

Propuesta de aislamiento más amigable con el medioambiente

Thomas Diggelmann, Denis Tehlar,
Jocelyn Chang, Sebastian Zache
ABB Suiza
ABB Alemania
www.abb.com

Durante décadas, las propiedades únicas del hexafluoruro de azufre (SF_6) lo han convertido en el medio preferido de aislamiento y conmutación para la aparata eléctrica. Pero el hexafluoruro de

azufre es un gas con efecto invernadero y los costos de gestión del ciclo de vida aumentan con el uso. ABB lleva varios años investigando alternativas con propiedades de aislamiento e interrupción del arco



Figura 1. El hexafluoruro de azufre ha demostrado su eficacia como medio de aislamiento para aparata eléctrica, pero preocupa su contribución al calentamiento global. ABB ha desarrollado una alternativa que, en algunos casos, tienen el mismo rendimiento que el hexafluoruro de azufre. La imagen ilustra GIS de alta tensión.

eléctricas similares a las del hexafluoruro de azufre pero con menor impacto ambiental. En Suiza, presenta la primera planta piloto de aparataje aislada en gas (GIS) del mundo que emplea una nueva mezcla de gases.

En la industria y los servicios de suministro, el calentamiento global y el cambio climático están impulsando la sustitución de muchos productos por alternativas respetuosas con el medioambiente. El omnipresente hexafluoruro de azufre, un gas artificial creado a principios del siglo XX como medio de aislamiento y conmutación, no es una excepción. Por sus excelentes propiedades de aislamiento eléctrico e interrupción de arco, el hexafluoruro de azufre permite operaciones seguras y fiables e instalaciones de aparataje mucho más pequeñas.

Pero el hexafluoruro de azufre es un gas con efecto invernadero y los costos de gestión del ciclo de vida asociados a su manipulación están creciendo, especialmente al retirar del servicio subestaciones antiguas. Estos costos aumentarán con la demanda de electricidad y, por tanto, de aparataje de alta y media tensión aislada en gas. Este factor convierte en urgente la búsqueda de una alternativa al hexafluoruro de azufre respetuosa con el medioambiente.

ABB ya ha desarrollado y puesto en servicio interruptores de alta tensión aislados en aire que emplean dióxido de carbono (CO_2) como medio de aislamiento y extinción de arcos, y unidades de anillo principal (RMU) de media tensión que emplean aire en un diseño de aparataje aislada en gas. Pero estas soluciones solo solventan una parte del problema: necesitamos una alternativa al hexafluoruro de azufre que se pueda usar en un campo de aplicaciones más amplio.

La búsqueda de un medio de aislamiento y conmutación

Las características técnicas principales para un gas aislante para aparataje son la resistencia dieléctrica y la capacidad de extinción de arcos. Para GIS, hay otras propiedades menos obvias pero igualmente importantes: punto de ebullición bajo,

toxicidad baja, estabilidad, inflamabilidad baja, ausencia de potencial de agotamiento del ozono (ODP) y potencial de calentamiento global (GWP) muy bajo [1]. El GWP se expresa como la relación entre la cantidad de calor atrapado por una masa de gas determinada y la cantidad atrapada por una masa similar de dióxido de carbono. Se calcula por un intervalo de tiempo dado, normalmente, veinte, cincuenta o cien años.

Grupos de investigación de todo el mundo han trabajado mucho para encontrar una alternativa adecuada al hexafluoruro de azufre. Hasta el momento, no se ha descubierto ninguna que reúna todas las propiedades necesarias.

Hace falta una alternativa al hexafluoruro de azufre que se pueda usar siempre.

Mezcla de gases a base de fluoracetona

Para facilitar la búsqueda de un sustituto del hexafluoruro de azufre, se emplearon métodos informáticos (desarrollados por terceros) para cribar moléculas apropiadas para el aislamiento de alta tensión [5]. Estos métodos hacen un cribado virtual de moléculas para detectar su GWP, toxicidad, inflamabilidad, etcétera, seguido de un estudio de

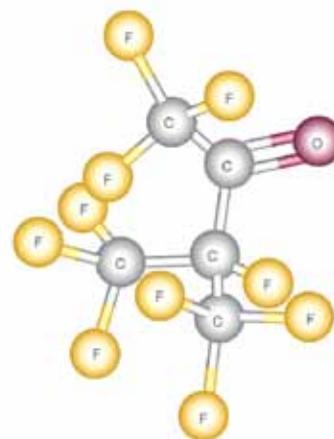


Figura 2. Modelo molecular de $\text{C}_5\text{F}_{10}\text{O}$

descomposición y punto de ebullición. Muy pronto surgió una familia de fluoroalquenos, fluoroalquil sulfuros, fluoroalcoholes y fluoroalquilaminas como fuente de un posible candidato [5].

