

УДК 621.3

Высоковольтные выключатели низкого и среднего напряжения

Сивцов Н.А., Шкуратов В.А.

Научный руководитель – КОНОХОВ М.С.

Высоковольтные выключатели по уровню напряжения подразделяются на низкого (до 6 кВ), среднего (10–35 кВ) и высокого классов напряжения (35 кВ и выше).

Вакуумные выключатели.

Выключатель, в котором в качестве дугогасительной среды использовался вакуум, называется вакуумным выключателем. В этом автоматическом выключателе неподвижный и подвижный контакт заключен в герметичный вакуумный прерыватель. Дуга погасла, поскольку контакты разделены в высоком вакууме. Он в основном используется для среднего напряжения в диапазоне от 11 кВ до 33 кВ.

Вакуумный автоматический выключатель имеет высокую изоляционную среду для гашения дуги по сравнению с другим автоматическим выключателем. Давление внутри вакуумного прерывателя составляет приблизительно 10^{-4} торрента, и при этом давлении в прерывателе присутствует очень мало молекул. Вакуумный выключатель имеет в основном два феноменальных свойства.

Высокая прочность изоляции: по сравнению с различными другими изоляционными средами, используемыми в вакуумном выключателе, это превосходная диэлектрическая среда. Это лучше, чем все другие среды, кроме воздуха и SF₆, которые используются при высоком давлении.

Когда дуга открывается, раздвигая контакты в вакууме, происходит прерывание при первом нулевом токе. При прерывании дуги их электрическая прочность увеличивается в тысячи раз по сравнению с другими выключателями.

Два вышеупомянутых свойства делают дробилки более эффективными, менее громоздкими и дешевыми по стоимости. Их срок службы также намного больше, чем у любого другого автоматического выключателя, и почти не требуется техническое обслуживание.

Он очень прост по конструкции по сравнению с любым другим автоматическим выключателем. Их конструкция в основном разделена на три части, а именно: неподвижные контакты, подвижный контакт и защитный экран, который расположен внутри камеры прерывания дуги.

Внешняя оболочка вакуумного выключателя выполнена из стекла, поскольку стеклянная оболочка помогает при осмотре выключателя снаружи после операции. Если стекло становится молочным от первоначальной отделки серебристого зеркала, это указывает на то, что выключатель теряет вакуум.

Неподвижные и подвижные контакты выключателя находятся внутри дугового щитка. Подвижные контакты выключателя перемещаются на расстояние от 5 до 10 мм в зависимости от рабочего напряжения.

Металлический сильфон из нержавеющей стали используется для перемещения подвижных контактов. Конструкция металлического сильфона очень важна, поскольку срок службы вакуумного выключателя зависит от способности компонента удовлетворительно выполнять повторяющиеся операции.

Когда в системе возникает неисправность, контакты выключателя раздвигаются, и поэтому между ними возникает дуга. Когда токоведущие контакты разъединяются, температура их соединительных частей очень высокая, из-за чего происходит ионизация. Из-за ионизации контактное пространство заполняется парами положительных ионов, которые выводятся из контактного материала.

Плотность пара зависит от тока в дуге. Из-за уменьшающейся моды волны тока скорость их испарения падает, и после нулевого тока среда восстанавливает свою диэлектрическую прочность при условии уменьшения плотности пара вокруг контактов.

Следовательно, дуга не перезапускается снова, потому что пары металла быстро удаляются из зоны контакта.

Прерывание тока в вакуумном выключателе зависит от давления пара и свойств электронной эмиссии материала контакта. На уровень измельчения также влияет теплопроводность – чем ниже теплопроводность, тем ниже уровень измельчения.

Можно снизить уровень тока, при котором происходит прерывание, путем выбора контактного материала, который выделяет достаточное количество паров металла, чтобы ток мог прийти к очень низкому или нулевому значению, но это редко делается, поскольку это отрицательно влияет на диэлектрическую прочность.

Высокий вакуум обладает чрезвычайно высокой диэлектрической прочностью. При нулевом токе дуга гасится очень быстро, а диэлектрическая прочность устанавливается очень быстро. Это возвращение диэлектрической прочности происходит из-за испарения металла, который локализуется между контактами, быстро диффундирует из-за отсутствия молекул газа.

Из-за вышеупомянутого атрибута вакуумного выключателя он способен без каких-либо трудностей справляться с серьезными переходными процессами восстановления, связанными с короткими замыканиями.

Материал контактов вакуумного выключателя должен обладать следующими свойствами:

1. Материал должен иметь высокую электрическую проводимость, чтобы пропускать токи нормальной нагрузки без перегрева.
2. Материал контакта должен иметь низкое сопротивление и высокую плотность.
3. Материал должен обладать высокой теплопроводностью, чтобы быстро рассеивать большое тепло, выделяемое при искрении.
4. Материал должен обладать высокой способностью выдерживать дугу и низким уровнем тока прерывания.

Преимущества вакуумного выключателя.

