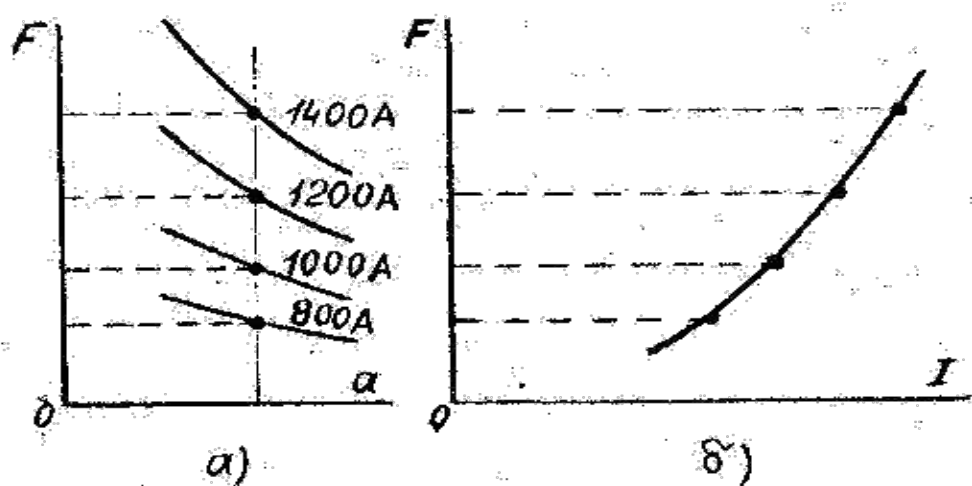


1. Ознакомиться с лабораторной установкой и порядком включения средств измерения.
2. Записать технические и метрологические характеристики основного оборудования и средств измерений, используемых в данной работе.
3. Определить зависимость величины электродинамической силы от расстояния между шинами. Для этого выключателем S (рис.1) подать напряжение на установку с помощью автотрансформатора Т1 установить в цепи шин ток 800А (величину тока проконтролировать по показаниям амперметра с учетом коэффициента трансформации трансформатора тока). Затем, последовательно устанавливая на подвижной шине гири массой 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 кг зафиксировать расстояние между шинами для каждого случая.

При выполнении экспериментов схема должна включаться под напряжение только на время производства опыта, который следует проводить быстро во избежание перегрева установки. Смену гирь разрешается производить только при отсутствии напряжения на установке.

[illegible]

4. Определить зависимость величины электродинамической силы от тока при расстоянии между шинами, равном 3 см. Для этого следует на графике кривых $F = f(a)$, приведенном на рис.4,а, провести вертикальную прямую $a = 3$ см. Ординаты точек пересечения этой прямой с кривыми определяют силы взаимодействия между шинами при соответствующих токах.



Затем надо нанести на график $F = f(I)$ полученные значения сил, и соединив полученные точки кривой, определить зависимость силы взаимодействия между шинами от величины тока при $a = 3$ см (рис.4б).

5. Определить расчетным путем электродинамические силы при токе 1200 А для тех же расстояний между шинами, что и в опыте. Расчет сил произвести в двух случаях:

- пренебрегая толщиной шин и вычислив K_ϕ по формуле (4);
- учитывая толщину шины и определив K_ϕ из графика $k_2 = f((a - b) / (b + h))$, приводимого в литературе [1], [2] или [3].

Результаты вычислений занести в таблицу по форме 3. По данным таблицы построить расчетные кривые $F = f(a)$ при $I = 1200$ А на одном графике с экспериментальной кривой и сравнить их между собой.

5.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткое описание лабораторной установки, схематический эскиз конструкции установки со схемой электрических соединений.
2. Технические данные основного оборудования и метрологические характеристики средств измерения.
3. Результаты измерений и расчетов, таблица, графики экспериментальных и расчетных зависимостей.
4. Выводы по работе.

6.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В каких случаях в токоведущих частях электрических аппаратов возникают значительные электродинамические силы? Чем они опасны?
2. Почему в электроаппаратостроении придают большое значение расчету электродинамических сил?
3. Как рассчитываются электродинамические усилия между длинными параллельными проводниками круглого сечения?
4. Какие поправочные коэффициенты необходимо ввести в расчетные уравнения для проводников прямоугольного сечения конечной длины и почему?
5. При каких условиях уравнения, выведенные для расчета электродинамических сил при постоянном токе, могут быть использованы для определения этих сил при переменном токе?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
КОНТАКТОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение навыков расчета и экспериментального определения контактного сопротивления электрических аппаратов.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электрическим контактом называется соединение двух (или нескольких) проводников, предназначенное для проведения электрического тока. Деталь, соприкасающаяся с другой при образовании электрического контакта, называется контакт деталью.

