

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

В. Д. Елкин

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности
1-43 01 07 «Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»
дневной формы обучения**

Гомель 2018

УДК 621.316.5(075.8)
ББК 31.264я73
Е51

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 1 от 26.09.2017 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Л. В Веннер*

Елкин, В. Д.

Е51 Электрические аппараты : практикум по выполнению лаборатор. работ по одной дисциплине для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» днев. формы обучения / В. Д. Елкин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 42 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены методические указания и задания по выполнению восьми лабораторных работ, разработанные в соответствии с учебным планом и программой дисциплины.

Для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» дневной формы обучения.

**УДК 621.316.5(075.8)
ББК 31.264я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	4
Лабораторная работа 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОНТАКТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	7
Лабораторная работа 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОНТАКТОРОВ И РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО	11
Лабораторная работа 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ	14
Лабораторная работа 4 ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ	19
Лабораторная работа 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЛЕ	23
Лабораторная работа 6 ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА	26
Лабораторная работа 7 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ ВРЕМЕНИ....	30
Лабораторная работа 8 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ...	35
ЛИТЕРАТУРА.....	42

ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

1. До выполнения лабораторной работы каждый студент должен самостоятельно изучить теоретические сведения, схему лабораторной установки по графику проведения лабораторных работ.

2. Вычертить схемы опытов и таблицы для записей их результатов.

ДОПУСК К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Для выполнения первой лабораторной работы допускаются студенты изучившие цель, порядок выполнения работы и подготовившие схемы опытов и таблицы для записи результатов.

2. Для выполнения последующей работы студенты должны сдать преподавателю оформленный отчет по выполненной предыдущей работе и подготовиться к выполнению последующей работе по графику.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Перед выполнением работы необходимо распределить обязанности между членами бригады.

2. Ознакомиться со схемой лабораторной установки, приборами и аппаратами на стенде.

3. убедившись, что лабораторная установка отключена от электрической сети, приступить к сборке схем.

4. После окончания сборки схемы необходимо тщательно проверить соединения в соответствии со схемой лабораторной установки и схемой опыта.

5. Собранную схему следует предъявить преподавателю для получения разрешения на выполнения опытов.

6. Опыты следует производить в соответствии с порядком выполнения работы, приведенным в данном пособии.

7. При включении напряжения на стенд вводным выключателем необходимо следить за показаниями электроизмерительных приборов, которые помогают своевременно обнаружить неисправность. Отсутствие показаний вольтметра или амперметра указывают на неправильное их подключение или неправильное соединение элементов схемы.

8. При выполнении опытов необходимо следить, чтобы величины измеряемых параметров не выходили за пределы их номинальных данных.

9. После окончания опытов следует отключить вводной выключатель, но электрическую цепь не разбирать пока преподаватель проверит результаты опытов.

ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

1. Результаты опытов в виде таблиц и графиков должны быть проверены преподавателем.

2. После проверки и утверждения преподавателем полученных результатов лабораторная работа считается выполненной.

ОФОРМЛЕНИЕ И СДАЧА ОТЧЕТА

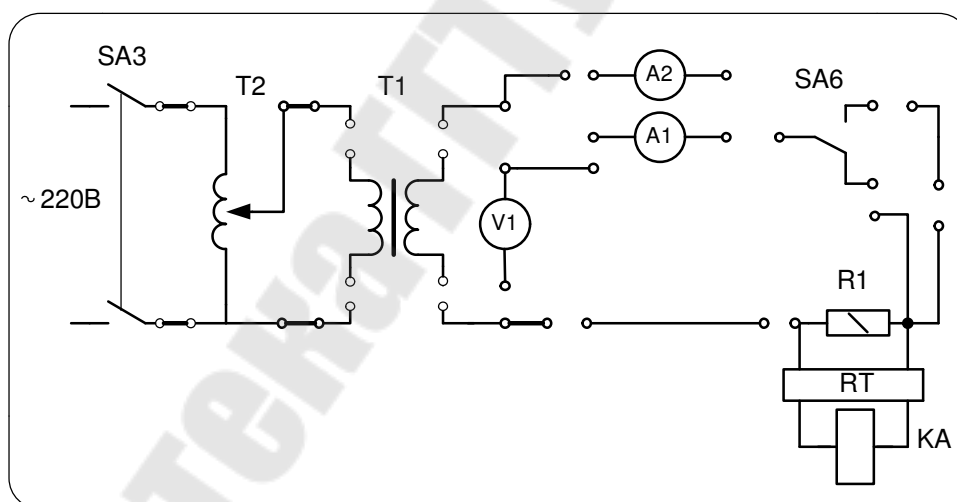
1. Отчет по лабораторной работе каждый студент выполняет в соответствии со структурой утвержденной преподавателем.

2. При защите отчета по лабораторной работе студенты должны пояснить цель работы, полученные данные результатов выполнения работы, ответить на контрольные вопросы.

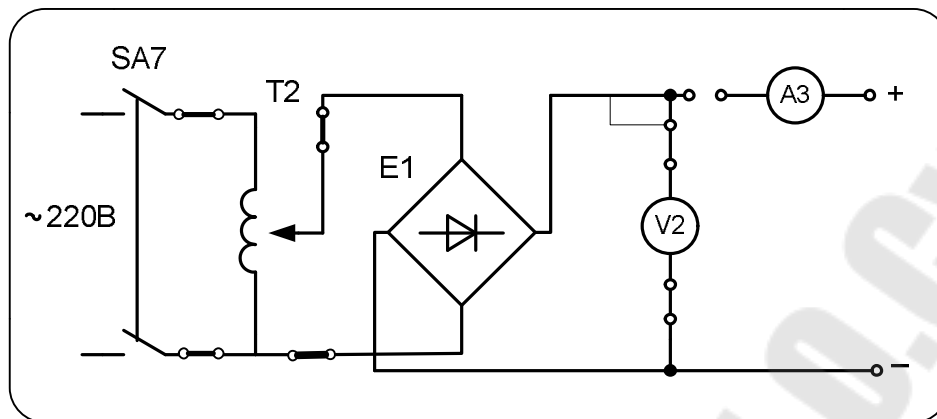
ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

Лабораторная установка состоит из отдельных блоков:

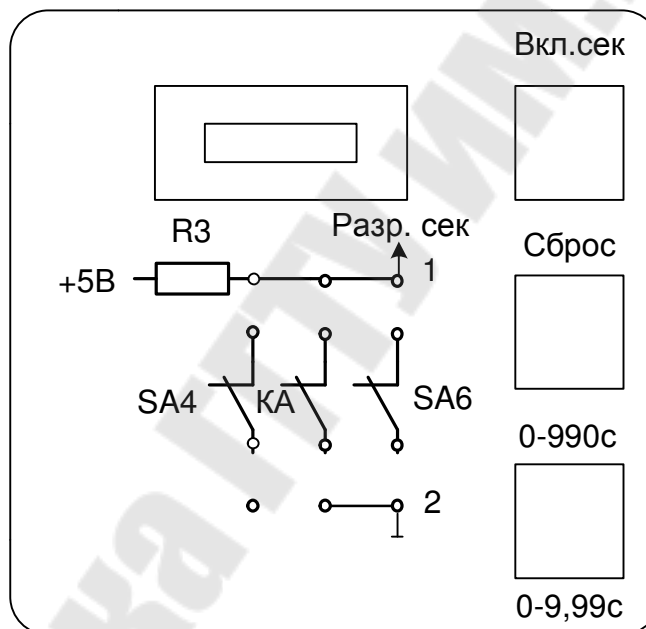
1. Блок испытания аппаратов на переменном токе



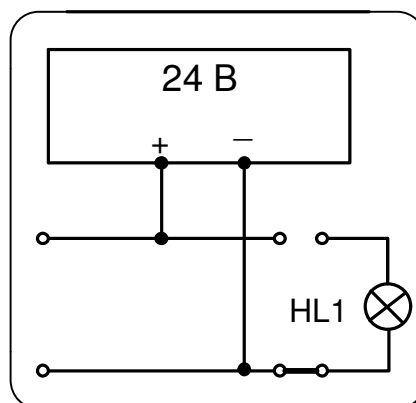
2. Блок испытания аппаратов на постоянном токе



3. Электрический секундомер



4. Блок сигнализации



Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОНТАКТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1.1. Цель работы

1.1.1. Ознакомиться с техническими данными и изучить конструкцию контакторов и магнитных пускателей переменного тока.

1.1.2. Исследовать магнитные пускатели переменного тока.

1.2. Основные теоретические сведения

Контакторы - это коммутационные аппараты, предназначенные для частых включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы. Контакторы применяются в цепях напряжения до 500В переменного тока и 600В постоянного тока.

Электромагнитные контакторы подразделяются на:

постоянного тока - линейные и ускорения;

переменного тока промышленной частоты;

переменного тока повышенной частоты (до 10 кГц).

Контакторы, служащие для замыкания или размыкания электрических цепей, называют линейными, а контакторы, служащие для закорачивания отдельных ступеней пускового реостата, - ускорения.

Основные узлы любого электромагнитного контактора:

электромагнитный механизм,

главные контакты,

дугогасительное устройство,

вспомогательные контакты.

Принцип действия контакторов заключается в следующем: при подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь притягивается. Подвижный контакт, связанный с якорем, замыкает или размыкает главную цепь. Дугогасительная система обеспечивает быстрое гашение дуги. Вспомогательный блок-контакт используется для согласования работы контактора с другими аппаратами.

Тяговая характеристика электромагнита переменного тока близко подходит к противодействующей характеристике, в результате, контакторы переменного тока обладают высоким коэффициентом возврата (0,6...0,7), что дает возможность осуществить защиту объекта от падения напряжения.

Промышленностью выпускаются следующие основные серии контакторов переменного тока:

контакторы серии КТ на номинальные токи 75, 150, 300 и 600А и номинальные напряжения 380В и 500В.

контакторы серии КИ - предназначены в основном для установки в магнитных пускателях на токи 60, 100 и 150А и напряжением 380В.

Контакторы выполняют свои функции удовлетворительно, если напряжение на зажимах катушки:

$$U = (0,85...1.1)U_{ном} \quad (1.1)$$

Снижение напряжения ниже $0,85.U_{ном}$ уменьшает силу, удерживающую якорь, в результате чего при некотором напряжении отпадения, происходит отрыв якоря от полюсов. Наименьшее напряжение, при котором происходит включение контактора, называют напряжением срабатывания, а их отношение называют коэффициентом возврата.

$$Kв = \frac{U_{омн}}{U_{сп}}, \quad (1.2)$$

Механической характеристикой контактора называют зависимость механических противодействующих сил от величины рабочего зазора,

Противодействующие силы в электромагнитных контакторах создаются с помощью пружин.

