

ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕГАЗОВЫМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМ ДЛЯ УМЕРЕННОГО И ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

АВТОР:

ШЛЕЙФМАН И.Л.,
К.Т.Н.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Элегазовые выключатели являются основным видом выключателей в классах напряжения 110 кВ и выше. Их широкое применение

обусловлено высокими изоляционными и дугогасительными характеристиками элегаза при применении его как среды заполнения выключателей.

Ключевые слова: низкие температуры, давление газа, смеси газов, хладон, азот, устройства подогрева, методы испытаний.



С начала 80-х годов прошлого века элегазовые выключатели стали широко применяться в электроустановках класса напряжения 6–220 кВ

ДАВЛЕНИЕ ЭЛЕГАЗА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Температура, °С	Давление элегаза, МПа	
	фактическое	приведенное к +20 °С
-40 °С	0,34	0,47
-45 °С	0,29	0,39
-50 °С	0,23	0,32
-55 °С	0,17	0,23
-60 °С	0,13	0,19

Таблица 1

В соответствии с требованиями стандартов выключатели наружной установки могут применяться при низких температурах окружающего воздуха. Стандарт МЭК IEC 62272-1 [1] устанавливает минимально допустимую температуру для выключателей наружной установки нормального исполнения – минус 40 °С, для выключателей, предназначенных для районов с очень холодным климатом, – минус 50 °С. ГОСТ 15150 [2] принимает минимальную температуру окружающего воздуха при эксплуатации минус 45 °С для районов с умеренным климатом и минус 60 °С для районов с холодным климатом. Предельные минимальные температуры окружающего воздуха (температуры, вероятность появления которых – 0,00001) составляют минус 60 °С – для умеренного климата и минус 70 °С – для холодного климата. Таким образом, нормированные стандартом РФ минимальные температуры окружающего воздуха существенно ниже, чем температуры, приведенные в стандартах МЭК.

При таких низких температурах обеспечение работоспособности элегазовых выключателей становится существенной проблемой. Изоляционные и дугогасительные характеристики элегаза зависят от плотности, которая обычно характеризуется давлением, приведенным к температуре +20 °С. Обычно в выключателях на напряжение 110 кВ и выше применяется элегаз с давлением заполнения от 0,5 до 0,8 МПа и минимальным давлением (т. е. давлением блокировки) от 0,43 до 0,7 МПа соответственно. Номинальные параметры выключателей должны обеспечиваться при минимальном давлении элегаза, при котором проводятся все основные квалификационные испытания выключателя, но при низких температурах часть элегаза конденсируется и его давление снижается.

¹ Ниже в тексте статьи всюду указываются значения абсолютного давления, приведенного к температуре +20 °С.

Зависимости давления элегаза от температуры приводятся в стандартах МЭК и руководствах по эксплуатации предприятий-изготовителей выключателей и другого элегазового оборудования в виде кривых. Отличия значений давления, определенных по кривым разных источников, могут достигать 5%. На рис.1 даны такие зависимости, устанавливаемые стандартом МЭК 62271-4:2013 [3]. Поскольку в этом стандарте не рассматриваются температуры менее минус 50 °С, кривые на этом рисунке дополнены данными, относящимися к температурам минус (55–60) °С, полученными по материалам брошюры Sulphur Hexafluoride (Solvay Fluor, 2006), на которую в стандарте МЭК имеется ссылка как на исходный материал.

Наибольшие фактические значения давления элегаза при указанных выше значениях минимальных температур от – 40 °С до –60 °С могут быть определены по кривой конденсации на рис. 1, приведенные к температуре +20 °С наибольшие значения давления – по кривой изменения давления от температуры, относящейся к плотности элегаза при конденсации.

Фактические и приведенные значения давления существенно ниже тех значений, при которых, как правило, проводились квалификационные испытания выключателей (давление блокировки).

В настоящее время применяется два метода обеспечения работоспособности выключателей наружной установки при низких температурах – уменьшение давления элегаза и подогрев элегаза для повышения его температуры.