Соприкосновение контактов происходит не по всей кажущейся поверхности контактирования, а лишь в нескольких её местах, так как на поверхности контактов всегда имеются микроскопические выступы и впадины (микронеровности). Поэтому сопротивление контакта электрическому току значительно больше сопротивления сплошного проводника.

Контактное сопротивление является важнейшей характеристикой электрического контакта: чем оно больше, тем больше тепловой энергии выделяется в контакте, а, следовательно, тем выше его температура.

На величину контактного сопротивления влияет ряд факторов? Сила нажатия на контакт, форма контактной поверхности, наличие окисных пленок на поверхности контактов, электрические и механические свойства материала контактов, их температура и т.д.

В данной работе исследуются зависимости контактного сопротивления от

силы контактного нажатия для контактов различных форм и материалов. Кроме того, выясняется влияние поверхностных пленок на контактное сопротивление. Контактное сопротивление зачищенного контакта связано с силой нажатия следующим соотношением:

$$R_k = k / (0.102 F)^m$$

где R_k - контактное сопротивление, Ом;

F -сила контактного нажатия, Н;

k -коэффициент, учитывающий материал контактов и состояние контактных поверхностей, Ом · Н ^{m}

m –показатель степени, зависящий от формы контактов.

Значения k и m , определенные опытным путем, приведены в табл.1 и 2.

Таблица 1

Материал контактов	Коэффициент k , Ом · Н ^{m}	Состояние контактных поверхностей
Медь-медь	$(0.08-0.14) \cdot 10^{-3}$	Очищенное от окислов
Латунь-латунь	$0.67 \cdot 10^{-3}$	Очищенное от окислов
Алюминий-алюминий	$(3-6) \cdot 10^{-3}$	Очищенное от окислов
Серебро-серебро	$0.06 \cdot 10^{-3}$	Очищенное от окислов

Таблица 2

Вид контакта	Коэффициент m
Шар-плоскость	0.5
Линия-плоскость	0.7
Плоскость-плоскость	1.0

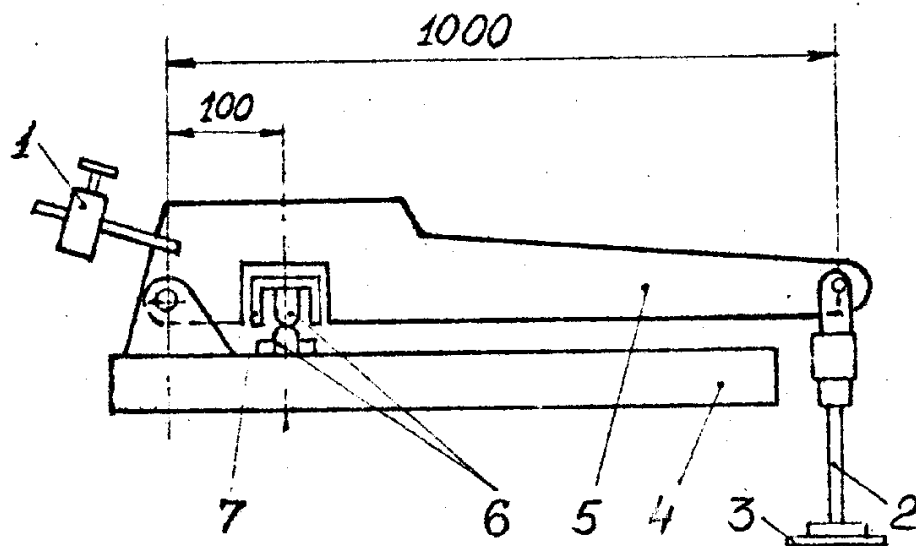
3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