Магнитный пускатель - это контактор переменного тока, предназначенный для дистанционного управления и защиты от понижения напряжения питающей сети асинхронных двигателей малой и средней мощности.

Основным узлом магнитного пускателя, как контактора, является электромагнит переменного тока, приводящий в действие систему с контактами.

Обычно в магнитных пускателях применяют трех полюсный контактор переменного тока, имеющий три главных замыкающих контакта и от одного до четырех вспомогательных, блокировочных контактов.

В кожух магнитного пускателя, кроме контактора, часто встраивается тепловое реле, выполняющее токовую защиту с выдержкой времени, зависящей от величины тока.

Выбор магнитного пускателя и контакторов производится:

по номинальному напряжению сети:

по току нагрузки;

по мощности двигателя исполнительного механизма;

по режиму работы;

по числу включений в час;

по номинальному напряжению контактов аппарата;
по времени включения и отключения.

1.3. План работы

1.3.1. Изучить устройство, назначение контакторов и магнитных пускателей и их систем.

1.3.2. Для исследования свойств магнитного пускателя переменного тока ПМЛ-110 с номинальным напряжением катушки 110В, 50Гц необходимо собрать схему согласно рис. 1.1.

Включить стенд, затем включить источник питания 24В и далее ЛАТР. Увеличивая величину подаваемого напряжения контролировать показания приборов и зафиксировать их в момент, когда якорь втянется в катушку. Зафиксировать величину резко изменившегося тока. Затем довести напряжение до номинальной величины 110В и вновь замерить ток в катушке. Затем уменьшать напряжение до момента отпускания якоря. Зафиксировать величину тока и напряжения в этот момент (в моменты переключения регулятора напряжения придерживать пальцем кнопку якоря пускателя, обеспечивая его притянутое положение на момент кратковременного обесточивания катушки).

Данные занести в табл. 1.1. Повторить опыт несколько раз. Во избежание перегрева катушки пускателя не допускать длительной работы катушки с не втянутым якорем, а также необходимо делать паузу между опытами.

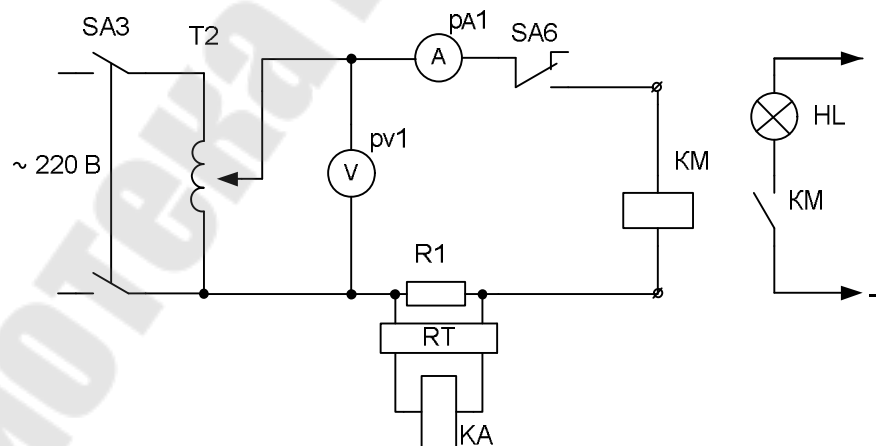


Рис. 1.1. Схема исследования электромагнитного пускателя с номинальным напряжением катушки 110 В

Результаты опыта

Напряжения срабатывания, В					
Ток при невтянутом якоре в опыте на включение, А					
Ток при втянутом якоре в опыте на включение, А					
Напряжение возврата, В					

1.3.3. Произвести расчет параметров пускателя:
коэффициент возврата;
кратность пускового тока к номинальному;
номинальную активную мощность;
номинальную полную мощность катушки;
пусковая полная мощность катушки.

1.3.4. Для исследования свойств магнитного пускателя переменного тока ПМЛ с номинальным напряжением катушки 220 В, 50Гц необходимо собрать схему согласно рис. 1.2.

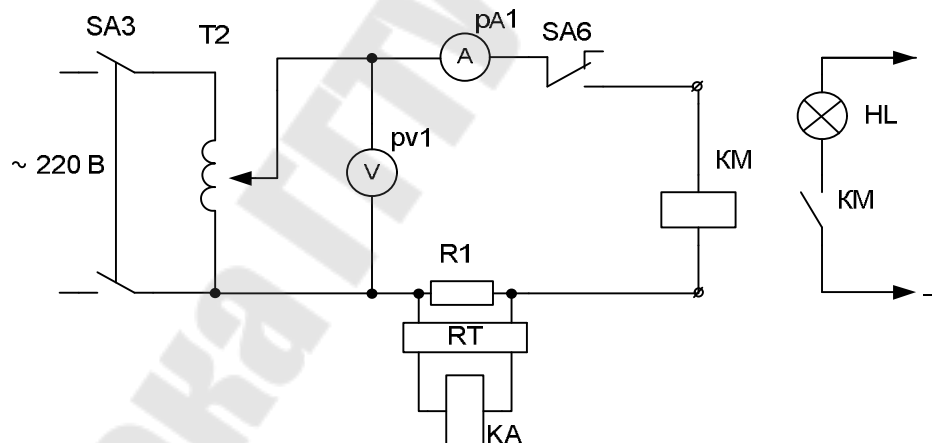


Рис. 1.2. Схема исследования электромагнитного пускателя серии ПМЛ с номинальным напряжением катушки 220В

Далее работа выполняется аналогично приведенной выше. Включить стенд, затем включить источник питания 24В и далее ЛАТР. Увеличивая величину подаваемого напряжения контролировать показания приборов и зафиксировать их в момент, когда якорь втянется в катушку. Зафиксировать величину резко изменившегося тока. Затем довести напряжение до номинальной величины 220В и вновь замерить ток в катушке. Затем уменьшать напряжение до момента отпускания якоря (в моменты переключения регулятора напря-

жения придерживать пальцем кнопку якоря пускателя, обеспечивая его притянутое положение на момент кратковременного обесточивания катушки). Зафиксировать величину тока и напряжения в этот момент. Данные занести в табл. 1.1. Повторить опыт несколько раз. Во избежание перегрева катушки пускателя не допускать длительной работы катушки с не втянутым якорем, а также необходимо делать паузу между опытами. Результаты опыта занести в табл. 1.2. и произвести расчеты, как и в предыдущем опыте.

Таблица 1.2

Результаты опыта

Напряжения срабатывания, В					
Ток при не втянутом якоря в опыте на включение, А					
Ток при втянутом якоря в опыте на включение, А					
Напряжение возврата, В					

1.4. Контрольные вопросы

1. Назначение контакторов и магнитных пускателей.
2. Конструкции контакторов и магнитных пускателей.
3. Назначение теплового реле в магнитном пускателе.
4. Начертить схему управления пуском асинхронного двигателя с помощью магнитного пускателя.

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОНТАКТОРОВ И РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

2.1. Цель работы

- 2.1.1. Ознакомиться с техническими данными и изучить конструкцию контакторов и магнитных пускателей переменного тока.
- 2.1.2. Исследовать магнитные пускатели переменного тока.

2.2. Основные теоретические сведения

Контакторы - это коммутационные аппараты, предназначенные для частых включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы. Контакторы применяются в цепях напряжения до 500В переменного тока и 600В постоянного тока.

Контакторы подразделяют на:

электромагнитные, которые срабатывают при помощи электромагнита;

постоянного тока - линейные и ускорения;

переменного тока промышленной частоты;

переменного тока повышенной частоты (до 10 кГц).

Контакторы, служащие для замыкания или размыкания электрических цепей, называют линейными, а контакторы, служащие для закорачивания отдельных ступеней пускового реостата, - ускорения.

Основные узлы любого электромагнитного контактора:

электромагнитный механизм,

главные контакты,

дугогасительное устройство,

вспомогательные контакты.

Принцип действия контакторов заключается в следующем: при подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь притягивается. Подвижный контакт, связанный с якорем, замыкает или размыкает главную цепь. Дугогасительная система обеспечивает быстрое гашение дуги. Вспомогательный блок-контакт используется для согласования работы контактора с другими аппаратами.

Тяговая характеристика электромагнита переменного тока близко подходит к противодействующей характеристике, в результате, контакторы переменного тока обладают высоким коэффициентом возврата (0,6...0,7), что дает возможность осуществить защиту объекта от падения напряжения.

Промышленностью выпускаются следующие основные серии контакторов переменного тока:

контакторы серии КТ на номинальные токи 75, 150, 300 и 600А и номинальные напряжения 380В и 500В.

контакторы серии КИ - предназначены в основном для установки в магнитных пускателях на токи 60, 100 и 150А и напряжением 380В.

Контакторы выполняют свои функции удовлетворительно, если напряжение на зажимах катушки:

$$U = (0,85...1.1)U_{ном} \quad (2.1)$$

Снижение напряжения ниже $0,85.U_{ном}$ уменьшает силу, удерживающую якорь, в результате чего при некотором напряжении отпадения, происходит отрыв якоря от полюсов. Наименьшее напряжение, при котором происходит включение контактора, называют напряжением срабатывания, а их отношение называют коэффициентом возврата.

$$K_{\theta} = \frac{U_{omn}}{U_{cp}}, \quad (2.2)$$

Механической характеристикой контактора называют зависимость механических противодействующих сил от величины рабочего зазора,

Противодействующие силы в электромагнитных контакторах создаются с помощью пружин.

Магнитный пускатель - это контактор переменного тока, предназначенный для дистанционного управления и защиты от понижения напряжения питающей сети асинхронных двигателей малой и средней мощности.

Основным узлом магнитного пускателя, как контактора, является электромагнит переменного тока, приводящий в действие систему с контактами.

Обычно в магнитных пускателях применяют трех полюсный контактор переменного тока, имеющий три главных замыкающих контакта и от одного до четырех вспомогательных, блокировочных контактов.

В кожух магнитного пускателя, кроме контактора, часто встраивается тепловое реле, выполняющее токовую защиту с выдержкой времени, зависящей от величины тока.