При уменьшении давления элегаза для сохранения технических характеристик выключателя используются смеси газов: «элегаз-хладон» или «элегаз-азот» с повышением результирующего давления [4]. Смеси газов широко применяются в колонковых выключателях, для которых отсутствует возможность подогрева, а также в некоторых баковых выключателях. Парциальное давление элегаза в газовой смеси в условиях конденсации устанавливается не выше указанного в таблице 1 для соответствующей минимальной температуры. Суммарное давление смеси газов при этом устанавливается на уровне, обеспечивающем номинальные параметры выключателя. В отече-

ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Температура, °С	-42	-50	-60
Скорость ветра, м/с	20	7	3

Таблица 2

ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПЛОТНОСТЯХ ЭЛЕГАЗА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ

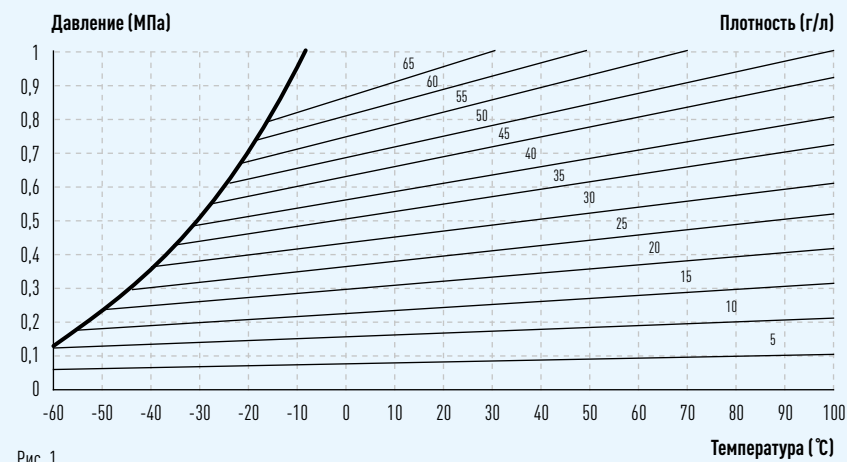


Рис. 1

ственной практике используются давления от 0,7 до 1,2 МПа для указанных смесей газов.

К сожалению, ни отечественные, ни международные стандарты не определяют требований к методам испытаний выключателей с газовыми смесями. Объем и методы испытаний обычно устанавливаются по соглашению между изготовителем выключателей и заказчиком (потребителем). Как правило, изготовители проводят квалификационные испытания выключателей с элегазом в полном объеме и отдельные виды испытаний повторяют для выключа-

телей, наполненных смесью газов. Повторение испытаний в полном объеме при различных составах газовой смеси приводит к существенному увеличению объема квалификационных испытаний, их усложнению и повышению стоимости. Определяя виды испытаний для выключателей со смесью газов, изготовители руководствуются имеющимся у них опытом применения смесей газов и рекомендациями, разработанными рабочей группой СИГРЕ [4].

В связи с увеличением типов и образцов выключателей, в которых

применяются смеси газов, задача нормирования испытаний таких выключателей в стандартах становится особенно актуальной. Несомненно, такие выключатели должны испытываться на электрическую прочность изоляции и на коммутационную способность в основных режимах, а именно: отключение номинального тока отключения, отключение токов не удаленного короткого замыкания, отключение тока в условиях рас-согласования фаз, отключение емкостных токов ненагруженных линий и конденсаторных батарей, отключение тока шунтирующего реактора. При разработке стандартизированных требований к выключателям со смесью газов целесообразно рассмотреть вопросы необходимости их испытаний на отключающую способность при токах КЗ меньших, чем номинальный ток отключения, на включающую способность, а также механических испытаний и испытаний на нагрев.

Для элегазовых баковых выключателей эффективным методом обеспечения их работоспособности при низких температурах является применение устройств электрического подогрева (см. [8]). Как правило, устройства подогрева располагаются в нижней части выключателя вокруг бака. Устройства подогрева должны поддерживать температуру элегаза на уровне, превышающем температуру конденсации. В этом случае плотность элегаза сохраняется на указанном изготовителем уровне, и не требуется повторения квалификационных испытаний на электрическую прочность изоляции и коммутационную способность.

При выборе мощности устройств подогрева должна учитываться вероятность возникновения ветра, так как при этом существенно снижается температура отдельных частей выключателя и элегаза. Данные по скорости ветра в различных районах холодного климата позволили уста-

новить ветровые нагрузки, соответствующие различным минимальным температурам.

