

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение –
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра электромеханики

М.И. ЦИКАНОВСКАЯ, С.В. МИТРОФАНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ
АВТОМАТИЧЕСКОГО
ВОЗДУШНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВКИХ
ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ»**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения –
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2002

1 Лабораторная работа № 7

Исследование автоматического воздушного выключателя

1.1 Цель работы

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом действия автоматических выключателей. Экспериментальное определение основных характеристик нормального автоматического воздушного выключателя.

1.2 Предмет исследования

Автоматический выключатель – это аппарат, предназначенный для нечастых включений и отключений электрической цепи при нормальной нагрузке, а также для автоматического отключения цепи при возникновении перегрузки, короткого замыкания, исчезновении или снижении напряжения. Автоматические выключатели выполняют одновременно функции защиты и управления.

Различают несколько разновидностей выключателей: универсальные (работают на постоянном и переменном токе), установочные (предназначаются для установки в общедоступных помещениях), быстродействующие постоянного тока, гашения магнитного поля мощных генераторов и др.

Выключатели состоят из следующих основных элементов: главной контактной системы, дугогасительной системы, привода, расцепляющего устройства, расцепителей и вспомогательных контактов.

На рисунке 1 приведена упрощенная схема универсального выключателя. В указанном положении выключатель отключен и электрическая цепь, подсоединенная к выводам *A* и *B*, разомкнута. Для включения выключателя надо вращать по часовой стрелке рукоятку 3. Создается усилие, которое, перемещая рычаги 4 и 5

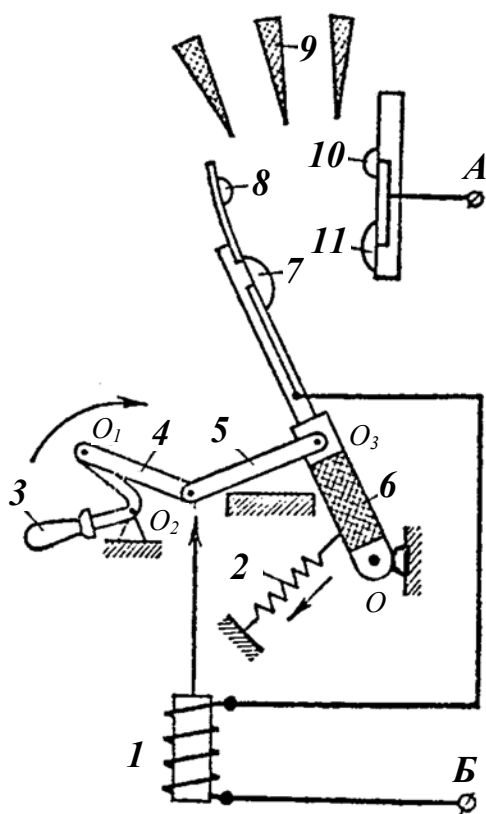


Рисунок 1 – Упрощенная схема

вправо, будет поворачивать основную несущую деталь 6 выключателя вокруг неподвижной оси O по часовой стрелке. При этом замыкаются и включают цепь тока вначале дугогасительные 8 и 10, а затем главные 7 и 11 контакты, и взводится отключающая пружина 2. После включения вся система остается в крайнем правом положении, зафиксированном специальной защелкой (на рисунке 1 не показана).

Когда по катушке 1 электромагнитного расцепителя проходит ток короткого замыкания, на его якоре создается электромагнитная сила, переводящая рычаги 4 и 5 вверх за мертвую точку, в результате чего выключатель отключается автоматически пружиной 2. При этом контакты размыкаются и возникающая на них дуга, выдувается в дугогасительную камеру 9 и гасится в ней.

Система шарнирно связанных рычагов 4 и 5 выполняет функцию расцепляющего устройства, которое в реальных выключателях имеет более сложное устройство.

Расцепляющее устройство позволяет выключателю отключаться в любой момент времени, в том числе и в процессе включения на существующее в электрической цепи короткое замыкание. Если рычаги 4 и 5 переведены вверх за мертвую точку, то жесткая связь между приводной рукояткой 3 и подвижной деталью 6 нарушается и выключатель не включается. Мертвая точка соответствует такому положению рычагов 4 и 5, когда прямые линии O_1O_2 и O_2O_3 , соединяющие оси вращения рычагов, находятся на одной линии. Система рычагов расцепляющего устройства строится так, что для их расцепления требуются незначительные усилия.

При отключении выключателя первыми размыкаются главные контакты 7 и 11 и весь ток перейдет в параллельную цепь дугогасительных контактов 8 и 10 с накладками из дугостойкого материала. На главных контактах дуга не должна возникать, чтобы эти контакты не обгорали. Дугогасительные контакты размыкаются, когда главные контакты расходятся на значительное расстояние. На них возникает электрическая дуга, которая выдувается вверх и гасится в дугогасительной камере 9.

При включении автомата первыми замыкаются дугогасительные контакты, а затем главные. Возможная из-за вибрации контактов электрическая дуга возникает и гасится лишь на дугогасительных контактах.

Расцепители в выключателях выполняют защитные функции и являются измерительными органами. Они контролируют заданный параметр защищаемой цепи и, воздействуя на механизм расцепления, отключают выключатель при отклонении значения параметра от установленного.

В зависимости от выполняемых функций защиты расцепители бывают:

а) токовые максимальные мгновенного или замедленного действия, последние используются как расцепители перегрузки;

б) расцепители напряжения: минимальные – для отключения выключателя при снижении напряжения ниже определенного уровня; независимые – для дистанционного отключения выключателя, срабатывающие при подаче на них соответствующего напряжения;

в) тепловые – работают в зависимости от силы тока и времени его прохождения, применяются обычно для защиты от перегрузок;

г) расцепители обратного тока – срабатывают при изменении направления тока;

д) комбинированные – срабатывают при сочетании ряда факторов;

е) полупроводниковые.

В настоящее время широко применяются полупроводниковые расцепители. Они имеют улучшенные эксплуатационные характеристики: широкие диапазоны регулирования токов и времени срабатывания, что позволяет унифицировать изделия и выпускать меньшую их номенклатуру, не имеют большого количества подвижных элементов. В измерительных органах таких расцепителей применяются трансформаторы тока, а одним из основных элементов является элемент выдержки времени.

Автоматические выключатели характеризуются:

- номинальным напряжением – максимальным напряжением сети, при котором допускается применять выключатель;
- номинальным током – максимальным током, который выдерживает выключатель длительное время;
- собственным временем срабатывания – временем от момента, когда контролируемый параметр превзошел установленное для него значение (уставку – $I_{уст}$), до момента начала расхождения контактов (на рисунке 2 $I_{откл}$), или временем от подачи импульса на отключение до момента начала расхождения контактов. Это время зависит от способа расцепления и конструкции расцепляющего устройства выключателя, от силы отключающих пружин, массы подвижной системы и пути этой

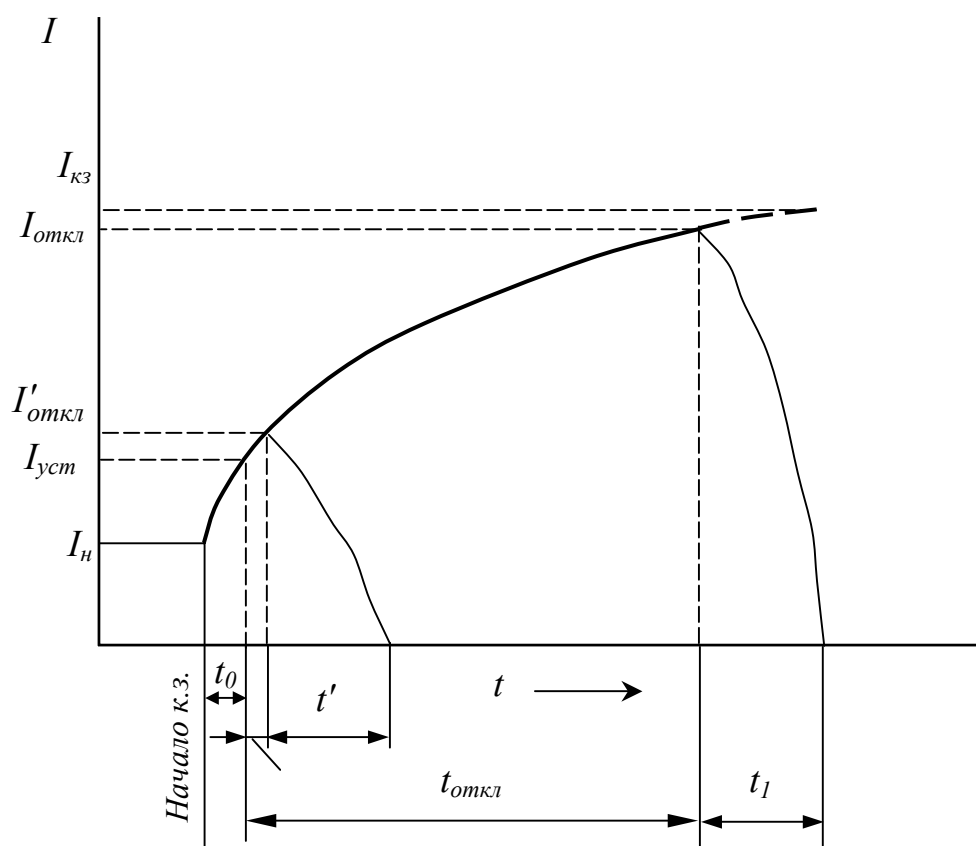


Рисунок 2 – Процесс отключения цепи при коротком замыкании нормальным и быстродействующим выключателем