Выбор магнитного пускателя и контакторов производится:

по номинальному напряжению сети;

по току нагрузки;

по мощности двигателя исполнительного механизма;

по режиму работы;

по числу включений в час;

по номинальному напряжению контактов аппарата;

по времени включения и отключения.

2.3. План работы

2.3.1. Изучить устройство, назначение электромагнитных контакторов и реле постоянного тока.

2.3.5. Для исследования свойств промежуточных реле постоянного тока с номинальным напряжением катушки 24В необходимо собрать схему согласно рис. 2.1.

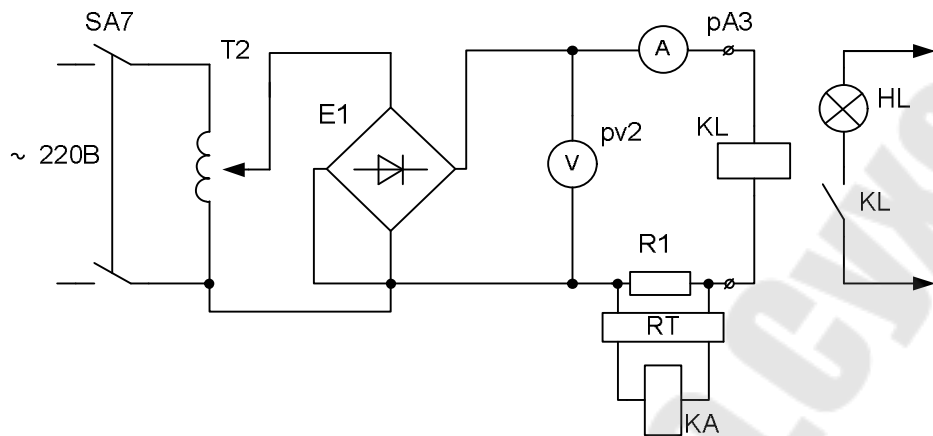


Рис.2.1. Схема исследования электромагнитного реле РП-21

Далее работа выполняется аналогично приведенной выше (напряжение, подаваемое на катушку реле изменяется регулятором напряжения). Результаты измерений занести в табл. 1.3 и произвести расчеты, как и в предыдущем опыте (кроме номинальной и пусковой полной мощности).

Таблица 1.3

Результаты опыта

Напряжение срабатывания, В					
Ток при не втянутом якоре в опыте на включение, А					
Ток при втянутом якоре в опыте на включение, А					
Напряжение возврата, В					

2.4. Контрольные вопросы

1. Назначение контакторов постоянного тока.
2. Конструкции контакторов постоянного тока.
3. Назначение электромагнитного реле постоянного тока.
4. Начертить схему электрическую исследуемого реле.

Лабораторная работа 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

3.1. Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией и техническими данными низковольтных предохранителей типов ПР-2, ПН-2, ПНД-2, ПРС, НПН-60.
2. Снять времятоковую характеристику плавкой вставки и сравнить с расчетной.

3.2. Основные теоретические сведения.

Плавкими предохранителями называют электрический аппарат, который при токе, большем заданной величины, размыкает электрическую цепь путем расплавления плавкой вставки, непосредственно нагретой током до расплавления.

Предохранители можно классифицировать по степени закрытия плавкой вставки на:

предохранители с полузакрытым патроном;

предохранители с закрытым патроном, - в которых отсутствует выброс пламени дуги при перегорании плавкой вставки.

Предохранители с закрытым патроном могут быть с наполнителем и без него. В предохранителях с наполнителем дуга гасится в порошкообразном наполнителе, а в предохранителях без наполнителя вследствие высокого давления газов в патроне.

Материалы для плавких вставок должны иметь малое удельное сопротивление, небольшую температуру плавления и, кроме того, должны быть стойкими к окислению.

В современных предохранителях для плавких вставок обычно применяются медь, цинк, серебро.

Медь по сравнению с цинком имеет малое удельное сопротивление, что позволяет применять плавкие вставки небольшого сечения. Однако медь имеет весьма высокую температуру плавления (около 1083°C) и подвержена окислению.

Серебро, как и медь, имеет малое удельное сопротивление и, кроме того, не окисляется, что обуславливает высокую стабильность пограничных токов серебряных вставок. Температура плавления серебра - 961°C.

В предохранителях с медными или серебряными вставками при небольших токах перегрузки возможен значительный нагрев патрона предохранителя и его разрушение. Одним из способов снижения температуры плавления вставки является применение металлургического эффекта, когда на медную или серебряную вставку напаивают шарики из металла с низкой температурой плавления (олово, свинец). При нагреве от тока перегрузки шарик плавится и растворяет в себе металл вставки, что приводит, в конечном счете, к изменению сечения вставки и ее расплавлению в этом месте. Металлургический эффект способствует заметному снижению времени перегорания вставок при небольших токах перегрузки.

К достоинствам цинковых вставок следует отнести, помимо высокой температуры плавления (419°C), неизменность их сечения при эксплуатации.

Основными параметрами предохранителей являются:

номинальный ток патрона - максимальный ток, при котором токоведущие и контактные части нагреваются не выше допустимой температуры;

номинальный ток вставки - длительный рабочий ток, при котором плавкая вставка не должна перегорать;

предельный ток отключения предохранителя.

Полное время отключения цепи предохранителем складывается из времени нагрева вставки до плавления, времени перехода из твердого состояния в жидкое (плавление) и времени горения (гашения дуги):

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{нагр}} + t_{\text{пл}} + t_{\text{дуги}} \quad (3.1)$$

Зависимость полного времени отключения цепи плавким предохранителем от тока называют времятоковой характеристикой, или защитной характеристикой.

Предохранитель будет защищать объект лишь в том случае, если его защитная характеристика располагается несколько ниже защитной характеристики, защищаемого объекта при любом значении тока в цепи (рис. 2.1).

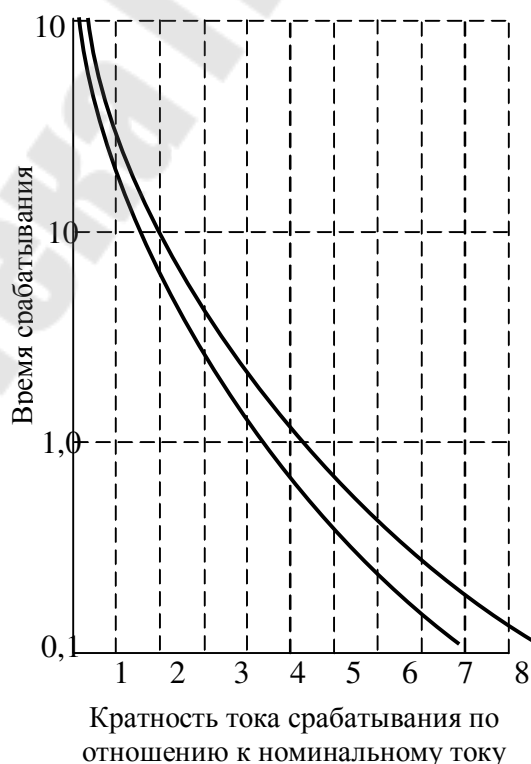


Рис. 3.1. Защитная характеристика плавкого предохранителя

Крутизна защитной характеристики предохранителя определяет быстрдействие срабатывания предохранителя а, следовательно, надежность защиты.

Величина тока, при котором вставка предохранителя не перегорает в течение длительного времени, называют пограничным током.

Номинальный ток плавкой вставки должен быть меньше пограничного тока.

Для обычных предохранителей отключение 5-10 - кратного тока происходит примерно за время 0,5-0,1с, а 1,5-2 - кратного тока – за 20-50с.

Для цепей, требующих большего быстрдействия защиты, созданы специальные быстрдействующие предохранители (серия ПНБ), которые отключают 5-10 - кратный ток за время не более 0,01с, а 1,5-2 -кратный ток - за 10с.

В некоторых случаях требуется, наоборот, повышенная инерционность срабатывания предохранителя, например для защиты асинхронных двигателей с прямым пуском. Для таких цепей имеются специальные инерционные предохранители с двумя различными плавкими вставками, что обуславливает двухступенчатый вид защитной характеристики с различной крутизной.

Каждый тип предохранителя изготавливают на определенный номинальный наибольший ток, а плавкие вставки к нему, делают на несколько значений номинального тока. Так, например, предохранитель на номинальный ток 60А снабжают плавкими вставками на токи 15, 20, 25, 35, 45 и 60 А.

Выбор предохранителя производится:

по номинальному напряжению сети производится по условию:

по длительному расчетному току линии:

по условиям пуска асинхронных двигателей:

$$I_{\text{ном пл.вст}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha}, \quad (3.2)$$

где α - коэффициент, зависящий от условий пуска;

для группы электродвигателей определяется ток кратковременный по выражению 2.3

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{пуск max}} + \sum I_{\text{ном гр}} \quad (3.3)$$

где $I_{кр}$ - расчетный кратковременный ток группы электродвигателей, А

3.3. План работы

3.3.1. Изучить теоретические сведения и конструкции низковольтных предохранителей по имеющимся образцам, плакатам и справочной литературе.

3.3.2. Снять времятоковую характеристику медной круглой вставки для различных сечений вставок.

Для снятия данной характеристики необходимо собрать схему рисунок 3.2.

