

УДК 574.24, 621.315.2

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗА $G^3$ В РОССИИ

А.О. Маментьева, студент гр. ЭПб-141, III курс

Научный руководитель: Ф.С. Непша, ст. преподаватель кафедры ЭГиПП  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Гексафторид серы (элегаз,  $SF_6$ ) - газ, используемый в распределительных устройствах в электрических сетях среднего и высокого напряжения в качестве изоляционной и коммутационной среды.

Элегаз тяжелее воздуха, сохраняется в атмосфере до 3200 лет и является активным поглотителем инфракрасного излучения. Киотским протоколом, принятым в 1997 году, он включен в список шести наиболее опасных парниковых газов. В нашей стране документ был ратифицирован в 2004 году указом президента РФ[4].

Ежегодно используется около 10000 тонн элегаза, из них 80% применяется в сфере электроэнергетики[3]. Последние исследования показали, что годовой прирост объемов элегаза в атмосфере составляет  $8 \pm 0,7$  % и является наибольшим среди всех парниковых газов.

Таким образом, разработка альтернативы элегазу, является важнейшей задачей, решение которой позволит снизить выбросы парниковых газов в атмосферу и замедлить глобальное потепление.

В августе 2014 года французская компания Alstom совместно с американской компанией 3M™ объявили о создании замены элегазу. Такой заменой стал экологически чистый, нетоксичный, негорючий газ  $g^3$  с более низким показателем потенциала глобального потепления (ПГП).

Газовая смесь  $g^3$  формируется на основе диэлектрической жидкости Novac™ 4710, которая имеет ПГП на 98% ниже, чем у элегаза, а также обладает высокой теплопроводностью и низкой токсичностью. Кроме того, электрическая прочность Novac™ 4710 в 2,2 раза больше, чем у элегаза. Однако, из-за низкой температуры жидкой фазы (точка кипения: - 4,7 °C), Novac™ 4710 не может быть использована без буферного газа ( $CO_2$ ).

Для того чтобы оценить перспективы использования газовой смеси  $g^3$  в качестве замены элегазу в России рассмотрим свойства элегаза и  $g^3$  по следующим параметрам:

1. *Диэлектрическая прочность.* Результаты испытаний показали, что газовая смесь  $g^3$  имеет несколько меньшую диэлектрическую прочность по сравнению с элегазом (85-96% диэлектрической прочности элегаза)[1]. Это отличие компенсируется созданием в дугогасящей камере более высокого давления 0,7 МПа.

2. *Способность к гашению электрической дуги.* Для проверки коммутационных характеристик  $g^3$  проведены испытания[1], которые показали,

что среднее время горения дуги при использовании  $g^3$  и  $SF_6$  практически одинаково для тестируемых коммутационных аппаратов.

3. *Теплопроводность газовой смеси  $g^3$*  незначительно ниже, чем у элегаза. Испытания показали, что корпус коммутационного аппарата при использовании  $g^3$  нагревается на 5-6 °С выше, чем при использовании элегаза. Полученные отличия могут быть скомпенсированы путем увеличения поверхности дугогасящей камеры или добавлением охлаждающих радиаторов.

4. *Совместимость с различными видами материалов.* В газообразном состоянии газовая смесь  $g^3$  и элегаз одинаково совместимы с большинством металлов и твердых пластмасс, применяемых в электрических установках.

Наибольшее рабочее давление и, следовательно, наибольший уровень электрической прочности элегаза в изоляционной конструкции ограничивается возможностью сжижения элегаза при низких температурах. Температура сжижения элегаза при давлении 0,3 МПа составляет -45 °С, а при 0,5 МПа равна -30 °С. В коммутационных аппаратах климатического исполнения до -55 °С в качестве дугогасящей и изолирующей среды используется смесь элегаза с азотом или тетрафторметаном[2].

При использовании газовой смеси  $g^3$  приходится работать при более высоком давлении для обеспечения требуемого уровня электрической прочности. При этом коммутационный аппарат может работать при температурах до -25 °С, что не позволяет использовать газовую смесь  $g^3$  в условиях большинства регионов Российской Федерации.

Контроль состояния газовой смеси  $g^3$  осуществляется также как и в случае с элегазом. Тем не менее, датчики, используемые для элегаза, должны быть адаптированы к повышенным значениям давления. Цифровые датчики для оперативного мониторинга не требуют дополнительных модификаций, оборудование точно измеряет состав газовой смеси ( $CO_2$  и Novac<sup>TM</sup> в процентах) и степень влажности газа.