- массы до момента размыкания контактов;
- полным временем срабатывания – собственным временем отключения плюс время гашения дуги t_l , зависящее главным образом от эффективности дугогасительного устройства.

Автоматы серии АП 50 применяются для защиты участков общепромышленных сетей постоянного тока с напряжением до 220 В и переменного тока с напряжением до 500 В, а также для редких включений и отключений трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Автоматы серии АП 50 выпускаются с тепловыми и электромагнитными расцепителями или без расцепителей (неавтоматические выключатели), без блок-контактов и с блок-контактами: одним замыкающимся (нормально-открытым) и одним размыкающимся (нормально-закрытым) или двумя замыкающимися и двумя размыкающимися. В цепи переменного тока с напряжением до 380 В и коэффициентом мощности не менее 0,5 блок-контакты могут включать ток до 10 А и отключать ток 1 А. В цепи постоянного тока с напряжением до 220 В при постоянной времени цепи до 10 мс они могут включать ток 0,5 А.

Зоны защитных характеристик автомата АП 50 представлены на рисунке 3.

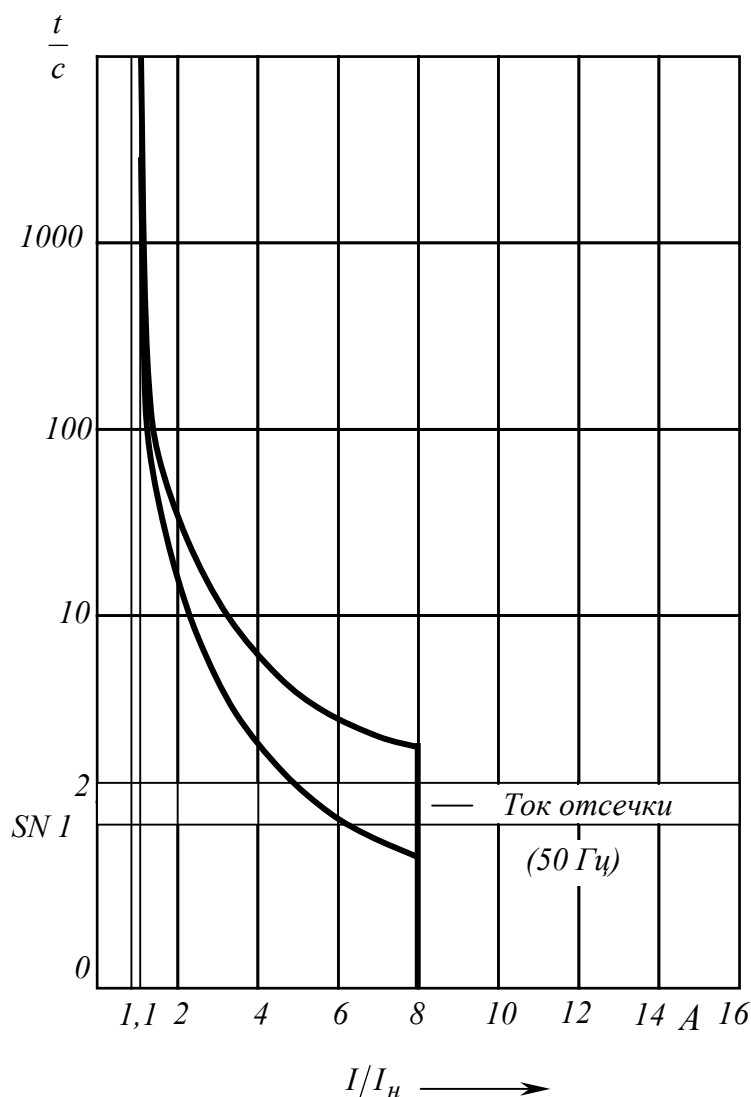


Рисунок 3 – Зона защитных характеристик автомата АП-50

На рисунке 4 приведена конструкция выключателя АП 50. Токоведущие детали смонтированы на изоляционном основании 1 из пластмассы и заключены в пластмассовом корпусе 2, на внутренней поверхности которого выпрессованы выступы, выполняющие роль перегородок между полюсами. В автомате имеется механизм свободного расцепления, который обеспечивает мгновенное размыкание контактов с постоянной скоростью, не зависящей от скорости движения кнопки отключения. Наличие этого механизма обуславливает автоматическое отключение электрической цепи при перегрузках и коротких замыканиях независимо от положения кнопок управления. Коммутационное положение контактов определяется по положению кнопки включения: кнопка утоплена – контакты включены, кнопка выходит из крышки – контакты разомкнуты.

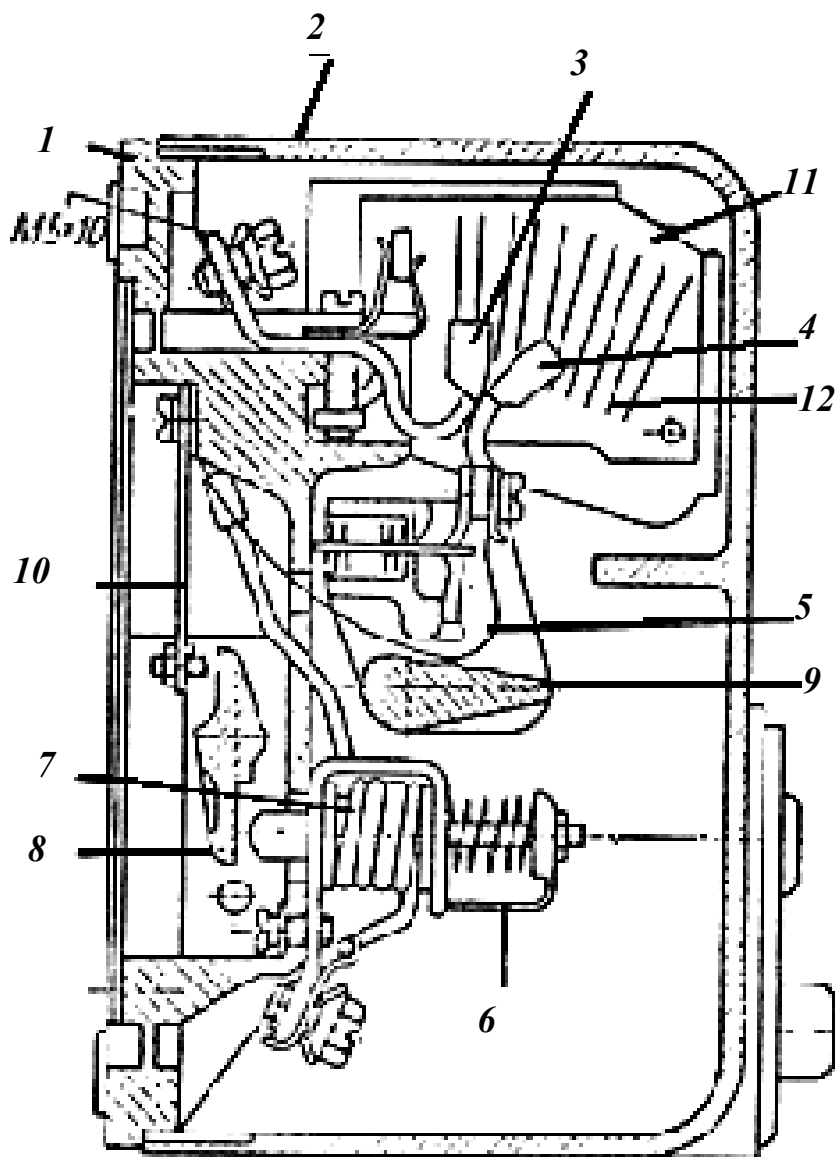


Рисунок 4 - Автоматический выключатель

Тепловые расцепители 10 срабатывают с выдержкой времени, находящейся в обратной зависимости от тока. Электромагнитные расцепители 7 срабатывают без выдержки времени при токах, превышающих значение тока уставки. Подвижный контакт 4 соединен гибким проводом 5 с тепловым расцепителем 10, который в свою очередь электрически связан с одним концом катушки электромагнитного расцепителя 7. Второй конец этой катушки соединен с выводом автомата.