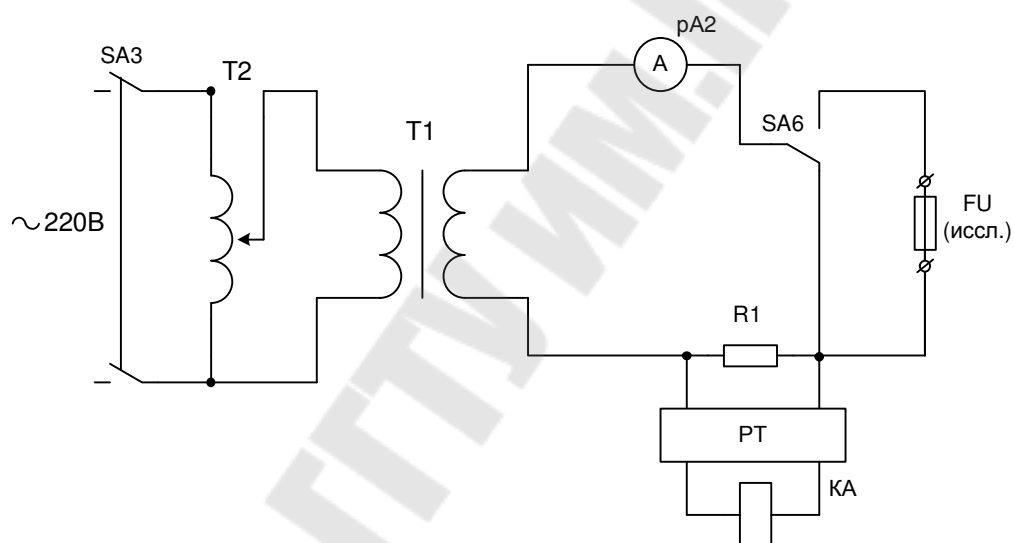


Рис. 3.2. Схема исследования плавкого предохранителя

В держатель предохранителя установить плавкую вставку на 0,5...1,0 А (при отсутствии последних рекомендуется напаять отрезки одножильного медного провода необходимого сечения, на неисправную плавкую вставку). Включить секундомер тумблером «Вкл. СЕК» При ненулевых показаниях секундомера произвести сброс одноименной кнопкой. Тумблер SA6 должен находиться в нижнем положении, при котором ток нагрузки через предохранитель не протекает. Включить тумблером ЛАТР и постепенно увеличивая напряжение, подаваемое на понижающий трансформатор T1 установить необходимую величину тока. Зафиксировать показания приборов. Затем тумблером SA6 переключить цепь на исследуемый предохранитель Пр. Секундомер начнет отсчет и остановится при перегорании нити предохранителя. Записать показания секундомера и затем обнулить

индикаторы кнопкой «Сброс». Повторить опыт при различных величинах тока.

Данные занести в табл. 3.1. и рассчитать температуру плавления по формуле:

$$t_{пл} = \frac{S^2}{I^2} 10^5, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

где S - сечение вставки, мм^2 ; I - значение устанавливаемого тока по шкале, А.

3.3.3. По данным опыта п.3.3.2 построить в одном масштабе времятоковые характеристики, сравнить их и сделать выводы.

Таблица 3.1

Результаты опыта

Ток нагрузки, А				
Показание секундомера, с				
Расчетная температура плавления, $^\circ\text{C}$				

3.3.4. Контрольные вопросы

1. Назначение предохранителей.
2. Требования к материалу для плавких вставок.
3. Назначение металлургического эффекта в предохранителях.
4. Особенности работы предохранителя при "пограничном" токе.
5. Основные параметры предохранителей.
6. Схема включения предохранителей в защищаемую цепь

Лабораторная работа 4

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

4.1. Цель работы

1. Изучить устройство, конструкции и принцип действия автоматических выключателей, применяемых в системах электроснабжения и в электроприводах.

4.2. Основные теоретические сведения

Автоматический воздушный выключатель (автомат) - аппарат, предназначенный для автоматического размыкания электрических цепей.

Как правило, автоматические выключатели выполняют функции защиты при коротких замыканиях, перегрузках, снижении или исчез-

новении напряжения, изменения направления передачи мощности или тока.

Независимо от назначения, автоматы состоят из следующих основных узлов:

контактной системы;

дугогасительной системы;

привода;

механизма свободного расцепления расцепителей;

коммутатора с блок-контактами.

Контактная система автоматов должна находиться под током не отключаясь весьма длительное время и быть способной выключать большие токи короткого замыкания. Широкое распространение получили двухступенчатые (главные и дугогасительные) и трехступенчатые (главные, промежуточные и дугогасительные) контактные системы.

Дугогасительная система должна обеспечивать гашение дуги больших токов короткого замыкания в ограниченном объеме пространства. Задача дугогасительного устройства заключается в том, чтобы ограничить размеры дуги и обеспечить ее гашение в малом объеме. Распространение получили камеры с широкими щелями и камеры с дугогасительными решетками.

Привод в автомате служит для включения автомата по команде оператора.

Отключение автоматов осуществляется отключающими пружинами.

Механизм свободного расцепления предназначен:

исключить возможность удерживать контакты автомата во включенном положении (рукояткой, дистанционным приводом) при наличии ненормального режима работы защищаемой цепи;

обеспечить моментальное отключение, т.е. не зависящую от операторов, рода и массы привода скорость расхождения контактов.

Механизм представляет собой систему шарнирно-связанных рычагов, соединяющих привод включения с системой подвижных контактов, которые связаны с отключающей пружиной. Механизм свободного расцепления позволяет автомату отключаться в любой момент времени, в том числе и в процессе включения, когда включающая сила воздействует на подвижную систему автомата.

При отключении автомата первыми размыкаются главные контакты и весь ток перейдет в параллельную цепь дугогасительных контактов с накладками из дугостойкого материала. На главных контактах дуга не должна возникать, чтобы они не обгорели. Дугогаситель-

ные контакты размыкаются, когда главные контакты расходятся на значительное расстояние. На них возникает электрическая дуга, которая выдувается вверх и гасится в дугогасительной камере.

Расцепители - элементы, контролирующие заданный параметр цепи и воздействующие через механизм свободного расцепления на отключение автомата при отклонении заданного параметра за установленные пределы.

В зависимости от выполняемых функций защиты расцепители бывают:

токовые максимальные мгновенного или замедленного действия;

напряжения - минимальное, для отключения автомата при снижении напряжения ниже определенного уровня;

обратного тока - срабатывает при изменении направления тока;

тепловые - работают в зависимости от величины тока и времени его протекания (применяются обычно для защиты от перегрузок)

комбинированные - срабатывают при сочетании ряда факторов.

Блокировочные контакты служат для производства переключения в цепях

Управления блокировки, сигнализации в зависимости от коммутационного положения автомата.

Вспомогательные контакты выполняются нормально открытыми (замыкающие) и нормально закрытыми (размыкающие).

Номинальный ток, защищающего от перегрузки электромагнитного теплового или комбинированного расцепителя автоматов выбирается по длительному расчетному току линии;

$$I_{\text{ном.р.}} = 1,13 \dots 1,45 I_{\text{ном.дв}} \quad (4.1)$$

ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечки) $I_{\text{ср}}$ определяется по условию:

$$I_{\text{ср}} = 1,25 I_{\text{кр}}, \quad (4.2)$$

где $I_{\text{кр}}$ - максимальный кратковременный ток линии, который при ответвлении к одиночному электродвигателю равен его пусковому току $I_{\text{пуск}}$.

Автоматические выключатели серии А3700 рассчитаны на напряжение до 440В постоянного тока и до 660В переменного тока и

номинальную силу тока 160, 250, 400 и 630А. Уставки токов срабатывания выключателей составляют десятикратную величину их номинальных токов. Серийно изготавливаются также автоматические выключатели типов АЕ2000 на номинальный ток до 100А; АК63 на номинальный ток до 63А; А63 на номинальный ток до 25А и более новые серии ВА.

4.3. План работы

4.3.1 Для исследования свойств автоматического выключателя серии ВА необходимо собрать схему рис. 4.1. исследования автоматического выключателя с электромагнитным расцепителем.

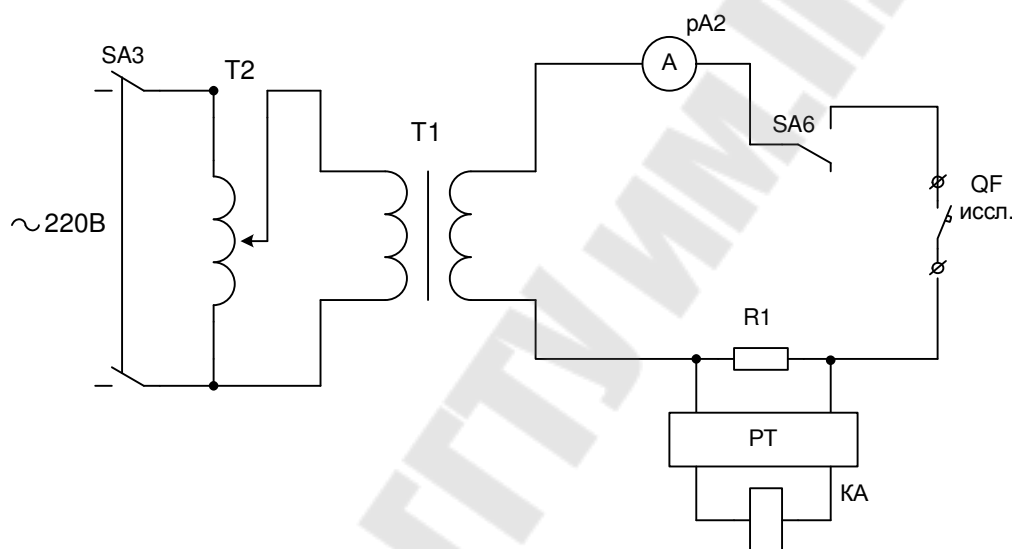


Рис. 4.1. Схема исследования автоматического выключателя серии ВА

4.3.2. Включить ЛАТР и плавно увеличивая ток нагрузки через автомат, добиться срабатывания максимальной защиты. Зафиксировать показания амперметра. Затем вернуть регулятор напряжения в положение MIN и установить рычаг выключателя в положение "0". Далее вновь включить автомат и повторить опыт несколько раз. Показания прибора А1 занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Результаты опыта

Значение тока уставки	Значение тока нагрузки, при котором срабатывает автомат						

4.4. Контрольные вопросы

1. Назначение воздушных выключателей.
2. Понятие о времени срабатывания автомата.
3. Основные узлы автоматов и их назначение.
4. Функции и виды расцепителей.
5. Принцип гашения дуги в автоматическом выключателе.
6. Вид характеристики теплового расцепителя.

Лабораторная работа 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЛЕ

5.1. Цель работы

1. Ознакомиться с конструкциями тепловых реле.
2. Изучить принцип действия тепловых реле.

5.2. Основные теоретические сведения

При незначительных длительных перегрузках в электродвигателях, электромагнитах и других токоприемниках, возникающих при возрастании момента сопротивления на рабочем органе машины или засчет витковых замыканий в обмотках, протекает ток, превышающий допустимое значение на 20...50%. Такой режим работы приводит к перегреву обмоток и электродвигателя в целом, а следовательно, к преждевременному выходу его из строя. Для защиты электрооборудования от таких перегрузок служат тепловые реле, которые включают последовательно в контролируемую цепь.

Тепловые реле работают в цепях переменного и постоянного тока. Их используют как самостоятельно, так и в составе магнитных пускателей.