Мощности устройств подогрева баков выключателей, обеспечивающих их работоспособность при температуре воздуха минус 60 °С (и с учетом ветровой нагрузки), должны быть весьма значительными. Они составляют от 7 до 12 кВт для выключателей 110 кВ и от 9 до 16 кВт для выключателей 220 кВ. Для элегазовых баковых выключателей 500 кВ мощность устройств подогрева баков может достигать 18 кВт. Мощность устройств подогрева шкафов привода или шкафов управления составляет от 200 до 700 Вт.

Работоспособность выключателей в условиях низких температур и ветровой нагрузки проверяется в специальных климатических камерах, способных обеспечить требуемую скорость ветра. Поскольку наиболее удаленным от подогревателя выключателя является элегаз, расположенный в верхней части ввода бакового выключателя, наиболее вероятно конденсация элегаза именно в этой части ввода. Поэтому выключатели должны подвергаться испытаниям при установленных вводах для соответствующего класса напряжения. Замена вводов при испытаниях на вводы меньшей длины для снижения габаритов выключателя и обеспечения возможности его размещения в климатической камере недопустима, и габариты камеры для испытаний выключателей 330 и 500 кВ должны быть достаточно велики. Методика испытаний должна предусматривать возможность определения или оценки температуры элегаза в верхней части ввода.

Подогрев выключателей должен включаться при понижении температуры воздуха ниже определенного значения, указанного изготовителем. При этом преждевременное включение подогрева может при-



Рис. 2. Элегазовый колонковый выключатель при низких температурах заполняется смесью газов

вести к повышению температуры отдельных частей выключателя выше допустимого уровня, установленного ГОСТ 8024 [5]. Постоянная времени нагрева выключателя после включения устройств подогрева должна обеспечивать отсутствие конденсации элегаза в условиях возможного резкого снижения температуры воздуха и ветра. Согласно ГОСТ 15150 [2], изменение температуры окружающего воздуха может составлять 40 °С за 8 часов. Целесообразно установить требование определения постоянной времени повышения температуры выключателя после включения устройства подогрева.

ГОСТ Р 52565 [6] и стандарт МЭК 62271-100 [7] устанавливают допустимое время отключения подогрева выключателя – 2 часа.

В течение этого интервала времени допускается появление сигнала снижения давления, но не должно срабатывать устройство блокировки выключателя. Опыт испытаний выключателей в условиях крайне низкой температуры воздуха и ветровой нагрузки показывает, что приведенные в [6] и [7] требования являются слишком жесткими. Они приводят к дополнительному увеличению мощности устройств подогрева, которая и без выполнения требований к интервалу отсутствия подогрева весьма значительна. Эта проблема требует отдельного рассмотрения и возможной корректировки требований к методике испытаний при низкой температуре.

При очень низкой температуре окружающего воздуха и сильной

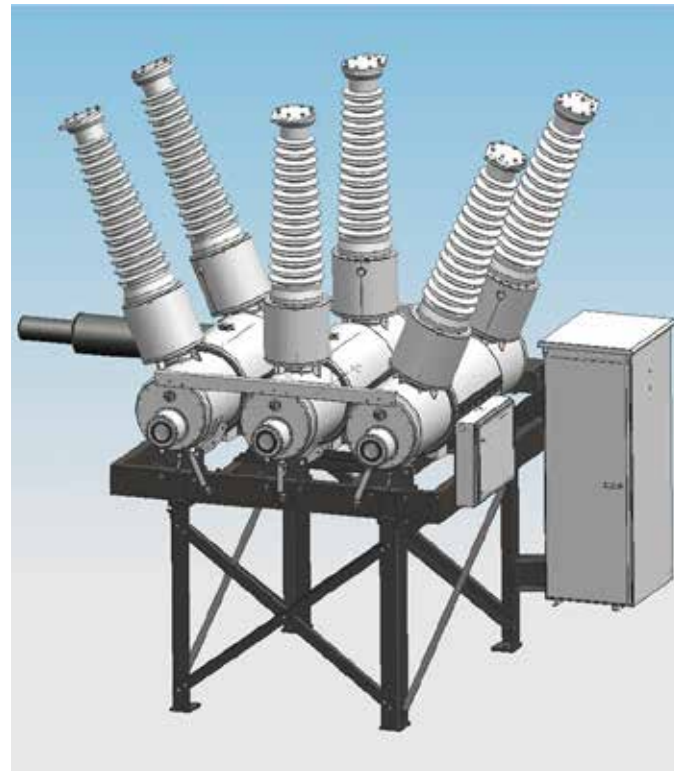


Рис.3. Элегазовый баковый выключатель с подогревателями, установленными на баках полюсов для применения при низких температурах