Держатели подвижных контактов монтируются на общей изолированной траверсе 9, которая механически связана с механизмом свободного расцепления и оперативными кнопками «Включено», «Отключено». При нажатии кнопки «Включено» траверса 9 поворачивается, и подвижные контакты 4 входят в соприкосновение с неподвижными контактами 3. Контакты выключателя пальчикового типа (с одним разрывом на фазу) заключены в дугогасительную камеру 11. В камере установлены поперечные стальные пластины деионной решетки. При возникновении в какой-либо фазе перегрузки или короткого замыкания срабатывают тепловой или электромагнитный расцепители, соответствующие полюсу, и поворачивают общую для всех полюсов отключающую рейку 8. При этом механизм свободного расцепления срабатывает, и все полюсы размыкаются одновременно.

Для регулировки тока уставки в пределах, указанных на шкале теплового расцепителя, на механизме свободного расцепления имеется рычаг. Максимальный расцепитель для увеличения его тока срабатывания снабжен указателем 6, позволяющим за счет сжатия пружины расцепителя увеличить его ток срабатывания до 40 %.

На выключателе АП 50 может быть установлен также расцепитель минимального напряжения. Он состоит из катушки напряжения, магнитопровода и механических звеньев привода, соединяющих якорь расцепителя с рейкой механизма свободного расцепления. Расцепитель минимального напряжения не допускает включения автоматического выключателя при напряжении сети меньше 80 % номинального и отключает выключатель при снижении напряжения ниже 50 % номинального.

Автоматические выключатели серии А 3100 (установочные автоматы) выполняются на токи 50, 100, 200 и 600 А и напряжение 220 В постоянного тока, 380 и 500 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц, а также на токи до 160 А для повышенной частоты 400 и 2400 Гц и напряжение 400 и 500 В соответственно. Выключатели выпускаются двух- и трехполюсные (на 50 А также однополюсные) с тепловыми, электромагнитными (максимальными) и комбинированными расцепителями. Отключающая способность достигает 50 кА.

Автоматический выключатель серии А 3100 показан на рисунке 5. Он смонтирован на основании 1. Кожух 2 закрывает все токоведущие части. Контактная система одноступенчатая и состоит из неподвижных 3 и подвижных 4 контактов. Контакты с напайками из металлокерамики на основе серебра. Контакты не свариваются и устойчиво работают без ухода.

Гибкие соединения *6* соединяют подвижные контакты с шинами токовых расцепителей – максимального *16* и теплового *18*. Держатели подвижных контактов соединены общим стальным изолированным валиком *13* или изолиро-

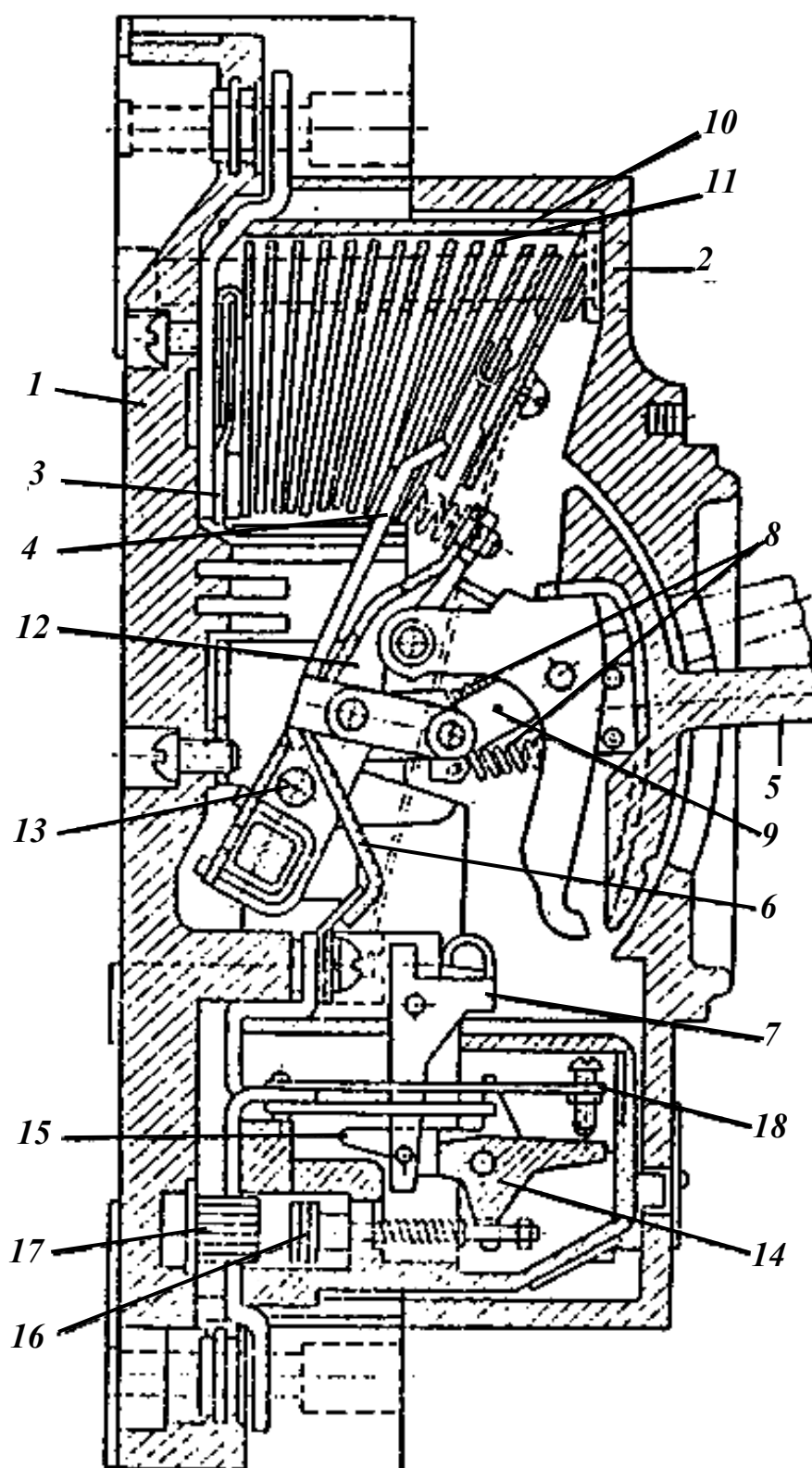


Рисунок 5 – Автоматический выключатель

ванной траверсой и посредством расцепляющего устройства 9 связаны с рукояткой 5. Камера 10 с дугогасительной деионной решеткой 11 обеспечивает надежное гашение дуги.

Автоматические выключатели серии А 3700 выполняются четырех габаритов: 40, 80 и 160 А (один габарит); 250, 400 и 630 А на 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц и 440 В постоянного тока. По роду защиты могут быть токоограничивающими, с выдержкой времени и неавтоматические.

Выключатель серии А 3700 показан на рисунке 6. Он смонтирован в изоляционной оболочке, состоящей из корпуса 1 и крышки 5. Ребра в корпусе и крышка отделяют полюсы друг от друга. Токопроводы 2 закрыты от соприкосновения обслуживающего персонала.

Контактная система состоит из подвижных контактов 6, укрепленных на изоляционной оси 13, связанной с расцепляющим устройством, и неподвижных контактов 14 токоограничивающего или компенсационного устройства, собираемых из унифицированных деталей.

Гашение дуги осуществляется в камере дугогасительной деионной решеткой 4. Над камерой установлена пламегасительная решетка 3.