Основным элементом теплового реле является биметаллическая пластина.

Нагрев биметаллического элемента может производиться за счет тепла, выделяемого в пластине током нагрузки. Очень часто нагрев биметалла производится от специального нагревателя, по которому протекает ток нагрузки.

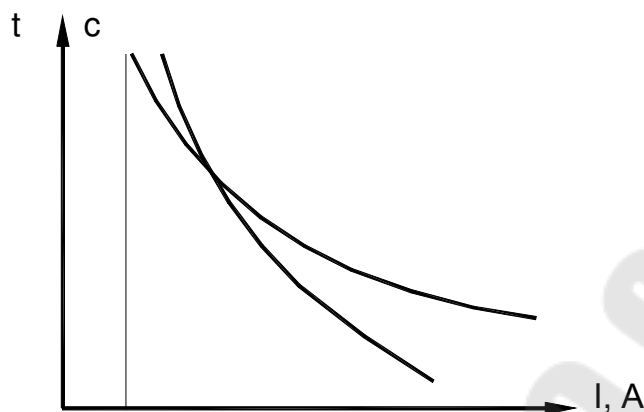


Рис. 5.1. Времятоковая характеристика электротеплового реле

Лучшие характеристики получаются при комбинированном нагреве, когда пластина нагревается за счет тепла, выделяемого специальным нагревателем, также обтекаемым током нагрузки.),

Прогибаясь, биметаллическая пластина своим свободным концом воздействует на контактную систему, обеспечивая срабатывание реле.

Основной характеристикой теплового реле является зависимость времени срабатывания от тока нагрузки (времятоковая характеристика имеющая вид на рис. 5.1.

Для обеспечения надежной защиты времятоковая характеристика реле должна проходить во всем диапазоне изменения токов перегрузки ниже время-токовой характеристики защищаемого оборудования, что достигается правильным выбором теплового реле по току.

Реле изготавливают одно-, двух- и трехфазного исполнения (типов РТ, ТРВ, ТРА, ТРН, ТРП и РТЛ) на различные токи от 0,5 до 600А. Номинальный ток теплового реле является его максимально допустимым током, а сменные тепловые элементы позволяют получить для каждого типоразмера реле от 4 до 12 номинальных токов уставки. При этом для каждого теплового элемента его ток уставки может изменяться (уменьшаться) специальным регулятором до 30% от номинального значения, а некоторые типы реле (ТРН) имеют предел регулирования.

Тепловые реле выбираются по номинальному току теплового элемента и номинальному току двигателя:

для двигателей, работающих в длительном режиме работы.

для двигателей, работающих в кратковременном режиме, тепловая защита нецелесообразна.

5.3. План работы.

5.3.1. В качестве исследуемого применяется реле ТРН-10 с номинальной уставкой тока 1 А. Для исследования необходимо собрать схему на рис. 5.2.

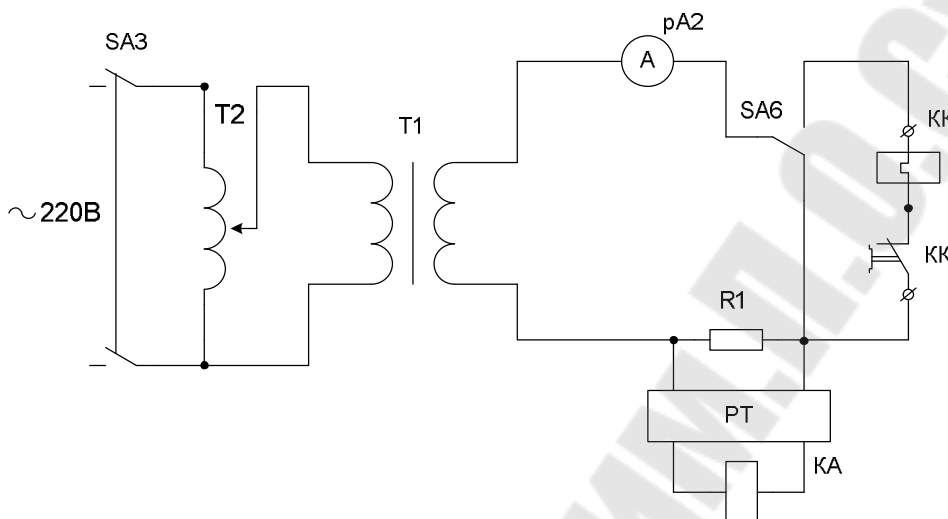


Рис. 5.2. Схема исследования электротеплового реле

Так как время срабатывания реле измеряется десятками секунд или минутами, то можно в качестве секундомера использовать наручные часы (при этом часть схемы с секундомером не нужна). Работу начинают с включения ЛАТРа и регулятором устанавливают необходимую величину тока нагрузки. Затем отключают ЛАТР, обнуляют показания секундомера и после паузы, необходимой для остывания теплового элемента реле вновь включают. Секундомер начинает отсчет и останавливается после срабатывания реле. Во избежание перегрева теплового элемента реле ЛАТР следует сразу отключить.

Перед повтором эксперимента необходимо сделать паузу для полного остывания теплового элемента реле и затем вернуть его в исходное состояние нажатием возвратной кнопки. Затем устанавливают другую величину тока нагрузки и повторяют выше приведенные действия. Данные, полученные по показаниям приборов, заносят в таблицу и строят зависимость времени срабатывания теплового реле от тока нагрузки.

Допускается дополнить схему лабораторной работы, встроив контакт магнитного пускателя с рабочим напряжением катушки 220В между выходом регулятора напряжения и первичной цепью понижающего трансформатора, а его катушку запитать от гнезд 220В в блоке ТРН через размыкающий контакт теплового реле (при этом SA2

нужно будет включить). Тем самым достигается автоматическое отключение нагрузки при срабатывании теплового реле. В цепь же секундомера взамен контакта теплового реле включается замыкающий контакт пускателя.

5.3.2. Снять времятоковую характеристику медной круглой вставки для различных сечений вставок.

5.3.3. По данным опыта п. 5.3.2 построить в одном масштабе времятоковые характеристики, сравнить их и сделать выводы.

Таблица 5.1

Результаты опыта

Ток нагрузки, $I_{\text{ном}}$, А				
Показание секундомерa, с				
Расчетная температура плавления $t_{\text{пл}}$, °С				

5.4. Контрольные вопросы

1. Какие виды биметаллических пластин применяются в тепловых реле?

2. Как регулируется ток срабатывания теплового реле с непосредственным и косвенным нагревом?

3. Как зависит величина прогиба пластины от ее длины и толщины?

Лабораторная работа 6

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

6.1. Цель работы

1. Ознакомиться с конструкциями электромагнитного реле максимального тока.

2. Произвести проверку и снятие основных характеристик реле максимального тока.

6.2. Основные теоретические сведения

Плавкие предохранители - простые, но не совершенные аппараты защиты. Изменение уставки срабатывания возможно только ступенчатое путем замены патронов, а регулирование времени срабатывания вообще невозможно. В этом отношении более совершенным аппаратом токовой защиты электрических приемников и цепей являются максимальные токовые реле.

Максимальным токовым реле называют реле, реагирующее на увеличение тока в защищаемой цепи. С помощью таких реле осуществляются максимальные токовые защиты, отключающие электроу-

тановки при сверхтоках, возникающих при перегрузках и коротких замыканиях.

Устройство одного из видов реле максимального тока представлено на рис. 6.1.

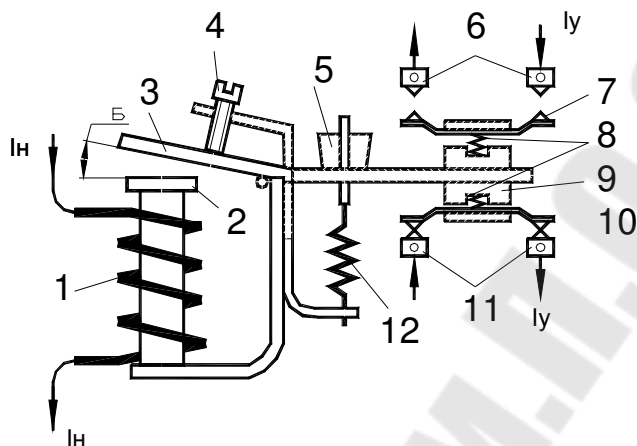


Рис. 6.1. Схема реле максимального тока

Катушку 1 включают последовательно в контролируемую цепь с током нагрузки I_n . Когда этот ток достигает величины заданного тока срабатывания, при котором электромагнитная сила в зазоре становится выше противодействующей силы пружины 12, якорь 3 притягивается к полюсному наконечнику 2. Происходит размыкание контактов 10 - 11 и замыкание контактов 6,7. Подвижные контакты 7 и 10 закреплены на якоре 3 с помощью пластмассовых колодок 9. Сила нажатия в контактах создается пружинами 8.

Ток срабатывания электромагнитного реле можно регулировать изменением числа витков катушки 1. Силу натяжения возвратной пружины 12 изменяют с помощью гайки 5 и рабочего воздушного зазора, который устанавливают с помощью винта 4. Диапазон регулирования тока срабатывания таких реле достигает четырех и настраивается бесступенчато, что весьма важно для достижения высокой точности работы. Время срабатывания электромагнитного токового реле обычно не превышает 0,03с при и 0,1с при. На таком принципе работают и реле минимального ток, а также реле минимального и максимального напряжения. Максимальные токовые реле электромагнитного принципа действия могут работать в цепях как переменного, так и постоянного тока.

Минимальный ток, при котором срабатывает реле, называют током срабатывания

Максимальный ток, при котором якорь реле возвращается в исходное положение, называют током возврата I_B .

Отношение тока возврата к току срабатывания реле называют коэффициентом возврата

$$K_B = \frac{I_{уст}}{I_{ср}}, \quad (6.1)$$

Коэффициент возврата всегда меньше единицы: чем ближе K_B к единице, тем выше чувствительность максимальной токовой защиты.

К группе электромагнитных токовых реле относится токовое реле типа РТ-40. Все реле РТ-40 имеют один замыкающий и один размыкающий контакты. У реле серии РТ-40 коэффициент возврата не менее 0,85 на первой уставке (минимальной) и не менее 0,8 на остальных уставках шкалы.

Время срабатывания при токе в катушках реле равно и 0,03с при и выше.