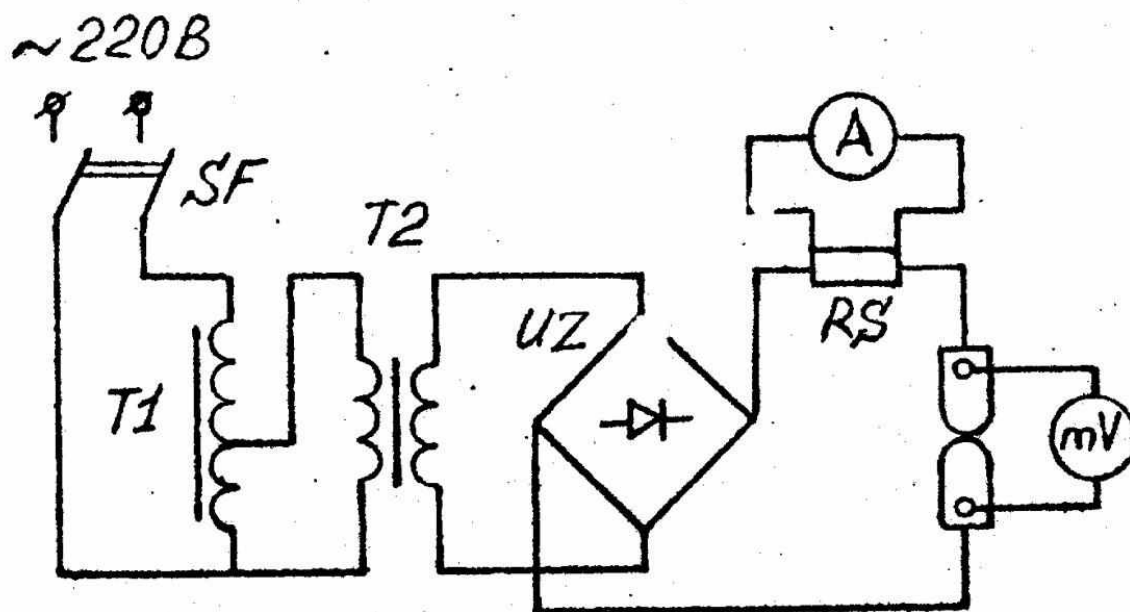
Механическая часть установки (рис.1) представляет собой стальной жесткий рычаг первого рода 5, ось которого шарнирно закреплена на основании 4, выполненном из швеллера. Исследуемые контакты 6

закрепляются в обоймах 7, одна из которых расположена на рычаге 5, а другая – на полке швеллера 4. Обоймы 7 могут поворачиваться во взаимно перпендикулярных плоскостях, благодаря чему достигается самоустановка контактов.

С помощью тяги 2 и грузов 3 контакты прижимаются друг к другу.

Отношение плеч рычага равно 1:10, поэтому сила нажатия на контакт будет в 10 раз больше силы тяжести грузов. Для уравнивания собственной массы рычага служит противовес 1.





Электрическая схема установки представлена на рис.2. Выпрямленный ток напряжением 3,5 В подается на контакты от выпрямителя UZ , питающегося от сети переменного тока через регулируемый автотрансформатор $T1$ и понижающий трансформатор $T2$. Величина тока в цепи исследуемых контактов определяется по показаниям амперметра, подключенного к измерительному шунту RS .

Падение напряжения на контактах регистрируется милливольтметром.

Это напряжение будет небольшим при воздействии на контакты значительной прижимающей силы. Если же эта сила будет мала или контакты разойдутся, то к милливольтметру будет проложено полное напряжение выпрямителя, и милливольтметр выйдет из строя. Для предотвращения этого контакты установки должны быть всегда надежно прижаты, поэтому минимальная масса грузов, приложенных к свободному концу рычага, составляет 1 кг.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с лабораторной установкой и порядком включения средств измерения.

2. Записать технические и метрологические характеристики основного оборудования и средств измерения, используемых в работе.

3. Определить зависимости контактного сопротивления от силы нажатия на контакт для зачищенных медных и латунных контактов, для этого первоначально следует закрепить в обоймах установки медные зачищенные контакты шар-плоскость и подключить их к главной и измерительной цепям.

Зачистку контактов надо производить непосредственно перед началом работы шлифовальной бумагой. Затем с помощью нагрузочного устройства создать начальную силу нажатия на контакт, равную 98Н (что соответствует массе груза 1 кг). Включением автоматического выключателя S подать напряжение на схему и установить в цепи контактов ток 200 А. Прежде, чем приступить к измерению падений напряжений, следует мультиметр включить на наивысший предел измерения и только затем, по мере надобности, предел измерения уменьшают.

В процессе исследования силу нажатия на контакт следует последовательно изменять, устанавливая грузы массой от 1 до 6 кг. Измерения необходимо производить вначале при возрастающей, а затем при убывающей силе контактного нажатия. Зная падение напряжения на контактах в каждом опыте и величину протекающего по ним тока 1-200 А, определяют контактное сопротивление.

$$R_{к.оп.} = U / I \text{ Ом.}$$

Аналогичные измерения и определения величины $R_{к.оп.}$ следует произвести для всех видов медных и латунных зачищенных контактов, указанных в табл.2.

Результаты измерений занести в табл. по форме 1.

4. Рассчитать зависимости контактного сопротивления от силы нажатия по формуле (1) для всех исследованных медных и латунных зачищенных контактов. При расчетах использовать те же значения сил, что и в опытах. Опытные и расчетные зависимости построить на одном графике и сравнить их

между собой.