Расцепляющее устройство обеспечивает моментное замыкание и размыкание контактов. Расцепители максимального тока – полупроводниковые, изготавливаются в виде отдельного блока 8. Они позволяют при помощи рукояток 9 регулировать ток расцепителя, уставку по току в зоне короткого замыкания, время отключения для выключателей с выдержкой времени или время отключения при перегрузках. Полупроводниковый расцепитель воздействует на расцепляющее устройство через независимый расцепитель (катушку с сердечником 11, якорь 12).

При переменном токе измерительным элементом для полупроводникового расцепителя являются трансформаторы тока 10, а при постоянном токе – магнитные датчики, устанавливаемые в каждом полюсе.

Привод выключателя ручной – осуществляется рукояткой 7, двигательный – устанавливается на крышке и воздействует на выключатель через рукоятку.

Автоматический выключатель серии АЕ 2000 – выключатель с непосредственным ручным управлением, предназначенный для оперативного включения и отключения электрических цепей с частотой до 30 включений в час, для защиты этих цепей от перегрузок и токов к.з., для защиты, пуска и останова асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Выключатели серии АЕ 2000 применяются во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, они рассчитаны для установки в электрических цепях переменного тока частотой 50 или 60 Гц, напряжением до 660 В. Номинальный ток выключателей 10, 25, 63, 100 А. Они выпускаются с электромагнитными и тепловыми расцепителями. Электромагнитный расцепитель представляет собой электромагнит, воздействующий на расцепляющее устройство выключателя при токах к.з. Если ток в его катушке превышает определенное, заранее установленное значение, то электромагнитный расцепитель срабатывает практически мгновенно.

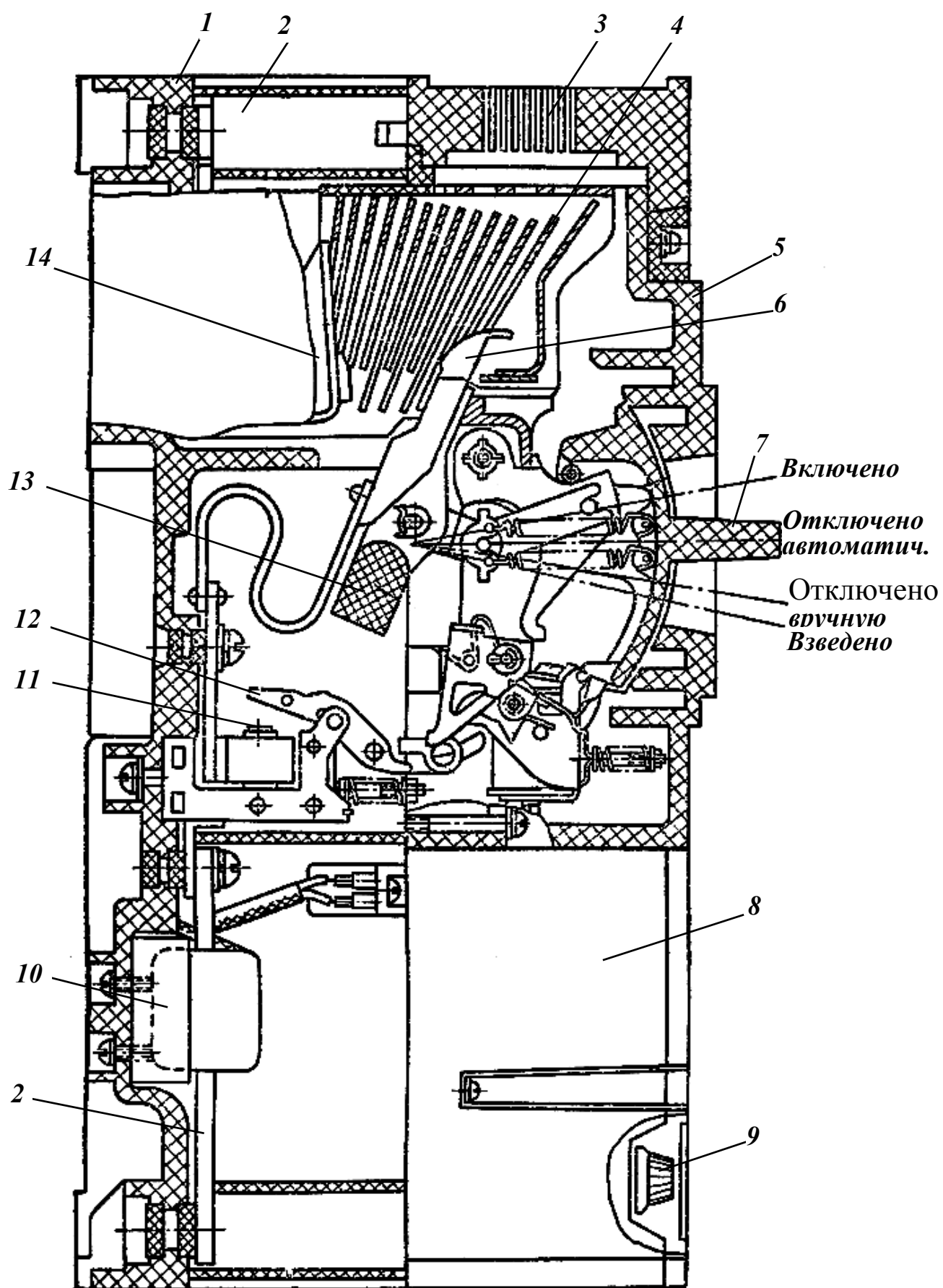


Рисунок 6 – Автоматический выключатель серии А 3700

Действие тепловых расцепителей основано на использование нагрева биметаллической пластины. Они осуществляют защиту электрической цепи от токов перегрузки. Тепловые расцепители имеют обратно зависимую характеристику.

На рисунке 7 приведена конструкция выключателя АЕ 2000. Основными

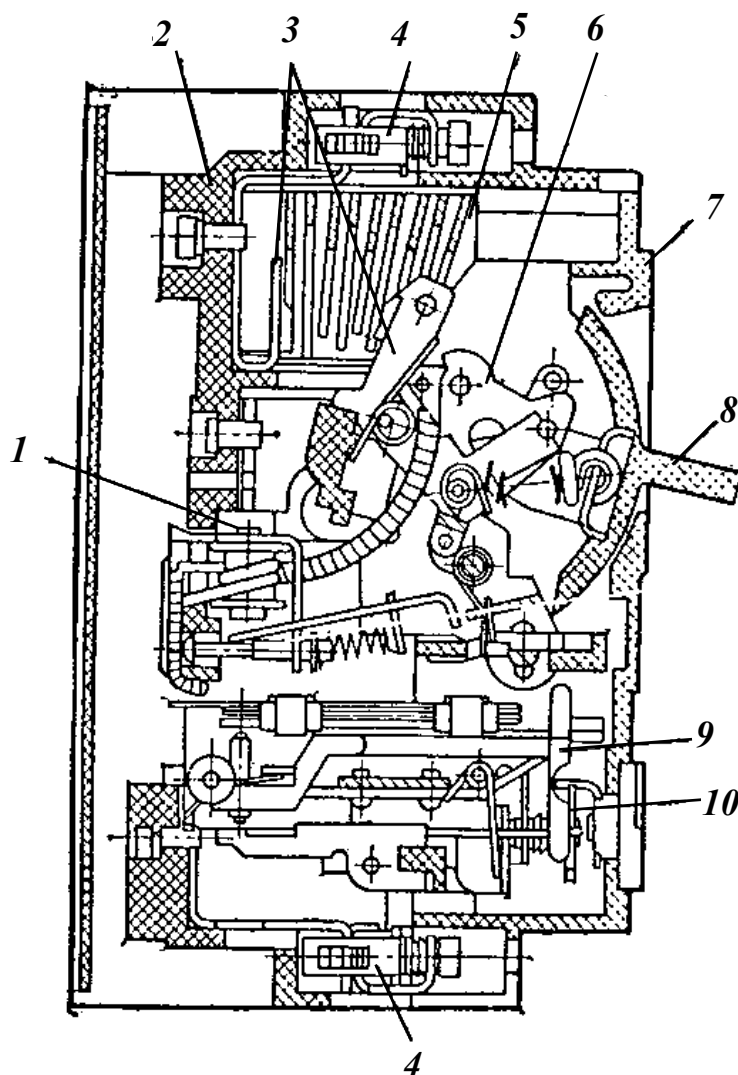


Рисунок 7 – Автоматический выключатель серии

4Е 2000
элементами выключателя АЕ 2000 являются: корпус 2, контактная система 3, выводные зажимы 4, дугогасительное устройство 5, механизм управления 6, крышка 7, рукоятка 8, расцепители максимального тока 9, механизм регулировки тепловых расцепителей 10, дополнительный расцепитель и другие детали.

