

AirPlus™

Una alternativa al SF₆ como medio de aislamiento y conmutación en aparata eléctrica

THOMAS DIGGELMANN, DENIS TEHLAR, JOCELYN CHANG, SEBASTIAN ZACHE – Durante décadas, las propiedades únicas del hexafluoruro de azufre (SF₆) lo han convertido en el medio preferido de aislamiento y conmutación para aparata eléctrica. Pero el SF₆ es un gas con efecto invernadero y los costes de gestión del ciclo de vida aumentan con el uso. ABB lleva varios años investigando alternativas con propiedades de aislamiento e interrupción del arco eléctrico similares a las del SF₆ pero con menor impacto ambiental. Por fin lo ha conseguido: acaba de entrar en servicio en Suiza la primera instalación piloto de aparata aislada en gas (GIS) del mundo que emplea una nueva mezcla de gases.



Hace falta una alternativa al SF₆ que se pueda usar siempre.

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 medio ambiente. El omnipresente SF₆, 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 del arco, el SF₆ permite operaciones seguras y fiables e instalaciones de aparatación mucho más pequeñas.

Imagen del título

El SF₆ ha demostrado su eficacia como medio de aislamiento para aparatación eléctrica, pero preocupa su contribución al calentamiento global. ABB ha desarrollado una alternativa que, en algunos casos, tiene el mismo rendimiento que el SF₆. La imagen ilustra GIS de alta tensión.

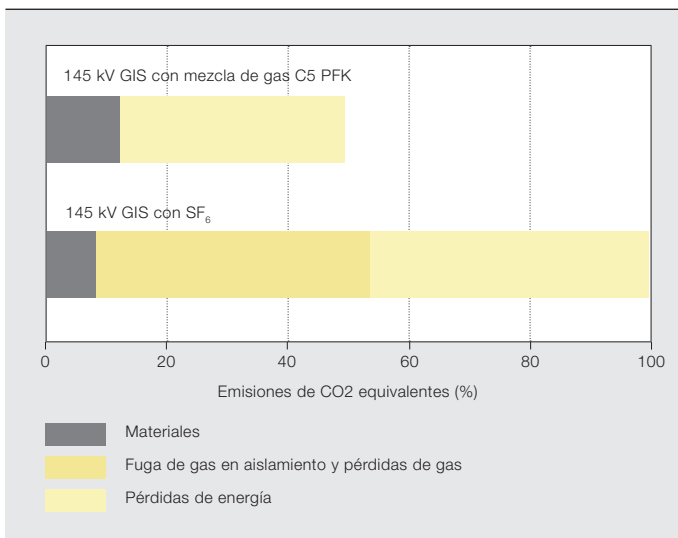
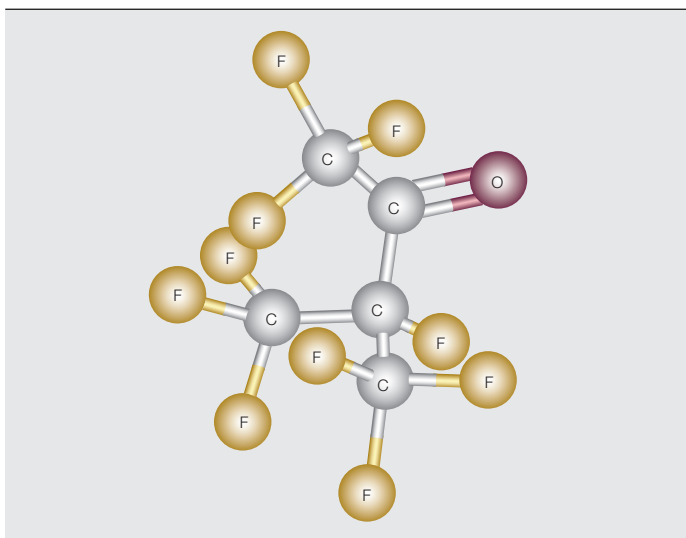
Pero el SF₆ es un gas con efecto invernadero y los costes de gestión del ciclo de vida asociados a su manipulación están creciendo, especialmente al retirar del servicio subestaciones antiguas. Estos costes aumentarán con la demanda de electricidad y, por tanto, de aparatación de alta y media tensión aislada en gas. Este factor convierte en urgente la búsqueda de una alternativa al SF₆ respetuosa con el medio ambiente.

