

УДК 621.3

Высоковольтный выключатель высокого напряжения

Сивцов Н.А., Шкуратов В.А.
Научный руководитель – КОНОХОВ М.С.

В современной энергетике в качестве коммутационных аппаратов высокого класса напряжения (35 кВ и выше) зачастую используются элегазовые выключатели.

Автоматический выключатель, в котором газ SF₆ под давлением используется для гашения дуги, называется автоматическим выключателем SF₆. Газ SF₆ (гексафторид серы) обладает превосходными диэлектрическими, дугогасящими, химическими и другими физическими свойствами, которые доказали его превосходство над другими дугогасящими средами, такими как масло или воздух. Выключатель SF₆ в основном делится на три типа: поршневой выключатель без затяжки, однослойный поршневой выключатель, двухпоршневой выключатель.

Автоматический выключатель, который использовал воздух и масло в качестве изолирующей среды, их сила тушения дуги росла относительно медленно после движения разъединения контактов. В случае высоковольтных автоматических выключателей используются свойства быстрого затухания дуги, которые требуют меньше времени для быстрого восстановления, нарастает напряжение. В этом отношении автоматические выключатели SF₆ обладают хорошими свойствами по сравнению с масляными или воздушными выключателями. Поэтому при высоком напряжении до 760 кВ используются элегазовые выключатели.

Гексафторид серы обладает очень хорошими изоляционными и дугогасящими свойствами. Это бесцветный, не имеющий запаха, нетоксичный и негорючий газ. Газ SF₆ чрезвычайно стабилен и инертен, а его плотность в пять раз превышает плотность воздуха. Он имеет лучшую теплопроводность лучше, чем воздух, и способствует лучшему охлаждению токоведущих частей.

Газ SF₆ является сильно электроотрицательным, что означает, что свободные электроны легко удаляются из разряда с образованием отрицательных ионов. Он обладает уникальным свойством быстрой рекомбинации после того, как искра источника запитана. Это в 100 раз эффективнее по сравнению с дугогасящей средой.

Его диэлектрическая прочность в 2,5 раза выше, чем у воздуха, и на 30 % меньше, чем у диэлектрического масла. При высоком давлении электрическая прочность газа увеличивается.

Влага очень вредна для элегазового выключателя. Из-за сочетания влажности и газа SF₆ образуется фтористый водород (когда дуга прерывается), который может воздействовать на части автоматических выключателей. Газовая система с замкнутым контуром используется в элегазовых выключателях. Газ SF₆ является дорогостоящим, поэтому его регенерируют после каждой операции. Этот блок состоит из камер низкого и высокого давления с сигнализацией низкого давления и аварийными выключателями. Когда давление газа очень низкое, из-за которого диэлектрическая прочность газов снижается, и угасающая способность дугогасящих выключателей подвергается опасности, тогда эта система выдает предупредительный сигнал тревоги.

В нормальных условиях работы контакты выключателя замкнуты. Когда в системе возникает неисправность, контакты разъединяются, и между ними возникает дуга. Смещение подвижных контактов синхронизировано с клапаном, который вводит газ SF₆ высокого давления в камеру прерывания дуги при давлении около 16 кг/см².

Газ SF₆ поглощает свободные электроны на пути дуги и образует ионы, которые не действуют в качестве носителей заряда. Эти ионы увеличивают диэлектрическую прочность газа и, следовательно, дуга гаснет. Этот процесс снижает давление газа SF₆ до 3 кг/см², таким образом; он хранится в резервуаре низкого давления. Этот газ низкого давления возвращается в резервуар высокого давления для повторного использования.

Теперь для создания давления гашения дуги во время операции открытия используется поршневое давление в течение суток с помощью поршня, прикрепленного к подвижным контактам.

Автоматические выключатели SF₆ имеют следующие преимущества по сравнению с обычным выключателем

Газ SF₆ обладает отличными изоляционными, дугогасящими и многими другими свойствами, которые являются главными преимуществами элегазовых выключателей.

Газ невоспламеняющийся и химически устойчивый. Их продукты разложения не являются взрывоопасными и, следовательно, нет риска возгорания или взрыва.

Электрический зазор очень сильно уменьшен из-за высокой диэлектрической прочности SF₆.

На его характеристики не влияют изменения в атмосферных условиях.

Это дает бесшумную работу, и нет проблемы перенапряжения, потому что дуга гаснет при нулевом естественном токе.

Диэлектрическая прочность не снижается, потому что во время искрения не образуются частицы углерода.

Это требует меньше обслуживания и не требует дорогой системы сжатого воздуха.