1.3 Описание установки

Исследуемый автоматический выключатель серии АЕ 2040 с комбинированным расцепителем, кроме главных контактов $SF1$, $SF2$, $SF3$, имеет размыкающий блок-контакт $SF4$.

Схема испытания автоматического выключателя приведена на рисунке 8.

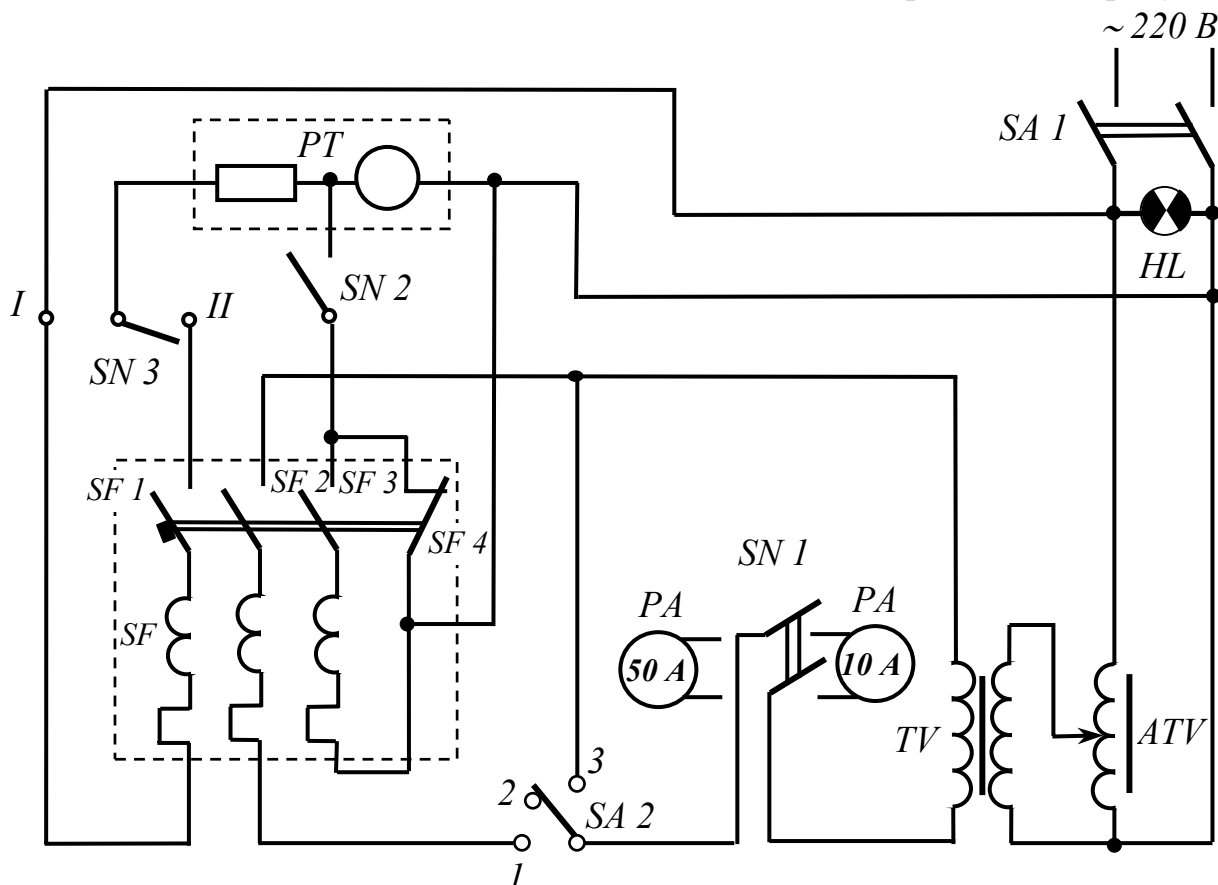


Рисунок 8 – Схема испытания автоматического выключателя

Переменное напряжение 220 В выключателем $SA1$ подается на стенд. При этом загорается сигнальная лампочка HL .

В главную цепь с помощью переключателя $SA2$ подается напряжение от силового трансформатора TV . Главная цепь включает в себя автоматический выключатель SF , амперметр PA для измерения тока.

Измерение собственного времени срабатывания автоматического выключателя SF осуществляется электросекундомером PT , который включается последовательно с главным контактом $SF1$ переключателем $SN3$ (положение II).

Определение времени движения подвижной контактной системы при отключении автоматического выключателя SF производится также электросекундомером PT при включенном выключателе $SN2$ и переключателе $SN3$ в положении I .

1.4 Техника безопасности

Настройку схемы на нужный режим работы автоматического выключателя необходимо производить при отключенном выключателе *SA1* и рукоятки автотрансформатора *ATV* в «нулевом» положении. Исследуемый автоматический выключатель должен быть при этом *выключен*. После окончания работы рукоятку автотрансформатора необходимо вывести в «нулевое» положение.

1.5 Задание

1.5.1 Изучить устройство автоматических выключателей АП 50, А 3100, А 3700 и АЕ 2000.

1.5.2 Составить кинематическую схему приводного механизма и механизма свободного расцепления в положениях: «Взведено», «Включено», «Отключено».

1.5.3 Экспериментально определить время движения подвижной контактной системы при отключении автоматического выключателя.

1.5.4 Экспериментально определить собственное время срабатывания автоматического выключателя.

1.6 Методические указания

1.6.1 К пункту 1.5.3. Поставить переключатели *SA2* в положение 2, *SN3* – в положение *I*, рукоятку выключателя *SN2* – в вертикальное положение. Включить выключатель *SA1*, а затем исследуемый автоматический выключатель *SF*. Записать показания электросекундомера *PT*.

1.6.2 К пункту 1.5.4. При выключенном выключателе *SA1* поставить переключатель *SA2* в положение 3, *SN3* – в положение *II*, *SN1* – на измерение тока до 50 А, рукоятку выключателя *SN2* – в горизонтальное положение. Включить выключатель *SA1* и поворотом рукоятки автотрансформатора *ATV* по часовой стрелке установить по амперметру *PA* заданное преподавателем значение тока отключения. Перевести рукоятку переключателя *SA2* в положение 1 и включить автоматический выключатель *SF*. После срабатывания автоматического выключателя записать показания электросекундомера *PT*. Вывести рукоятку автотрансформатора в «нулевое» положение и отключить выключатель *SA1*.

1.7 Контрольные вопросы

1.7.1 Для каких целей применяются автоматические воздушные выключатели?

1.7.2 Для чего в выключатель встраивают расцепители?

1.7.3 Какие бывают расцепители в автоматических выключателях?

1.7.4 Каково назначение расцепляющего устройства?

1.7.5 Как осуществляется отключение выключателя при токах перегрузки и токах короткого замыкания?

1.7.6 Каким образом включается выключатель после автоматического отключения?

1.7.7 Чем отличается время движения контактной системы и собственное время срабатывания автоматического выключателя?

2 Лабораторная работа № 8

Исследование плавких предохранителей

2.1 Цель работы

Получение опытным путем защитных характеристик $t_{cp} = f(I)$ для двух типов предохранителей – предохранителя с открытой плавкой вставкой и предохранителя закрытого трубчатого. Исследование влияния конфигурации плавкой вставки и конструкции предохранителя на величину плавящего тока. Сравнение экспериментальных и расчетных характеристик.

2.2 Предмет исследования

Плавкий предохранитель – электрический аппарат, предназначенный для защиты установки от перегрузок и токов короткого замыкания. Основным элементом предохранителя – металлическая плавкая вставка, сгорающая при повышенном токе. Процесс срабатывания предохранителя делится на несколько стадий: нагревание вставки до температуры плавления, плавление и испарение вставки, возникновение и гашение электрической дуги с восстановлением изоляционных свойств образующегося изоляционного промежутка.