Заполнение коммутационного аппарата газовой смесью  $g^3$  осуществляется непосредственно из баллона с использованием специального газозаправочного устройства, отличного от устройства, применяемого в случае с элегазом. В отличие от баллонов с элегазом, баллоны с газовой смесью  $g^3$  необходимо нагреть до температуры, при которой  $g^3$  перейдет в сверхкритическое состояние для обеспечения однородности газовой смеси и правильного заполнения отсеков оборудования.

Стоит отметить, что оборудование по утилизации  $g^3$  находится на стадии разработки. Кроме того, так как  $g^3$  является газовой смесью процесс ее утилизации намного сложнее, чем у элегаза.

Первое оборудование с использованием газовой смеси  $g^3$  было представлено компанией Alstom в 2015 году на Ганноверской ярмарке. Также были реализованы пилотные проекты с использованием газовой смеси  $g^3$ :

– кабельная линия 420 кВ длиной 300 м на юго-востоке Великобритании;

– элегазовый трансформатор тока 245 кВ для наружного применения при температуре до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

– подстанция напряжением 145 кВ, на которой газовая смесь  $\text{g}^3$  применяется в качестве изолирующей, коммутационной и дугогасящей среды.

Таким образом, результаты проведенных испытаний показывают, что газовая смесь  $\text{g}^3$  действительно может применяться в качестве замены элегазу. При этом газовая смесь  $\text{g}^3$  обладает незначительно худшими техническими характеристиками и, как следствие, возникает необходимость выполнения конструктивных модификаций аппаратов, что приводит к их удорожанию. В связи с этим,  $\text{g}^3$  не может применяться в уже существующих электрических аппаратах, в которых используется элегаз.

Самым большим преимуществом использования газовой смеси  $\text{g}^3$ , безусловно, является низкий показатель потенциала глобального потепления (ПГП). Самым большим недостатком является высокий нижний температурный предел применения газовой смеси  $\text{g}^3$ , что не позволяет рассматривать  $\text{g}^3$  в качестве замены элегазу на территории Российской Федерации.

Важно отметить, что технология применения элегаза в распределительных устройствах в нашей стране значительно улучшилась с момента появления первого электрооборудования с использованием элегаза. В настоящее время элегаз используется в закрытом цикле и утилизируется по завершению срока службы. Также значительно была усовершенствована конструкция электрооборудования для снижения скорости утечки элегаза в атмосферу. Оборудование оснащено необходимыми датчиками и сигнализацией, которые позволяют в короткие сроки обнаружить и устранить утечку. Вышеуказанные мероприятия повысили экологичность использования элегаза, однако проблема поиска его экологичной замены остается актуальной.

#### **Выводы:**

1. Газовая смесь  $\text{g}^3$  целесообразна к применению только в странах с минимальными температурами не ниже  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, в условиях РФ она не применима.

2. Газовая смесь  $\text{g}^3$  имеет меньший ПГП по сравнению с элегазом, но за счет значительного содержания  $\text{CO}_2$  не исключает негативного влияния на климат.

3. Применение  $\text{g}^3$  требует модификации или замены существующего оборудования, работающего на элегазе.

4. В климатических условиях большинства регионов Российской Федерации газовая смесь  $\text{g}^3$  не является эффективной заменой элегазу. Необходимо продолжить поиск экологической замены элегазу, которая будет исключать недостатки характерные для газовой смеси  $\text{g}^3$ .

#### **Список литературы:**

1. Powell, A.H. Environmental aspects of the use of Sulphur Hexafluoride. / A.H. Powell// ERA Technology Ltd, 2002.

2. Прибе, К. Использование альтернативных изоляционных газов в распределительных устройствах высокого напряжения. / К. Прибе // Аналитический доклад - 8 января 2016.

3. Smythe, K. Trends in SF<sub>6</sub> and End-Use Applications: 1961–2003, / К. Smythe // Conference on SF<sub>6</sub> and the Environment. Scottsdale, Arizona, December 1–3, 2004.

4. Ратникова, А.А. Экономические механизмы Киотского протокола: международный и национальный уровни регулирования/А.А. Ратникова// Экология на предприятии, 2012. – № 5 – С. 45 – 49.