Потребляемая мощность при токе находится в пределах 0,2...0,8 ВА. Причем меньшую величину имеют реле с уставкой до 2А, большую величину – реле с уставкой до 200А.

При защите асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором ток уставки реле максимального тока выбирается по пусковому току двигателя:

$$I_{уст} = (2,25...2,5)I_{ном\ дв.} \quad (6.2)$$

Схема включения токовых электромагнитных реле приведена на рис. 6.2.

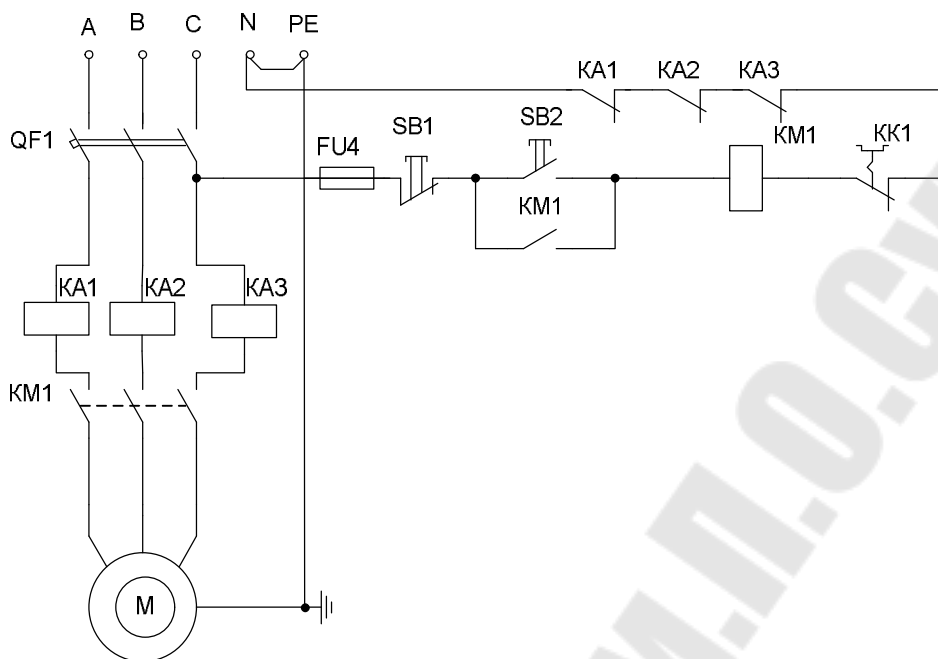


Рис. 6.2. Схема включения электродвигателя в сеть с токовым реле

6.3. План работы

6.3.1. Собрать схему для исследования реле максимального тока типа РТ-40 (рис. 6.3.).

Установить требуемую величину тока уставки $I_{уст.}$, перемещая регулятор реле. Включить стенд, затем включить источник питания 24В тумблером. Включить регулятор напряжения и увеличивать ток нагрузки до момента срабатывания реле максимального тока (индикатор погаснет), зафиксировать величину тока срабатывания. Затем уменьшить величину тока до момента отпускания реле (индикатор вновь загорится). Зафиксировать показания амперметра. Повторить опыт несколько раз при одном значении тока уставки и затем также при других величинах тока уставки. Данные занести в табл. 6.1. Вычислить среднее значение тока срабатывания и тока возврата и определить коэффициент возврата.

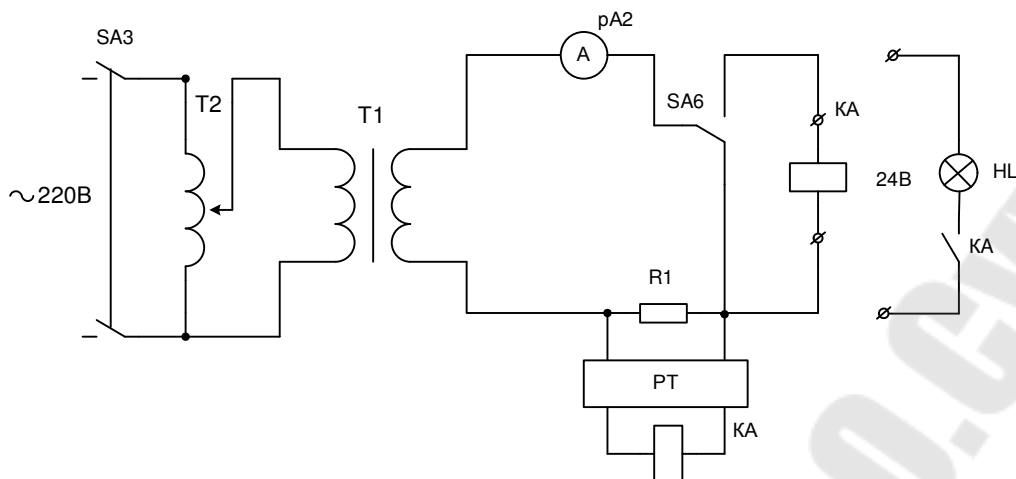


Рис. 6.3. Схема исследования токового реле

Таблица 6.1

Результаты опыта

$I_{уст}$	$I_{сп.}$			$I_{сп.сп.}$			$I_{воз.}$			$I_{воз.сп}$	K_B	%
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			

6.4. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены максимальные токовые реле?
2. Каким образом регулируется ток срабатывания у электромагнитных максимальных токовых реле?
3. Почему коэффициент возврата у реле меньше единицы?
4. Рассказать принцип действия реле максимального тока.
5. Рассказать принцип действия схемы включения реле максимального тока для защиты асинхронного двигателя от токов короткого замыкания.

Лабораторная работа 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

7.1. Цель работы

1. Изучить конструкцию и принцип действия электромагнитного реле времени.
2. Освоить способы настройки реле времени на заданную выдержку времени.
3. Исследовать влияние напряжения на работу реле времени.

7.2. Основные теоретические сведения.

Электромагнитное реле времени обеспечивает выдержку времени с момента подачи сигнала управления на реле времени и моментом замыкания или размыкания его контактов.

Временем срабатывания электромагнитного реле времени называют время, проходящее с момента замыкания цепи катушки до полного притяжения якоря или, наоборот, с момента отключения катушки от сети до полного отпадания якоря. В первом случае время срабатывания называют временем срабатывания на включение, а во втором случае - временем срабатывания на отключение.

Время срабатывания как при включении, так и при отключении состоит из двух составляющих:

первая составляющая, называемая временем трогания, определяет собой: при включении - время, протекающее с момента замыкания цепи катушки до начала трогания якоря; при отключении - время, с момента размыкания цепи катушки до начала отпускания якоря;

вторая составляющая - время движения якоря до полного его притяжения (при включении) или до полного отпадания (при отключении).

Замедленное срабатывание электромагнита, как при включении, так и отключении от сети может быть осуществлено увеличением времени трогания или движения. В первом случае замедление достигается с помощью магнитного демпфирования, во втором - с помощью механического демпфирования.

Для притяжения или отпускания якоря электромагнитного реле необходимо наличие в магнитной системе определенной величины магнитного потока. Необходимая величина потока достигается не сразу после включения или отключения реле от сети, а через определенный промежуток времени. Замедляя нарастание (при включении) или спад (при отключении) магнитного потока, можно изменять время притяжения или отпускания якоря. Способы воздействия на скорость изменения магнитного потока в магнитопроводе при включении или отключении реле и носят название магнитного демпфирования.

Все способы магнитного демпфирования основаны на использовании магнитных потоков, создаваемых вихревыми токами, которые появляются в массивных деталях магнитной системы реле при изменении основного магнитного потока. При включении они будут уменьшать скорость возрастания потока в магнитопроводе, а при отключении - скорость спадания потока.

Очевидно, эффективность этого метода будет тем больше, чем больше абсолютная величина основного потока. Поэтому метод магнитного демпфирования дает заметное замедление при отключении

электромагнита, когда воздушные зазоры малы и величина основного потока велика.

С целью усиления магнитного демпфирования электромагниты, предназначенные для получения выдержек времени, дополняются специальными, короткозамкнутыми катушками, охватывающими магнитопровод. Короткозамкнутая катушка, называемая демпфирующей, обычно исполняется в виде массивной гильзы (медной или алюминиевой) или отдельных коротких втулок, которые насаживаются на магнитопровод.

Применение коротких втулок позволяет получать различные выдержки времени при включении в зависимости от их места расположения на сердечнике. Так, при расположении демпфирующих втулок у торца сердечника (вблизи рабочего воздушного зазора) выдержка времени при включении будет больше, чем при их расположении у основания сердечника. Это объясняется тем, что в первом случае в первоначальные моменты времени после включения электромагнита втулки охватываются практически полным магнитным потоком и в них будут наводиться большие вихревые токи. Во втором же случае (расположение втулок у основания сердечника) вначале после включения магнитный поток будет замыкаться через якорь по воздуху от корпуса к сердечнику, минуя замедляющую втулку со всеми вытекающими из этого последствиями - малыми вихревыми токами и, следовательно, малыми выдержками времени. При отключении электромагнита месторасположение втулок не имеет большого значения, так как и в том и в другом случае втулки охватываются одинаковым магнитным потоком.

Грубое ступенчатое регулирование выдержки времени можно производить путем изменения толщины немагнитной прокладки, установленной на торце якоря. Толщина прокладки, не сказываясь практически на величине установившегося магнитного потока при замкнутом якоре, изменяет индуктивность системы и тем самым влияет на скорость изменения потока. С увеличением толщины прокладки скорость изменения потока возрастает и выдержка времени уменьшается и, наоборот, с уменьшением толщины прокладки скорость изменения потока уменьшается, а выдержка времени возрастает. Толщина прокладки берется от 0,1 мм и выше.

Плавный способ регулирования выдержки времени заключается в изменении натяжения отжимной пружины.

Оба способа позволяют изменять выдержку времени от нескольких десятых долей секунды до нескольких секунд с относительной погрешностью не более 10%.

Реле времени ВЛ выпускают:
напряжение 36, 110, 127, 220, 240, 380, 400, 440, 500В (50Гц или 60Гц);

ток, коммутируемый контактами, до 4А;

диапазон регулирования выдержки времени от 0,4 до 180 с;

разброс характеристик 15%;

мощность, потребляемая катушкой 40 ВА;

количество и исполнение контактов в зависимости от исполнения реле.

7.3. План работы

7.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия реле времени ВЛ-69.