Наиболее распространенные материалы плавких вставок – медь, цинк, алюминий, свинец и серебро. Вставки из цинка и свинца имеют низкую температуру плавления (419 °С и 327 °С), поэтому температура нагрева всего предохранителя при длительном прохождении номинального тока также не может быть большой. При плавлении на внешней поверхности цинк образует прочные пленки окисла, внутри которых может находиться жидкий металл. В этих условиях после плавления вставки цепь тока не прерывается и значение пограничного тока может оказаться неопределенным. Цинк имеет относительно высокий потенциал ионизации (9,4 электрон-вольт), что способствует гашению дуги. Цинк устойчив против коррозии, поэтому сечение плавких вставок из цинка в эксплуатации не изменяется и их защитные характеристики остаются стабильными. Так как цинк и свинец имеют сравнительно высокое удельное электрическое сопротивление, поперечное сечение вставок из этих металлов оказывается значительным.

Медные вставки подвержены окислению, их сечение со временем уменьшается, токи и время срабатывания изменяются и перестают соответствовать заданным значениям. Покрытие медных вставок слоем олова (лужение) позволяет сохранить стабильность их сечения и характеристик. Серебряные вставки не окисляются и их характеристики наиболее стабильны. Но серебро дорого, поэтому его применяют лишь в особо ответственных случаях.

Если необходимо получить большую выдержку времени предохранителя при нагрузках, следует применять плавкие вставки из цинка и свинца. Вставки из серебра и меди дают меньшие выдержки времени.

Алюминиевые плавкие вставки применяются в предохранителях в связи с острым дефицитом традиционных цветных металлов. Высокое сопротивление оксидных пленок на алюминии затрудняет осуществление надежного разъемного контакта. Толстая оксидная пленка образует тугоплавкую оболочку на поверхности вставки и затрудняет ее разрушение при плавлении токами короткого замыкания (жидкий металл удерживается в «трубке» из пленки). Но эти недостатки устранены и алюминиевые вставки нашли применение в предохранителях разработки последних лет.

По принципу устройства предохранители можно разделить на следующие виды: с открытой плавкой вставкой в воздухе; закрытые предохранители с наполнителем (засыпные); жидкометаллические и инерционные.

В закрытых предохранителях, выполненных в виде фибровой трубки, закрытой с концов латунными колпаками, гашение дуги осуществляется в результате повышения давления внутри трубки из-за разложения фибры. В засыпных предохранителях возникшая при плавлении вставок электрическая дуга тесно соприкасается с мелкими зернами наполнителя (кварцевый песок), интенсивно охлаждается, деионизируется и поэтому быстро гаснет.

Независимо от конструкции, работа предохранителя характеризуется так называемой защитной или токовременной характеристикой, которая представляет собой зависимость времени плавления плавкой вставки от величины протекающего через нее тока. Общий вид такой характеристики представлен на рисунке 9.

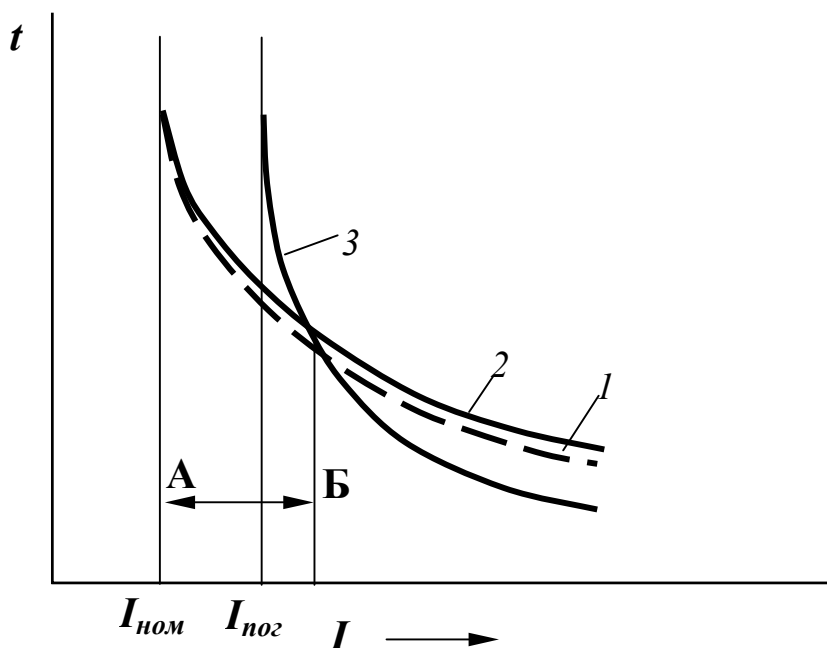


Рисунок 9 – Согласование защитных характеристик предохранителя и защищаемого объекта

Предохранитель будет защищать лишь в том случае, если его защитная характеристика (кривая 1) располагается несколько ниже характеристики защищаемого объекта (кривая 2) при любом значении тока в цепи (рисунок 9). Однако реальная характеристика предохранителя (кривая 3) пересекает кривую 2. В области больших перегрузок (область Б) предохранитель защищает объект. В области А предохранитель объект не защищает.

Ток, при котором плавкая вставка сгорает при достижении ею установившейся температуры, называется *плавящим* или *пограничным током* $I_{погр}$.

Номинальный ток плавкой вставки должен быть меньше плавящего тока.

Обычно при калибровке предохранителя задается два значения токов:

1) величина минимального плавящего тока, при котором плавкая вставка не должна перегорать в течение 1 – 2 часов

$$I_{пл.мин} = (1,3 - 1,4) \cdot I_{ном} ;$$

2) величина максимального тока, при котором плавкая вставка должна расплавиться за время до 2 часов

$$I_{пл.макс} = 1,6 \cdot I_{ном} .$$

Следует различать номинальные токи патрона предохранителя и его плавких вставок:

- *номинальный ток патрона* – ток, при котором токоведущие и контактные части предохранителя нагреваются до допустимой температуры;
- *номинальный ток вставки* – ток, на который рассчитана плавкая вставка (при его протекании вставка не должна перегорать).

Величина пограничного тока зависит от многих факторов, главнейшие из которых: конфигурация плавкой вставки, конструкция предохранителя. Длительность перегорания плавкой вставки существенным образом зависит от степени перегрузки. Так, при небольших перегрузках большое влияние на длительность перегорания оказывают массивность и степень поджатия контактов, температура и быстрота движения окружающего вставку воздуха, состояние поверхности, химический состав материала вставок.

Роль перечисленных факторов при токах короткого замыкания практически не сказывается на времени перегорания плавкой вставки.

Таким образом, защитная характеристика предохранителя представляет собой сложное явление, зависящее от целого ряда факторов, которые в большинстве случаев не поддаются точному учету. Поэтому единственный путь для получения действительной картины происходящих явлений – это путь эксперимента.

Предохранители серии ПР-2 (рисунок 10 а, б) имеют закрытые разборные патроны без наполнителя, изготавливаются на напряжение 220 В (габарит I) и на-

пряжение 500 В (габарит II). Номинальные токи патронов 15 – 1000 А. Номинальные токи вставок 6 – 1000 А.

Трубчатый патрон предохранителя состоит из фибрового цилиндра 3 (рисунк 10, а и б), латунных втулок 4, имеющих прорезь для плавкой вставки 1, и латунных колпачков 5.