Вакуумный выключатель не требует дополнительного наполнения маслом или газом. Они не нуждаются в периодическом пополнении.

Быстрое восстановление высокой диэлектрической прочности при прерываниях тока, при которых происходит только половина цикла или меньше искрения после надлежащего разделения контактов.

Выключатель компактен и автономен. Он может быть установлен в любой необходимой ориентации.

Из-за вышеупомянутых причин наряду с предлагаемым экономическим преимуществом вакуумный выключатель имеет высокую популярность.

Из недостатков следует выделить следующее:

Требования высоких технологий для производства вакуумных прерывателей.

Для прерывания малых токов намагничивания в определенном диапазоне необходимы дополнительные ограничители перенапряжения.

Потеря вакуума из-за повреждения или поломки при транспортировке делает весь прерыватель бесполезным, и его нельзя починить на месте.

Из-за короткого зазора и отличного восстановления вакуумного выключателя они очень полезны в качестве переключателей с очень высокой скоростью во многих промышленных применениях.

Когда напряжение высокое и ток для прерывания низкий, эти выключатели имеют определенное преимущество над другими выключателями.

Для малых мощностей прерывания отказов стоимость является низкой по сравнению с другими устройствами прерывания.

Из-за минимальных требований к техобслуживанию, эти выключатели очень подходят для системы, которая требует напряжения от 11 до 33 кВ.

Масляные выключатели.

Масляный автоматический выключатель – это такой тип автоматического выключателя, который использовал масло в качестве диэлектрической или изолирующей среды для гашения дуги. В масляном выключателе контакты выключателя разделены внутри изоляционного масла. Когда в системе возникает неисправность, контакты выключателя размыкаются под изолирующим маслом, и между ними возникает дуга, и тепло дуги испаряется в окружающем масле. Масляный выключатель делится на две категории: баковые и маломаслянные. Строительство масляного выключателя

Масляный выключатель очень прост в конструкции. Он состоит из токоведущих контактов, заключенных в прочный, защищенный от атмосферных воздействий заземляющий металлический резервуар, и резервуар заполнен трансформаторным маслом. Масло действует как дугогасительная среда и как изолятор между токоведущей частью и землей.

В верхней части масла воздух заполнен в баке, который действует как подушка для контроля вытесненного масла при образовании газа вокруг дуги, а также для поглощения механического удара при движении масла вверх. Бак выключателя надежно закреплен болтами для вибрации, возникающей при прерывании очень высокого тока. Масляный выключатель состоит из выхода газа, который установлен в крышке бака для удаления газов.

Принцип работы масляного выключателя.

В нормальных условиях работы контакт масляного выключателя замкнут и проводит ток. Когда в системе возникает неисправность, контакты выключателя раздвигаются, и между контактами возникает дуга. Благодаря этой дуге выделяется большое количество тепла, и достигается очень высокая температура, которая испаряет окружающую нефть в газ. Освобожденный таким образом газ окружает дугу, и его взрывной рост вокруг нее сильно вытесняет нефть. Дуга гаснет, когда расстояние между неподвижным и подвижным контактом достигает определенного критического значения, зависит от тока дуги и напряжения восстановления.

Масляный выключатель очень надежен в эксплуатации и очень дешев. Наиболее важной особенностью масляного выключателя является то, что не используются специальные устройства для контроля дуги, вызванной движущимся контактом. Масло как дугогасящая среда имеет определенные преимущества и недостатки.

Преимущества нефти как гашение дуги:

1. Масло обладает высокой диэлектрической прочностью и обеспечивает изоляцию между контактами после того, как дуга погасла.
2. Масло, используемое в автоматическом выключателе, обеспечивает небольшой зазор между проводниками и компонентами заземления.
3. Газообразный водород образуется в резервуаре, который имеет высокую скорость диффузии и хорошие охлаждающие свойства.

Недостатки нефти как гашение дуги:

1. Масло, используемое в масляном выключателе, является легковоспламеняющимся и, следовательно, может привести к пожару.
2. Существует риск образования взрывоопасной смеси с воздухом.
3. Из-за разложения масла в дуге образуются частицы углерода, которые загрязняют нефть, и, следовательно, диэлектрическая прочность масла уменьшается.

Техническое обслуживание масляного выключателя.

После прерывания прерывателем тока короткого замыкания иногда их контакты могут сгореть из-за искрения. Кроме того, диэлектрическое масло обугливается в области контактов, тем самым теряя свою диэлектрическую прочность. Это приводит к снижению отключающей способности выключателя. Поэтому обслуживание масляного выключателя необходимо для проверки и замены масла и контактов.

Воздушные выключатели.