5. Определить зависимость контактного сопротивления от силы нажатия для окисленного алюминиевого контакта при различных формах контактной поверхности. Данные измерений занести в табл. по форме 2.

6. Рассчитать зависимость контактного сопротивления от силы нажатия по формуле (1) для всех исследованных видов алюминиевого контакта при зачищенных поверхностях контактирования, используя те же значения сил нажатия, что и в опыте. Построить на одном графике опытные и расчетные зависимости и, сравнив их между собой, выяснить влияние поверхностной пленки на контактное сопротивление.

Опыт							Расчет R _к ,Ом
F, Н		U _к , мВ		R _к ,Ом			
Возр.	Убыв.	Возр.	Убыв.	Возр.	Убыв.	Средн.	

Форма 2

Опыт			Расчет $R_k, \text{Ом}$
$F, \text{Н}$	$U_k, \text{мВ}$	$R_k, \text{Ом}$	

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткое описание лабораторной установки, схематический эскиз установки, схема электрических соединений.

2. Технические данные основного оборудования и метрологические характеристики средств измерения.

3. Результаты измерений и расчетов, таблицы, графики экспериментальных и расчетных зависимостей.

4. Выводы по работе.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое электрический контакт?

2. Что понимают под кажущейся поверхностью электрического контакта?

Какая поверхность контакта воспринимает усилие нажатия?

3. Дайте определение контактного сопротивления. Какие факторы и как влияют на величину контактного сопротивления?

4. На какие виды разделяются контакты по форме контактной поверхности?

5. Приведите эмпирическую формулу, связывающую контактное сопротивление с усилием нажатия, формой контактов, материалом контактов и состоянием их контактных поверхностей.

6. Как экспериментально определяется величина контактного сопротивления?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

а) основная литература:

- 1) Электрические аппараты/ Чунихин А.А.-2013.
- 2) Электронные приборы/Червяков Г.Г.-2012.
- 3) Электрические и электронные аппараты/Розанова Ю.К.-2010.

б) дополнительная литература:

- 1) Электротехника и электроника/Немцов М.В.-2012.
- 2) Электроника/Касаткин А.С.-2008.

в) программное обеспечение:

MATLAB

Электронная библиотека:

а) основная литература:

1. Электрические и электронные аппараты [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 28 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33304>
2. Дьяконов В.П. Электронные средства связи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дьяконов В.П., Образцов А.А., Смердов В.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 430 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8673>

б) дополнительная литература:

1. Сипайлова Н.Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сипайлова Н.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34657>
2. Камышная Э.Н. Формальное представление электрических принципиальных схем для решения задач автоматизированного проектирования электронной аппаратуры [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 48 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31315>

3. Булычев А.Л. Электронные приборы [Электронный ресурс]/ Булычев А.Л., Лямин П.М., Тулинов Е.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2006.— 399 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7678>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

На кафедре содержатся электронные версии методических указаний к лабораторным работам, презентационный материал, лекционный материал. Технические средства обучения – сосредоточены в компьютерных лабораториях кафедры «ЭЭП». Для чтения лекций используются проектор и экран.

В качестве средства выполнения лабораторных работ используется программа «MATLAB».

РЕГЛАМЕНТ

балльно-рейтинговой системы оценки учебной деятельности студента

Дисциплина Электрические и электронные аппараты

Кафедра «Электропривод и автоматика»

Группа (Группы) АНП Факультет ФАПИ Уч.год _____ Семестр _____

Составитель (ведущий преподаватель) Магомадов Р.А.-М. Руков. практ. (лаб.) занятий _____

<i>Аттестация, период</i>	<i>Вид деятельности</i>	<i>Виды работ, подлежащие оценке</i>	<i>Максимальное кол-во баллов</i>
1	Текущий контроль	Конспекты-2 балла Ответы на практических и лекционных занятиях -5 баллов Лабораторные работы-8 баллов	15
	Рубежная аттестация	Письменная контрольная работа	20
	Самостоятельная работа		0
	Посещаемость		5
2	Текущий контроль	Конспекты-2 балла Ответы на практических и лекционных занятиях -5 баллов Лабораторные работы-8 баллов	15
	Рубежная аттестация	Письменная контрольная работа	20
	Самостоятельная работа	Оформление и защита лабораторных работ	15
	Посещаемость		10
3	ВСЕГО		100
	Творческая работа	Доклад на конференции, участие в олимпиаде, подготовка тематической презентации	20

Заведующий кафедрой «ЭЭП» Магомадов Р.А.-М. Роспись _____ Дата _____