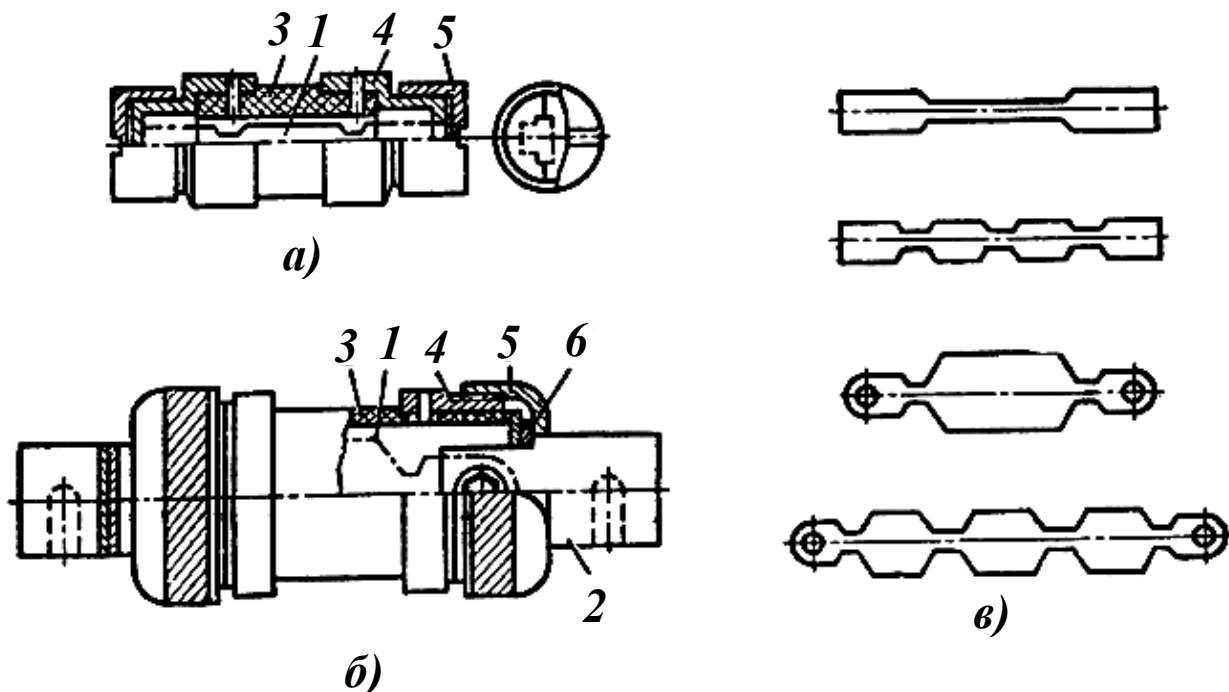


Рисунок 10 – Предохранитель серии ПР – 2

Плавкая вставка 1 изготавливается из цинка, стойкого против коррозии. Вставка выполняется в виде пластинки с вырезами, уменьшающими ее сечение на отдельных участках (рисунок 10, в). Такая конструкция вставки позволяет снизить время ее перегорания при протекании больших токов и, кроме того, повысить отключающую способность предохранителя в результате снижения количества паров металла в дуге при перегорании вставки (вставка перегорает лишь в суженных местах). В предохранителях с $I_{ном}$ патрона 15 – 60 А латунные колпачки 5 являются контактными частями предохранителя, а у предохранителей с $I_{ном}$ от 100 А и выше контактными частями являются медные ножи 2 (см. рисунок 10, б). Шайба 6, имеющая паз для ножа, предотвращает его поворот.

В малогабаритных распределительных устройствах применяются резьбовые предохранители типа ПРС (рисунок 11). Один конец цепи подводится к контакту 1, который связан с контактной гильзой 2, соединенной резьбой с контактом съемной головки 3. Плавкая вставка 4 располагается в фарфоровом цилиндре 5, заполненном кварцевым песком. На торцах цилиндра 5 укреплены контактные колпачки, с которыми соединена плавкая вставка 4. Второй конец цепи через контакт 7 соединяется с контактным винтом 8.

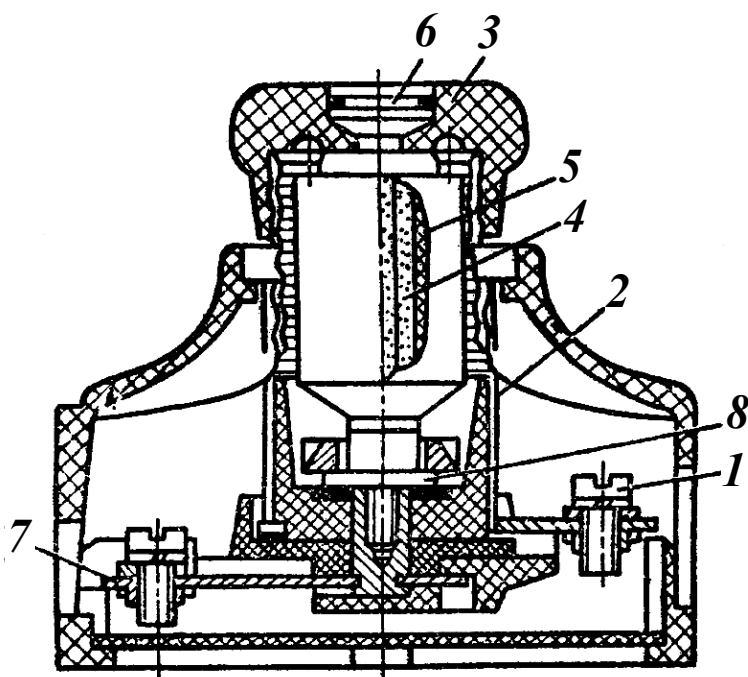


Рисунок 11 – Резьбовой предохранитель типа ПРС

Предохранитель имеет указатель срабатывания. При сгорании плавкой вставки освобождается специальная пружина, которая выбрасывает глазок в застекленное отверстие 6. После срабатывания предохранителя заменяется цилиндр 5 со сгоревшей плавкой вставкой и сигнализирующим устройством.

Предохранители этого типа выпускаются на токи до 500 В переменного тока частотой 50 Гц. Предельно отключаемый ток составляет 60 кА.

Предохранители с наполнителем серии ПН-2 (рисунок 12) имеют номинальные токи патронов 40 – 600 А; номинальные токи вставок 6 – 600 А.

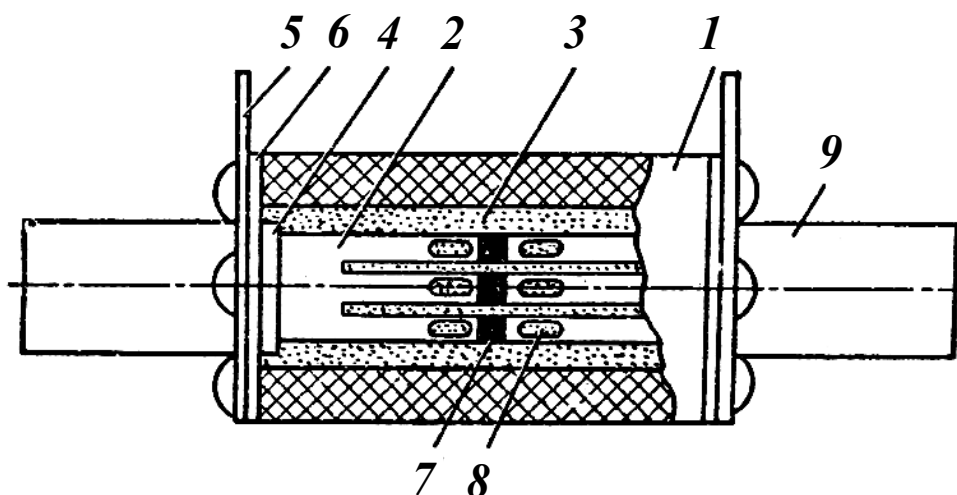


Рисунок 12 – Предохранитель серии ПН – 2

Фарфоровая трубка 1, квадратная наружи и круглая внутри, имеет по углам четыре резьбовых отверстия в которые ввинчиваются винты, крепящие пластинки 5. К этим пластинкам винтами привинчены диски 4 с приваренными с одной стороны медными плавкими вставками 2 с оловянным растворителем 7, а с другой стороны – ножами 9. Для герметизации патрона под пластины 5 кла-

дета асбестовая прокладка 6, что предохраняет песок от увлажнения. Плавкие вставки 2 имеют прямоугольное сечение с суженными участками 8 (от 1 до 5).

Перегоревшая плавкая вставка заменяется вместе с ножами. Патрон заполняется кварцевым песком 3 с размерами зерен от 0,2 до 0,4 мм. Влажность песка должна быть не более 3 %.

Предохранитель ПНБ-2 (Б - быстродействующий) имеет такую же конструкцию как ПН-2, но вставки у них серебряные и предназначены для защиты германиевых и кремниевых выпрямителей.

2.3 Описание установки

Предохранители помещаются в специальном кожухе. В кожухе имеются 4 гнезда, в двух из которых устанавливаются плавкие вставки длиной 46 и 70 мм, в остальных – трубчатые предохранители длиной 46 и 70 мм. Все гнезда соединены параллельно. При исследовании в одно из гнезд может устанавливаться только один предохранитель. Когда производится опыт и в главную цепь подается напряжение, предохранительная установка должна быть заперта поворотом смонтированной на крышке рукоятки (требование техники безопасности).

Электрическая схема лабораторной установки приведена на рисунке 13.