7.3.2. Для исследования свойств реле времени ВЛ-69 необходимо собрать схему согласно рис. 6.1. Тумблер SA4 служит для одновременного запуска электронного секундомера и самого реле времени.

После включения стенда схема готова к пуску. Произвести включение схемы тумблером SA4. Секундомер будет производить отсчет времени до момента срабатывания реле времени. Занести показания секундомера в табл. 7.1, выключить тумблер SA4, обнулить показания секундомера и повторить опыт при различных уставках времени (устанавливается переключателями на лицевой панели реле времени ВЛ-69).

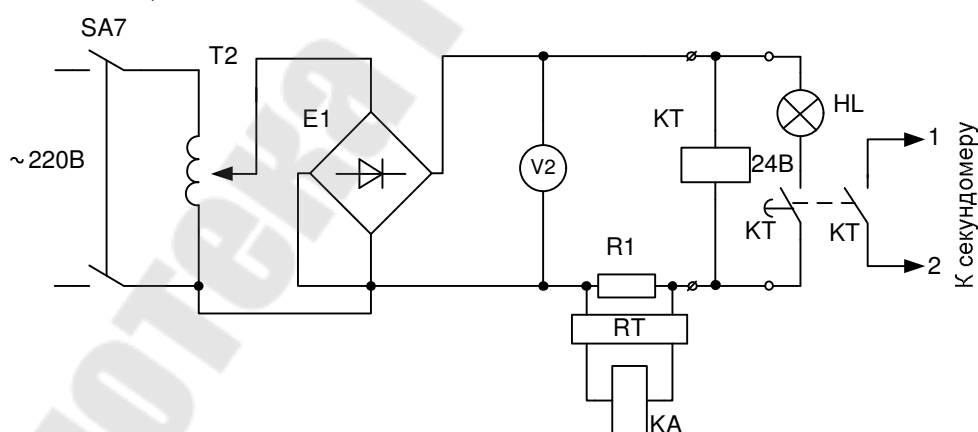


Рис. 7.1. Схема исследования электронного реле времени серии ВЛ-69

Таблица 7.1

Результаты опыта

Уставка времени, с					
Время срабатывания, с					
Погрешность срабатывания, с					
Относительная погрешность, %					

7.3.3. По результатам измерений произвести расчет погрешности срабатывания реле времени по выражению:

$$\Delta t = t_{уст} - t_{ср} \quad (7.1)$$

Рассчитать относительную погрешность по формуле:

$$\Delta = \frac{t_{ср}}{t_{уст}} 100, \% \quad (7.2)$$

Определить среднюю относительную погрешность по формуле:

$$\Delta_{ср} = \frac{t_{ср}}{n} \quad (7.3)$$

где n - число измерений.

7.3.4. Произвести измерения и расчеты по п.п. 7.3.2 и 7.3.3 при пониженном напряжении питания катушки реле времени ВЛ. Данные измерений занести в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Результаты опыта

Уставка времени, с					
Время срабатывания, с					
Погрешность срабатывания, с					
Относительная погрешность, %					

7.4. Контрольные вопросы

1. Что такое время трогания электромагнита?
2. В чем заключается принцип магнитного демпфирования?
3. С какой целью магнитопровод реле времени изготовлен цельным из материала с малым удельным сопротивлением и малой

коэрцитивной силой?

4. Каково назначение массивной гильзы?

5. Каким образом можно регулировать выдержку времени срабатывания реле времени?

Лабораторная работа 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

8.1. Цель работы

1. Изучить устройство, конструкцию и принцип действия дифференциального выключателя (устройства защитного отключения УЗО).

2. Исследовать дифференциальный выключатель (УЗО) с применением прибора MRP-120

8.2. Основные теоретические сведения

Устройства защитного отключения (УЗО) следует применять в электроустановках зданий и сооружений, включая жилые и общественные здания в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током в случае прямого прикосновения к токоведущим частям, либо металлическим корпусам электроустановок, оказавшихся под потенциалом относительно «земли». Устройство защитного отключения предназначается для защиты от косвенного прикосновения, когда человек касается корпуса электроприемника, оказавшегося под напряжением вследствие повреждения изоляции; защиты от прямого прикосновения, когда человек непосредственно касается фазного провода источника питания; защита от пожара, который может возникнуть из-за чрезмерных токов утечки.

На основании [11] защита от поражения электрическим током следует применять в электроустановках зданий и сооружений, включая жилые и общественные здания, УЗО в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током в случае прямого прикосновения к токоведущим частям, либо металлическим корпусам электроустановок, оказавшихся под потенциалом относительно «земли». Устройство защитного отключения предназначается для защиты от косвенного прикосновения, когда человек касается корпуса электроприемника, оказавшегося под напряжением вследствие повреждения изоляции; защиты от прямого прикосновения, когда человек непосредственно касается фазного провода источника питания; защита от пожара, который может возникнуть из-за чрезмерных токов утечки.

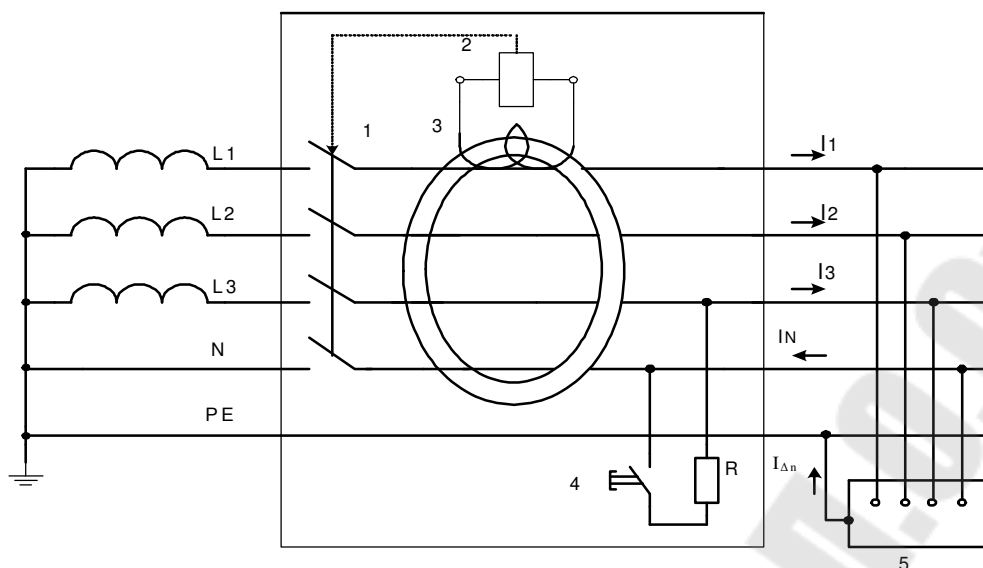


Рис. 8.1. Схема включения УЗО в сеть TN-S:

1 – исполнительный механизм; 2 – блок управления (усилитель); 3 – датчик дифференциального тока (дифференциальный трансформатор); 4 – кнопка тест-контроль;

Согласно стандарта, нормируются следующие параметры УЗО:

Номинальное напряжение ($U_{\text{ном}}$) – действующее значение напряжения, при котором обеспечивается работоспособность УЗО

$$U_{\text{ном}} = 220, 380 \text{ В}$$

Номинальный ток нагрузки ($I_{\text{нагр}}$) – значение тока, которое УЗО может пропускать в продолжительном режиме работы

$$I_{\text{нагр}} = 6; 10; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125 \text{ А}$$

Номинальный отключающий дифференциальный ток ($I_{\Delta\text{ном}}$) – значение дифференциального тока, которое не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации

$$I_{\Delta\text{ном}} = 0,006 \text{ А (6 мА); } 0,01 \text{ А (10 мА); } 0,03 \text{ А (30 мА); } \\ 0,1 \text{ А (100 мА); } 0,3 \text{ А (300 мА); } 0,5 \text{ А (500 мА).}$$

Номинальный не отключающий дифференциальный ток ($I_{\Delta\text{ном}0}$) – значение дифференциального тока, которое не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации

$$I_{\Delta\text{ном}0} = 0,5 \cdot I_{\Delta\text{ном}} \quad (8.1)$$

Предельное значение не отключающего сверхтока (I_m) (сверхток – любой ток, который превышает номинальный ток нагрузки) – минимальное значение не отключающего сверхтока при симметричной нагрузке двух и четырехполюсных УЗО или несимметричной нагрузке четырехполюсных УЗО

$$I_m = 6 \cdot I_{\text{ном}} \quad (8.2)$$

Выбор номинального отключающего дифференциального тока

Первое условие, которое необходимо учитывать при проектировании дополнительной дифференциальной защиты от поражения электрическим током [14] это значение номинального не отключающего дифференциального тока $I_{\Delta\text{ном}0}$, т.е. такого дифференциального тока, при котором и ниже которого УЗО не срабатывает равно $0,5 I_{\Delta\text{ном}}$. Тогда зона уверенного срабатывания УЗО будет находиться в диапазоне от $0,5 I_{\Delta\text{ном}}$ до $1,0 I_{\Delta\text{ном}}$.

Второе условие связано с необходимостью отстройки отключающего дифференциального тока $I_{\Delta\text{ном}}$ от естественных (фоновых) токов утечки, величина которых не должна превышать $\frac{1}{3} I_{\Delta\text{ном}}$, т.е. значение фонового тока утечки не должно приближаться к порогу срабатывания УЗО – $0,5 I_{\Delta\text{ном}}$ [5].

Исходя из этих двух условий, можно вычислить предельное значение расчетного тока нагрузки, при котором для дополнительной защиты электрических сетей допустимо применять УЗО с $I_{\Delta\text{ном}} = 30 \text{ мА}$.

Для электрической сети токарного станка с током нагрузки 31,5 А рассчитаем параметры и произведем выбор УЗО.

Согласно второму условию фоновый ток утечки не должен превышать значение $\frac{1}{3} I_{\Delta\text{ном}} = \frac{1}{3} \cdot 30 = 10 \text{ мА}$.

Расчетное значение фонового тока утечки от тока нагрузки равно

$$0,4 \cdot 31,5 = 12,6 \text{ мА}$$

Следовательно при токах нагрузки более 31,5 А фоновый ток утечки превысит значение 10 мА, что при уставке отключающего дифференциального тока 30 мА не допустимо.

Выбираем устройство защитного отключения на номинальный ток 31,5 А с током номинальным дифференциальным 30 мА.