Tras muchos años de investigación, ABB identificó una alternativa al hexafluoruro de azufre respetuosa con el medioambiente y que reunía todas las propiedades necesarias. La mezcla de gases se basa en un producto de la empresa 3M llamado *Novac 5110 Dielectric Fluid*, una cetona perfluorada con cinco átomos de carbono (C_5 PFK) [1, 6] (ver figura 2). Suministrado como líquido, se vaporiza y se mezcla durante el proceso de llenado. La mezcla de gases de fluorocetona para aplicaciones de aparata se desarrolló en colaboración con 3M y se ha bautizado con el nombre de *AirPlus*.

La nueva mezcla de gases contiene:

- » Fluorocetona, dióxido de carbono y oxígeno para GIS de alta tensión
- » Fluorocetona, nitrógeno y oxígeno para GIS de media tensión

Esta molécula fluorada se descompone rápidamente bajo la luz ultravioleta en la atmósfera inferior. El ciclo de vida atmosférico de la molécula es corto (unos quince días, frente a 3.200 años del hexafluoruro de azufre). Se descompone en dióxido de carbono que permanece en la atmósfera y otras moléculas arrastradas por la lluvia. Las cantidades son bajas, y la contribución al calentamiento global, insignificante. Gracias a ello, el GWP de la nueva mezcla de gases es inferior a uno, menor que dióxido de carbono ($GWP = 1$). Además, la molécula fluorada es prácticamente no tóxica, no inflamable y ni la propia sustancia ni sus productos de descomposición destruyen la capa de ozono.

Las pruebas en laboratorios de ABB han demostrado el elevado potencial de las mezclas de fluorocetona como medio de conmutación e interrupción con valores nominales de transporte y distribución. La mezcla de gases no pone en peligro la calidad y la fiabilidad de los equipos y tiene

un GWP extremadamente bajo. Es el único medio de aislamiento disponible hasta el momento con un GWP menor o igual a uno testeado según normas IEC y que cumple criterios de comportamiento similares a los establecidos para el hexafluoruro de azufre.

Tras muchos años de investigación, ABB ha identificado una mezcla de gases que sirve como alternativa al hexafluoruro de azufre y reúne todas las propiedades necesarias.

Análisis del ciclo de vida (LCA)

Según la norma de gestión ambiental ISO 14040, el LCA tiene en cuenta tres principales contribuyentes a las emisiones de dióxido de carbono equivalentes:

- » Materiales
- » Fugas del gas de aislamiento y pérdidas durante su manipulación
- » Pérdidas de energía

Las condiciones límite asumidas para GIS de alta tensión son:



Figura 3. Contribuciones relativas a emisiones de dióxido de carbono equivalentes

- » Ciclo de vida de treinta años
- » Tasa de fugas de gas del 0,1 por ciento al año y pérdidas del uno por ciento durante la manipulación y del uno por ciento durante la retirada del servicio
- » Funcionamiento al cincuenta por ciento del flujo de corriente nominal durante treinta años

El LCA indica que la GIS de alta tensión con AirPlus puede reducir las emisiones de dióxido de carbono equivalentes hasta un cincuenta por ciento. El porcentaje restante se atribuye a materias primas, fabricación y pérdidas térmicas.

Aunque la contribución de los materiales a las emisiones de dióxido de carbono equivalentes es ligeramente mayor para GIS con la mezcla de gases PFK, las pérdidas de energía son menores y las pérdidas por fugas y manipulación, casi nulas (ver figura 3).

Además, en equipos de media tensión, que tienen presiones y cantidades de gas menores, *AirPlus* ayuda a reducir las emisiones de dióxido de carbono equivalentes a lo largo del ciclo de vida de la aparata. Cuando la manipulación no es responsabilidad del fabricante o queda fuera de su control, la

nueva mezcla de gases garantiza la reducción de casi el total del impacto climático de los escapes de gas.

La nueva tecnología tiene otras ventajas:

- » Se evitan los procedimientos reglamentarios exigidos para el hexafluoruro de azufre, como mantenimiento de registros de inventarios, requisitos especiales de manipulación y medidas a adoptar para llenar y desmantelar los equipos.
- » Se evitan los impuestos relacionados con el SF aplicables en algunos países.

Primera instalación de GIS con la nueva mezcla de gases

Cuando se inició el desarrollo, de la nueva tecnología, la compañía eléctrica suiza *EWZ* se encontraba en las primeras fases de planificación de una nueva subestación en Zúrich para sustituir la aparata aislada en aire (AIS) de los años '40. Se había fijado el objetivo de utilizar tecnologías innovadoras con baja huella de carbono en la subestación, en línea con su visión de suministrar energía sostenible siempre que fuera posible. También se tuvieron en cuenta nuevas tecnologías que aún no estaban comercializadas.