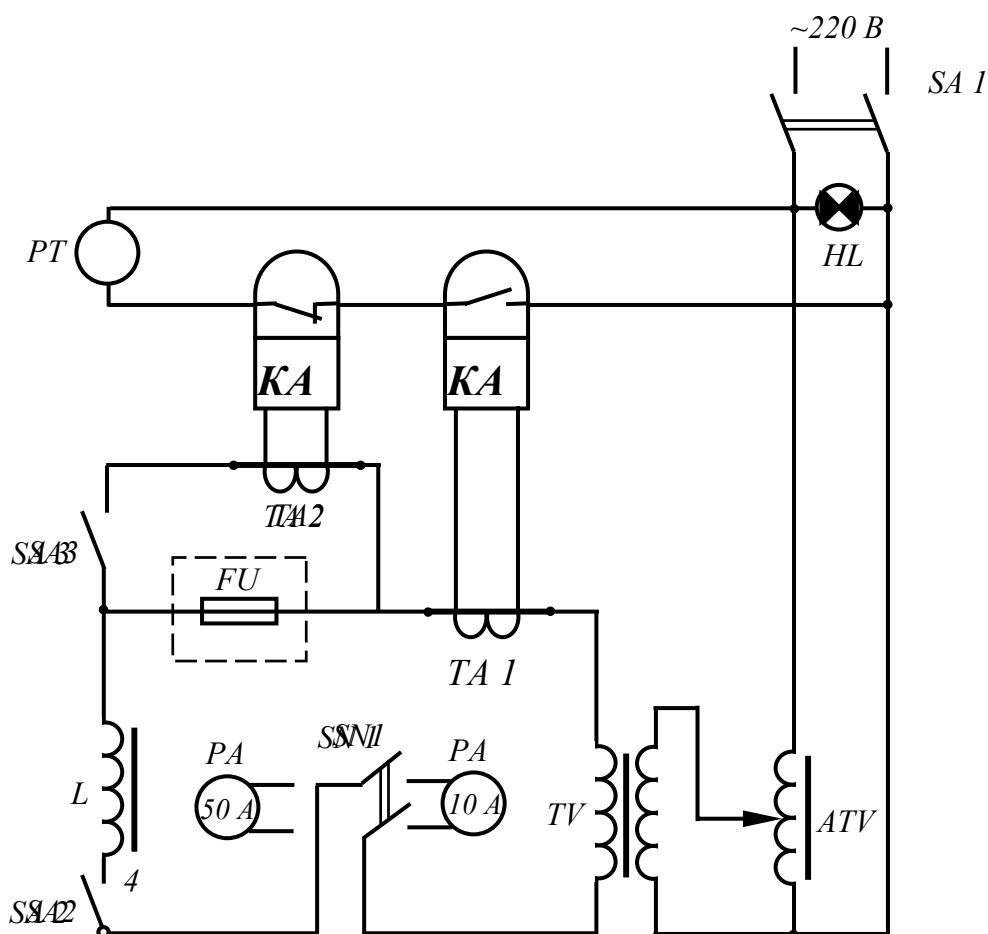


Рисунок 13 – Электрическая схема лабораторной установки

Рабочая цепь питается от сети переменного тока напряжением 220 В.

При включении выключателя $SA1$ загорается сигнальная лампочка HL . С помощью переключателя $SA2$ в главную цепь подается напряжение переменного тока от силового трансформатора TV , питающегося от автотрансформатора ATV . Главная цепь включает в себя предохранительную установку FU , дроссель L , амперметр PA для измерения тока и трансформатор тока $TA1$, ко вторичной обмотке которого подключено токовое реле $KA1$ с замыкающими контактами.

Автотрансформатором ATV регулируется величина тока, протекающего по цепи. Балластный дроссель L служит для увеличения общего сопротивления системы, чтобы изменение активного сопротивления плавкой вставки при нагреве не сказывалось на величине тока.

Измерение времени срабатывания предохранителя осуществляется с помощью электросекундомера PT , который запускается токовым реле $KA2$ с замыкающими контактами в момент отключения рубильника $SA3$, шунтирующего предохранитель FU . После перегорания плавкой вставки токовое реле $KA1$ своими контактами останавливает электросекундомер PT .

2.4 Техника безопасности

Во время работы крышка кожуха должна быть плотно закрыта и заперта поворотом рукоятки. Замена плавкой вставки или предохранителя должна производиться при отключенном выключателе $SA1$. После окончания работы рукоятку автотрансформатора необходимо вывести в нулевое положение.

2.5 Задание

2.5.1 Изучить конструкции предохранителей ПР-2, ПН-2 и ПРС.

2.5.2 Экспериментально определить зависимость времени срабатывания t_{cp} предохранителя от величины отключаемого тока I_0 — $t_{cp} = f(I_0)$. Плавкие вставки — открытые медные длиной 46 мм, диаметром 0,12; 0,2; 0,31 мм на отключаемые токи 3, 5, 13, 28 и 43 А.

2.5.3 Рассчитать зависимость $t_{cp} = f(I_0)$ для условий п. 2.5.2 (по заданию преподавателя) и сравнить расчетные зависимости с опытными.

2.5.4 Исследовать влияние длины вставки на время срабатывания предохранителя, исходя из следующих данных: открытые плавкие вставки $d = 0,12$ мм и 0,2 мм и токи 5 и 40 А при длине вставок 46 и 70 мм.

2.5.5 Исследовать влияние условий гашения дуги в трубчатом предохранителе на время срабатывания t_{cp} предохранителя при плавких вставках и отключаемых токах п. 2.5.2.

2.6 Методические указания

2.6.1 К пункту 2.5.2.

Порядок работы: а) свести на нуль показания секундомера;

б) переключатель SA2 поставить в положение 4, переключатель SA3 – в положение «вкл»;

в) установить плавкую вставку в предохранительной установке. *Крышку кожуха плотно закрыть и запереть поворотом рукоятки;*

г) установить автотрансформатор на нуль, включить выключатель SA1;

д) установить с помощью автотрансформатора нужное значение тока в цепи;

е) отключить рубильник SA3 и после остановки секундомера РТ записать его показания;

ж) установить автотрансформатор на нуль, отключить выключатель SA1.

2.6.2 К пункту 2.5.3.

Расчет производится по формуле /3/:

$$t = A_1 d^4 \frac{I^2 + A_2 d^{2,25} + A_3 d^3 + A_4 (d^4/l^2)}{(I^2 + A_5 d^{2,25} + A_6 (d^4/l^2))^2}, \quad (2.1)$$

где I – величина тока нагрузки, А;

d – диаметр плавкой вставки, см;

l – длина плавкой вставки, см;

$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ – постоянные, зависящие от свойств материала плавкой вставки.

Минимальный плавящий ток:

$$I_{\min}^2 = A d^{2,25} + B d^3 + C d^4/l^4, \quad (2.2)$$

Для меди: $A_1 = 5,62 \cdot 10^{-8}$; $A_2 = -3,41 \cdot 10^{-5}$; $A_3 = 4,21 \cdot 10^{-5}$;
 $A_4 = -4,62 \cdot 10^{-9}$; $A_5 = -2,64 \cdot 10^{-5}$; $A_6 = -3,48 \cdot 10^{-9}$;
 $A = 2,64 \cdot 10^{-5}$; $B = 2,42 \cdot 10^{-5}$; $C = 2,74 \cdot 10^{-9}$ /1/.

2.6.3 К пункту 2.5.4. То же, что и к п. 2.5.2.

2.6.4 К пункту 2.5.5. То же, что и к п. 2.5.2., но плавкая вставка устанавливается в трубчатом предохранителе, который вставляется в соответствующее гнездо предохранительной установки.

2.7 Контрольные вопросы

- 2.7.1 Что называется время-токовой характеристикой плавкой вставки?
- 2.7.2 Для чего в пластинчатых плавках вставках делаются суженные места?
- 2.7.3 Что такое металлургический эффект и для чего он применяется?
- 2.7.4 Какими способами гасится дуга в предохранителях?
- 2.7.5 Как влияют условия гашения дуги на время срабатывания предохранителя?

Список использованных источников

1 Чунихин А.А. Электрические аппараты: Общий курс: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.

2 Таев И.С. Электрические аппараты автоматики и управления. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.

3 Айзенберг Б.Л. Плавкие предохранители в установках напряжением до 1000 В. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – 168 с.

4 Намитокон К.К., Хмельницкий Р.С., Анисеева К.Н. Плавкие предохранители. – М.: Энергия, 1979. – 128 с.

5 Кузнецов Р.С. Аппараты расщедустройств низкого напряжения. – М.: ГЭИ, 1962. – 543 с.

6 Цикановская М.И. Автоматические воздушные выключатели. Предохранители: Методические указания. – Оренбург: ОГУ, 1999. – 26 с.