ветровой нагрузке, превышающей испытательную нагрузку, возможны условия, когда работоспособность выключателя не может быть обеспечена ни при применении смеси газов, ни при использовании подогрева. В таких случаях выключатели следует устанавливать в закрытых распределительных устройствах.

ВЫВОДЫ

1. Для обеспечения работоспособности элегазовых выключателей исполнения УХЛ в отечественной практике применяются следующие методы:

- снижение давления элегаза с применением смеси газов «элегаз-хладон» или «элегаз-азот»;
- установка устройств электрического подогрева выключателя.

2. Необходимо разработать требования к методам испытаний элега-

зовых выключателей, заполненных смесями газов «элегаз-хладон» или «элегаз-азот».

3. Необходимо разработать стандарты, регламентирующие требования к конструкции и методам климатических испытаний элегазовых баковых выключателей с устройствами электрического подогрева в условиях низких температур и ветровой нагрузки.

4. В условиях крайне низких температур и ветровой нагрузки целесообразно устанавливать элегазовые выключатели в закрытых распределительных устройствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 62271-1 High voltage Switchgear and controller – Part 1: Common Specifications
ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категория, условия эксплуа-

ИНФОРМАЦИЯ

ЭЛЕГАЗОВЫЕ БАКОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

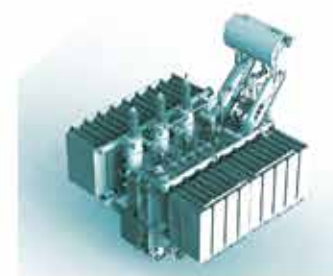
Элегазовые баковые выключатели обладают гораздо меньшими габаритами по сравнению с масляными, имеют один общий привод на три полюса, встроенные трансформаторы тока. В элегазовых выключателях применяются различные способы гашения дуги в зависимости от номинального напряжения, номинального тока отключения и эксплуатационных особенностей в месте установки.

тации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

3. IEC 62271-4 High voltage Switchgear and controller – Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF₆) and its mixture.
4. CIGRE, Working Group 23.02, Task Force 01 Guide for SF₆ Gas Mixtures (Application and handling in electrical power equipment)
ГОСТ 8024. Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний.
6. ГОСТ Р 52565. Выключатели переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.
7. IEC 62271-100 High voltage Switchgear and controller – Part 100: Alternating current circuit-breakers.
8. Ковалев В.Д., Борин В.Н., Серяков К.И. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕГАЗОВЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ, // Энергия Единой Сети. – 2014. № 2 (13) С. 38–44. ■



ЭНЕРГИЯ НА РЕЗУЛЬТАТ



СИЛОВЫЕ МАШИНЫ - ТОШИБА ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

ПРОГРЕССИВНОСТЬ И СТРЕМЛЕНИЕ К УСПЕХУ ДЕЛАЮТ НАС ИДЕАЛЬНЫМ ПАРТНЕРОМ

Компания «Силовые машины» и корпорация «Тошиба», ведущие производители и поставщики комплексных решений в области энергомашиностроения, объединили свой высокий производственный и конструкторский потенциал для создания в России нового завода по выпуску высоковольтных трансформаторов (введен в эксплуатацию в конце 2013 года). Использование передовых технологий и внедрение строгой системы контроля качества обеспечивают выпуск надежной продукции с высокими эксплуатационными характеристиками.

- ▶ проектирование и производство силовых трансформаторов и автотрансформаторов 110-750 кВ мощностью свыше 25 МВА, в том числе в трехфазном исполнении, а также шунтирующих реакторов 500-750 кВ;
- ▶ полностью автоматизированный испытательный центр;
- ▶ комплексное сервисное обслуживание.

www.pmtt.ru

реклама