SF₆ без проблем выполняет различные функции, такие как устранение коротких замыканий, переключение, открытие ненагруженных линий электропередачи, трансформаторного реактора и т. д.

Газ SF₆ задыхается до некоторой степени. В случае утечки в баке выключателя газ SF₆ тяжелее воздуха и, следовательно, SF₆ оседает в окружающей среде и приводит к удушью обслуживающего персонала.

Попадание влаги в резервуар элегаза очень вредно для прерывателя и приводит к нескольким сбоям.

Внутренние детали нуждаются в чистке во время периодического обслуживания в чистых и сухих условиях.

Специальный объект требует для транспортировки и поддержания качества газа.

Различия между проектированием подстанции с воздушной изоляцией и проектированием подстанции с газовой изоляцией огромны. Существует пять основных соображений относительно различий между двумя высоковольтными подстанциями: их строительство, монтаж, эксплуатация, текущее обслуживание и общая стоимость владения.

Мы смотрим сравнительно на каждую из этих пяти различий подстанции ниже.

При проектировании высоковольтной подстанции ГИС в качестве изоляции используется гексафторид газовой серы, в то время как в АИС применяется воздушная изоляция в системе с металлическим покрытием. Гексафторид серы в пять раз тяжелее воздуха и обладает превосходными характеристиками вымирания. Другое существенное конструктивное различие между двумя коммутационными станциями заключается в том, что в АИС с металлическим покрытием используются трехпозиционные выдвижные автоматические выключатели (вкл, выкл. и проверка). ГИС-системы используют фиксированные, установленные автоматические выключатели. Герметичные установленные прерыватели являются «герметичной» технологией, в то время как прерыватель АИС может быть удален для технического обслуживания и устранения неисправностей.

Установка высоковольтной подстанции ГИС может быть быстрее, чем установка ее металлической оболочки АИС. Во многом это связано с тем, что ГИС-системы значительно меньше и весят меньше (несмотря на то, что газ весит больше воздуха). При условии, что технику не нужно обращаться с самим газом, подстанции ГИС устанавливаются быстрее. Для систем АИС необходимо подключение шин и загрузочные устройства на распределительном устройстве. Среднее время установки сокращается примерно на 30% при установке ГИС (когда не требуется обработка газа). ГИС-системы также занимают меньше места, чем АИС. Физический след ГИС примерно на 35 % меньше, чем у АИС.

ГИС-системы значительно легче обслуживать на регулярной основе, поскольку они предлагают передний, а не задний доступ. Они также содержат свои собственные интегрированные инструменты тестирования.

Вспышки дуги в ГИС редки, потому что все внутренние элементы изолированы, и только кабельный отсек доступен. Поскольку детали полностью изолированы, никакие кабели или соединения не могут соприкоснуться с частями под напряжением.

Как обсуждалось в первом пункте, ГИС-коммутаторы требуют значительно меньшего технического обслуживания. В среднем ГИС-системы необходимо проверять визуально каждые четыре года или более, в зависимости от конкретной рекомендации производителя для вашего устройства. ГИС-диски необходимо повторно смазывать только через 20 лет (опять же, это зависит от производителя).

Системы АИС должны проверяться визуально каждый год или два года (опять же, на основании конкретной рекомендации производителя). При осмотре все отсеки должны быть проверены, в отличие от ГИС, где отдельные отсеки и элементы полностью изолированы и могут контролироваться. В среднем прерывателю АИС потребуется около четырех часов технического обслуживания в течение каждого двухлетнего периода.

С точки зрения обслуживания, системы АИС требуют значительно больше усилий, особенно из-за тщательности проверок. Проверки включают в себя наличие крутящего момента, вытягивания, очистки, смазки и вакуумирования устройства. Их также необходимо проверить на наличие визуальных признаков коррозии меди, чего нет в ГИС из-за запечатывания блоков. Это уплотнение также защищает компоненты от вредного воздействия окружающей среды.

При высокоуровневом сравнении распределительных устройств АИС и ГИС необходимо сопоставить первоначальные затраты с требуемым пожизненным обслуживанием. Эти устройства обычно имеют минимальный срок службы 30 лет. Единицы ГИС, как правило, стоят на 10–40 % больше, чем АИС.

Таким образом, системы АИС обеспечивают авансовую экономию средств, однако в долгосрочной перспективе им требуется больше человеко-часов. Передовая электротехника ГИС для высоковольтных подстанций требует больших предварительных инвестиций, но их герметичная технология означает более низкие затраты на установку и обслуживание.

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.