8.3. Описание прибора MRP-120

Измеритель напряжения прикосновения и параметров устройства защитного отключения MRP-120 предназначен для измерения параметров УЗО, работающих на дифференциальном токе, а также измерение напряжения переменного тока.

Измеритель предназначен для работы на переменном напряжении 230В.

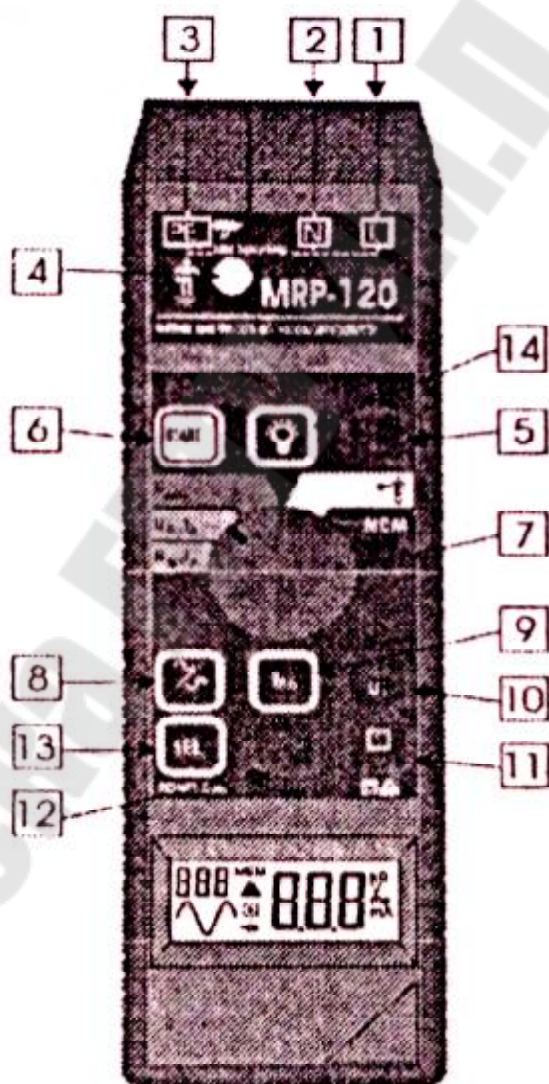


Рис. 8.2. Лицевая панель прибора MRP-120

- 1 – измерительное гнездо *L*;
- 2 – измерительное гнездо *N*;
- 3 – измерительное гнездо *PE*;

- 4 – электрод;
- 5 – клавиш включения и выключения питания;
- 6 – клавиша начало цикла измерения;
- 7 – переключатель функций:
- R, t – измерение сопротивления и времени отключения УЗО;
- U, I – измерение напряжения прикосновения и тока отключения УЗО;
- 8 – клавиша выбор фазы дифференциального тока;
- 9 – клавиша выбор номинального значения дифференциального тока измеряемого УЗО;
- 10 – клавиша выбор значения безопасного напряжения;
- 11 – клавиша выбор измерения УЗО общего типа или селективного;
- 12 – клавиша внесение результатов измерения в память или очистка памяти;
- 13 – клавиша считывание очередного компонента результатов измерения.

8.4. Порядок измерения

8.4.1. Измерение напряжения прикосновения и тока отключения УЗО

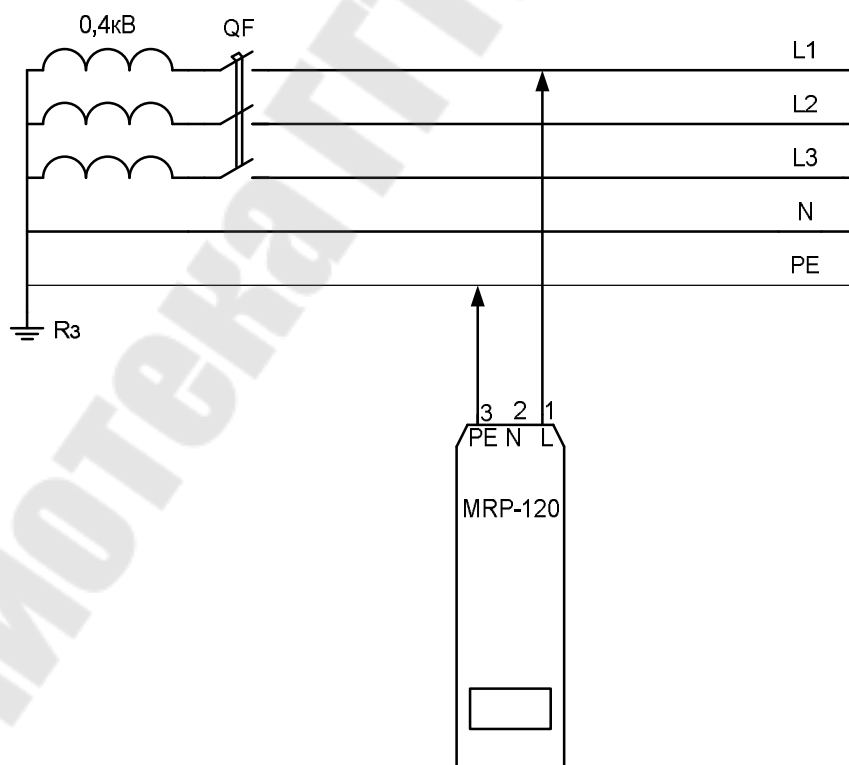


Рис. 8.3. Схема подключения прибора для измерения оборудования оснащенного УЗО

выполнить подключение L , N и PE электрооборудования в соответствии с рис. 8.2;

при помощи переключателя выбрать функцию измерения U_B , I_A ;

при помощи клавиши 11 выбрать селективный или неселективный выключатель УЗО;

при помощи клавиши 10 выбрать значение безопасного напряжения;

при помощи клавиши 9 выбрать номинальное значение выключателя дифференциального тока УЗО;

при помощи клавиши 8 выбрать начальную фазу тестового тока;

при нажатии клавиши 6 производится измерение U_B результат выводится на основное считывающее поле;

при повторном нажатии клавиши 6 производится измерение тока I_A . При отключении УЗО в основном поле будет высвечено значение тока отключения.

Опыт проделать три раза с перерывом в 5 минут, результаты записать в таблицу 8.1.

Таблица 8.1

Результаты опыта

Номер	1	2	3
Напряжение, В			
Ток, А			

8.4.2. Определение правильности подключения защитного проводника PE:

- выполнить соединение в соответствии с рис. 8.3;
- установить переключатель 7 в позицию 1;
- напряжение на PE менее 50 В прибор высвечивает 0 (подключение правильное);
- напряжение на PE больше 50 В прибор высвечивает символ PE (ошибка в оборудовании);
- опыт проделать три раза результаты измерения записать в таблицу 8.1.

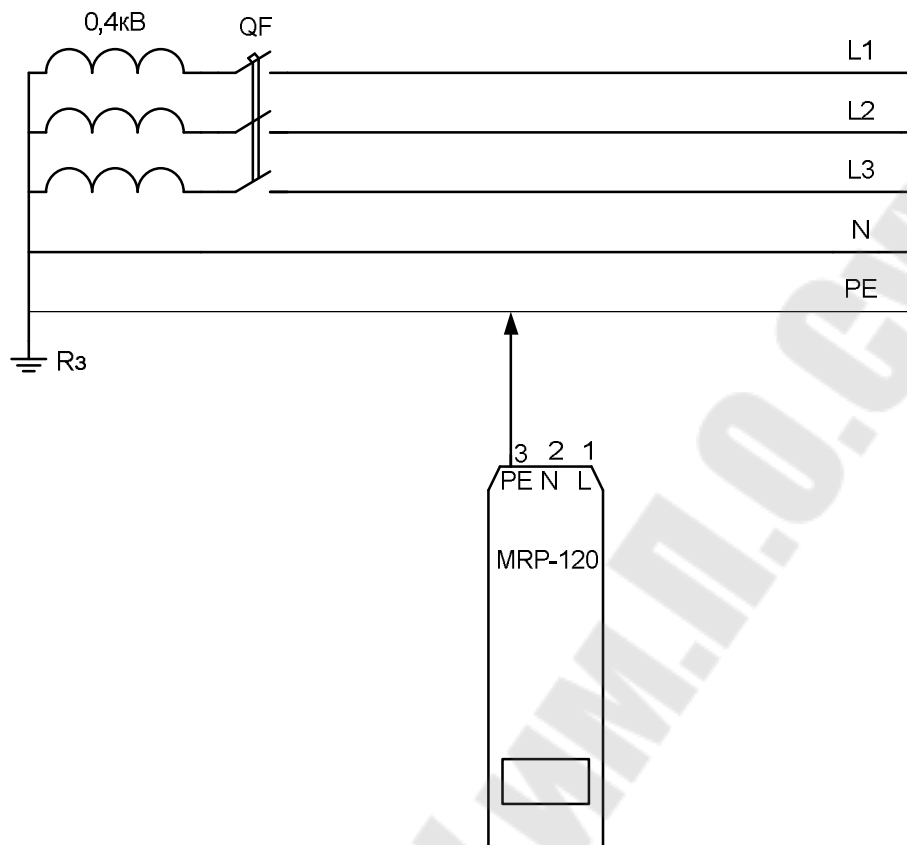


Рис.8.4. Схема определения правильности подключения защитного провода

8.4. Контрольные вопросы

1. Назначение устройства защитного отключения.
2. Понятие о времени срабатывания УЗО.
3. Основные узлы УЗО и их назначение.
4. Как выбрать УЗО по номинальному дифференциальному току?
5. Чем отличается дифференциальный выключатель от УЗО?
6. Вид защитной характеристики дифференциального выключателя.
7. Основные параметры УЗО.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПУЭ ТКП 339-2011. – Электроустановки на напряжение до 750 кВ – Мн.: Минэнерго, 2011. – 592 с.
2. Александров К.К., Кузмина Е.Г. Электрические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
3. Чунихин А.А. Электрические аппараты. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 648 с.
4. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
5. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты. – Мн.: Дизайн-ПРО, 2003.
6. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / И.А. Воронин. – Москва: Додэка-XXI, 2005. – 380 с.
7. Электрические измерения. / под ред. В.Н. Малиновского, - Москва: Энергоатомиздат, - 1985. – 313 с.

Елкин Валерий Дмитриевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ
Практикум
по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности
1-43 01 07 «Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»
дневной формы обучения

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 03.10.18.

Рег. № 85Е.

<http://www.gstu.by>