В качестве прерывателя дуги в воздушном выключателе использовался сжатый воздух или газ. В воздушном взрыве сжатый воздух выключателя хранится в резервуаре и

выпускается через сопло для создания высокоскоростной струи; это используется, чтобы погасить дугу. Воздушные выключатели используются для внутренних работ в области высокого напряжения и средней разрывной мощности. Обычно до напряжений 15 кВ и разрывных мощностей до 2500 МВА. Воздушный выключатель в настоящее время используется в высоковольтных цепях на открытом распределительном участке для линий 220 кВ. Хотя газы, такие как углекислый газ, азот, фреон или водород, используются в качестве среды для прерывания дуги, сжатый воздух является приемлемой средой для размыкания цепи для газовых взрывателей. Причины приведены ниже. Отключающие способности азота аналогичны сжатому воздуху и, следовательно, не имеют преимуществ его использования. Недостаток диоксида углерода заключается в том, что его трудно контролировать из-за замерзания на клапанах и других ограниченных проходах. Фреон обладает высокой диэлектрической прочностью и хорошими дугогасящими свойствами, но он дорог, и дуга распадается на кислотообразующие элементы. Воздушному взрыву нужна дополнительная система сжатого воздуха, которая подает воздух к воздушному ресиверу. Когда требуется открывающий воздух, сжатый воздух поступает в камеру гашения дуги. Это отталкивает движущиеся контакты. При этом контакты разрываются, и воздушный взрыв удаляет ионизированный газ вместе с ним и способствует гашению дуги. Воздушный взрыв гасит дугу в течение одного или нескольких циклов, и дуговая камера заполняется воздухом под высоким давлением, что предотвращает повторные зажигания. Воздушные выключатели подпадают под категорию внешнего тушения энергии. Энергия, подаваемая для гашения дуги, достигается за счет воздуха под высоким давлением, и она не зависит от тока, который должен быть прерван.

Все воздушные выключатели следуют принципу разделения своих контактов в потоке дуги, установленном открытием воздушного клапана. Протягиваемая дуга обычно быстро устанавливается по центру через сопло, где она удерживается на фиксированной длине и подвергается максимальному диапазону потока воздуха. Выключатели воздушного взрыва в зависимости от типа потока сжатого воздуха вокруг контактов бывают трех типов: осевой, радиальный и поперечный взрыв.

Осевой воздушный выключатель – в воздушном выключателе поток воздуха продольный вдоль дуги. Воздушный взрывной выключатель может быть однократным или двойным. Разрыв с использованием устройства с двойным взрывом иногда называют радиальными размыкателями, поскольку воздушный взрыв течет радиально в сопло или пространство между контактами.

Существенная особенность воздушного выключателя показана выше. Неподвижные и движущиеся контакты удерживаются в закрытом положении под давлением пружины при нормальных условиях эксплуатации. Резервуар для воздуха соединен с дугогасительной камерой через воздушный клапан, который открывается тройным импульсом

При возникновении неисправности импульс устроения вызывает открытие воздушного клапана, соединяющего резервуар с дугогасительной камерой. Воздух, поступающий в камеру дуги, оказывает давление на подвижные контакты, которые движутся, когда давление воздуха превышает силу пружины. Контакты разделены, и между ними образуется дуга. Воздух, проходящий с большой скоростью в осевом направлении вдоль дуги, вызывает отвод тепла от края дуги, а диаметр дуги уменьшается до очень малого значения при токе ноль.

Таким образом, дуга прерывается, и пространство между контактами промывается свежим воздухом, протекающим через сопло. Поток свежего воздуха удаляет горячие газы между контактными пространством и быстро наращивает диэлектрическую прочность между ними.

Воздушный выключатель с перекрестным дутьем – в таком выключателе дуговой взрыв направлен под прямым углом к дуге. Схематическое представление поперечного принципа перекрестного воздушного выключателя приведено на рисунке ниже. Движущийся контактный рычаг приводится в действие в тесных пространствах, чтобы вытянуть дугу, которая продвигается поперечным потоком воздуха в разделительные пластины, тем самым

облегчая его до такой степени, что он не может возобновить работу после нулевого тока. Переключение сопротивления обычно не требуется, поскольку ослабление дуги автоматически вводит некоторое сопротивление для управления переходным напряжением перезапуска, но если дополнительное сопротивление считается желательным. Это можно ввести, подключив его в разрезе через дуговой разветвитель.

В выключателе с воздушной струей необходимо, чтобы сжатый воздух всегда находился под нужным давлением, включая самую крупную установку с двумя или более компрессорами. Техническое обслуживание этой установки и проблема утечек воздуха в фитингах труб – это некоторые факторы, которые действуют против выключателя с воздушной струей, и это дорого для низкого напряжения по сравнению с масляным или воздушным выключателем.

Литература

1. Балаков, Ю. Н. О достигнутых параметрах выключателей / Ю. Н. Балаков, Б. Н. Неклепаев, А. В. Шунтов // Электрические станции. – 1996. – № 10. – С. 56–60.
2. Электротехнический справочник / под ред. И. Н. Орлова. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – Т. 2. – 711 с.
3. Электрические аппараты высокого напряжения / под ред. И. И. Александрова. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 544 с.