La nueva tecnología de *ABB* encajaba perfectamente con la idea de *EWZ*: GIS fiable, compacta y con bajo impacto ambiental en los lados de alta



Figura 4. GIS con la nueva mezcla de gases instaladas en Zúrich.
a) GIS de alta tensión, 170 kilovolts; b) GIS de media tensión, 24 kilovolts

y de media tensión. Ambas empresas colaboraron para integrar la nueva tecnología en la red en una instalación piloto. La subestación de Zúrich recién puesta en servicio consta de ocho bahías GIS de alta tensión y cincuenta de media tensión (ver figuras 4 y 5). Tiene todos los componentes de una GIS convencional con terminales de cable.

Los paneles de media tensión proceden de la moderna fábrica de GIS de ABB en Ratingen

(Alemania), mientras que la GIS de alta tensión se fabricó en la vanguardista planta de ABB en Oerlikon (Suiza), situada junto a la nueva subestación de EWZ (ver figura 6).

Las bahías de GIS se activaron en el verano de 2015 y empezaron a transportar y suministrar electricidad a la ciudad de Zúrich un par de meses más tarde.

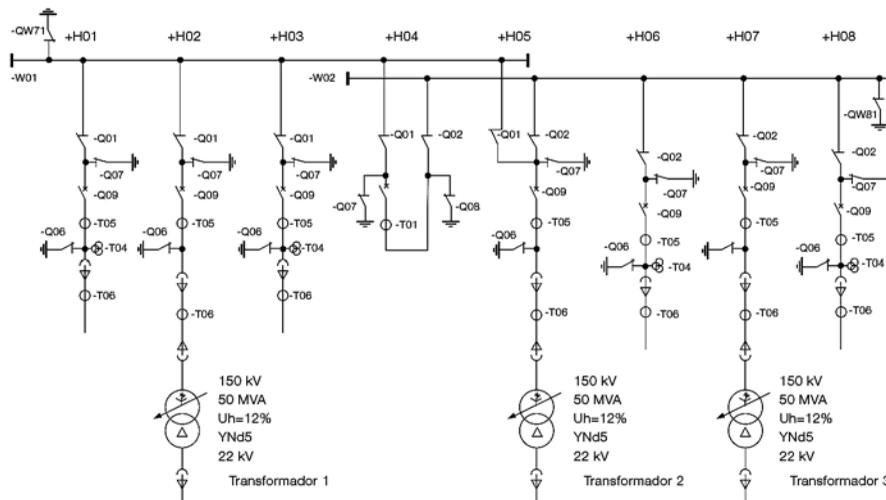


Figura 5. Esquema de una línea de aparata de alta tensión instalada en la subestación EWZ



Figura 6. Subestación de EWZ de Zúrich: la primera instalación de aparata piloto con la mezcla de gases que sustituye al hexafluoro de azufre. a) El edificio de la subestación de Oerlikon; b) la fábrica de GIS alta tensión de ABB se ve detrás de la subestación.

La subestación piloto marca un hito importante en la senda hacia una alternativa al hexafluoruro de azufre y proporcionará experiencia operativa a largo plazo del funcionamiento de la red. En los próximos años, *EWZ* y *ABB* aplicarán esta experiencia para reducir aún más la huella de carbono de la aparamenta.

La mezcla de gases se basa en una cetona perfluorada con cinco átomos de carbono y se desarrolló en colaboración con 3M.

Futura huella de carbono de la red

La aparamenta con hexafluoruro de azufre se usa desde hace décadas y está aceptada en el sector eléctrico. Su diseño compacto y su bajo impacto ambiental convierten la GIS en una evolución sostenible. La manipulación en circuito cerrado y las bajas tasas de fugas reducen la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de la GIS. Por ello, el hexafluoruro de azufre seguirá siendo el principal medio de aislamiento de GIS en los próximos años. Pero una alternativa como AirPlus podría reducir aún más la huella de carbono de la red eléctrica. ■



Referencias

- [1] Simka, P. y Ranjan, N. (2015), "Dielectric Strength of C5 Perfluoroketone," en *19th International Symposium on High Voltage Engineering*, Pilsen, Czech Republic
- [2] Devins, J. C. (1980) "Replacement gases for SF₆," *IEEE Transactions on Dielectric Electrical Insulation*, vol. 15, pp. 81–86.
- [3] Christophorou, L. G. et al. (1997), "Gases for electrical insulation and arc interruption: possible present and future alternatives to pure SF₆," *National Institute of Science and Technology (NIST)*, Washington D.C., *Technical Note 1425*
- [4] L. Niemeyer (1998), "A systematic search for insulation gases and their environmental evaluation" en *Gaseous Dielectrics VIII*, New York, Kluwer/Plenum pp. 459–464.
- [5] Rabie, M. y Franck, C. M. (2015), "Computational screening of new high voltage insulation gases with low global warming potential," *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 11, no. 1, pp. 296–302.
- [6] Mantilla J. D. et al. (2014), "Investigation of the insulation performance of a new gas mixture with extremely low GWP," *IEEE 2014 Electrical Insulation Conference*, Philadelphia, pp. 469–473.

Nota del editor:

Nota publicada originalmente en *ABB Review* 2/2016.