ABB ya ha desarrollado y puesto en servicio interruptores de alta tensión aislados en aire que emplean dióxido de carbono (CO₂) como medio de aislamiento y extinción de arcos, y unidades de anillo principal (RMU) de media tensión que emplean aire en un diseño de aparatación aislada en gas. Pero estas soluciones solo solventan una parte del problema: necesitamos una alternativa al SF₆ 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 aparatación 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 CO₂. Se calcula para un intervalo de tiempo dado, normalmente 20, 50 o 100 años.

Grupos de investigación de todo el mundo han trabajado mucho para encontrar una alternativa adecuada al SF₆ → 2-4. Hasta el momento, no se ha descubierto



Tras muchos años de investigación, ABB ha identificado una mezcla de gases que sirve como alternativa al SF₆ y reúne todas las propiedades necesarias.

ninguna que reúna todas las propiedades necesarias.

Mezcla de gases a base de fluorocetona

Para facilitar la búsqueda de un sustituto del SF₆ 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, etc., seguido de un estudio de 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 SF₆ respetuosa con el medio ambiente y que reunía todas las propiedades necesarias. La mezcla de gases se basa en un producto de la empresa 3M llamado Novec 5110 Dielectric Fluid, una cetona perfluorada con cinco átomos de carbono (C5 PFK) [1, 6] → 1. 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 (AT).
- Fluorocetona, nitrógeno y oxígeno para GIS de media tensión (MT)

Esta molécula fluorada se descompone rápidamente a la luz ultravioleta en la atmósfera inferior. El ciclo de vida atmosférico de la molécula es corto (unos 15 días, frente a los 3200 años del SF₆). Se descompone en CO₂ 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 1, menor que el del CO₂ (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 ≤1 testado según las normas IEC y que cumple criterios de comportamiento similares a los establecidos para el SF₆.

Análisis del ciclo de vida (LCA)

Según la norma de gestión ambiental ISO14040, el LCA tiene en cuenta tres principales contribuyentes a las emisiones de CO₂ equivalentes:

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

3 GIS con la nueva mezcla de gases instalada en Zúrich

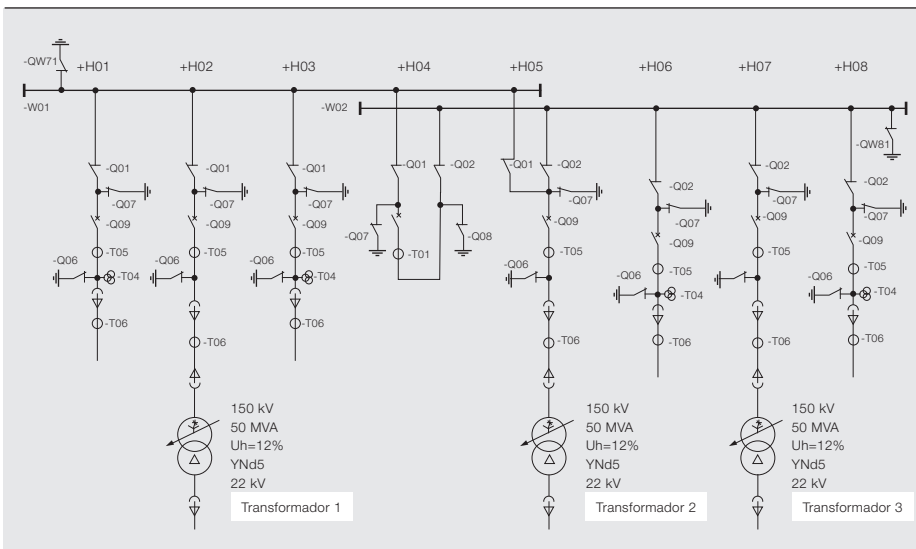


3a GIS AT 170 kV



3b GIS MT 24 kV

4 Esquema de una línea de apartamiento de AT instalada en la subestación ewz



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

Las condiciones límite asumidas para GIS de AT son:

- Ciclo de vida de 30 años
- Tasa de fugas de gas del 0,1 por ciento al año y pérdidas del 1 por ciento durante la manipulación y del 1 por ciento durante la retirada del servicio.
- Funcionamiento al 50 por ciento del flujo de corriente nominal durante 30 años.

El LCA indica que la GIS de alta tensión con AirPlus puede reducir las emisiones de CO₂ equivalentes hasta un 50%. El 50% restante se atribuye a materias primas, fabricación y pérdidas térmicas.

Aunque la contribución de los materiales a las emisiones de CO₂ equivalentes es ligeramente mayor para GIS con la mezcla de gases PFK, las pérdidas de ener-

gía son menores y las pérdidas por fugas y manipulación casi nulas → 2.

Además, en equipos de MT, que tienen presiones y cantidades de gas menores, AirPlus ayuda a reducir las emisiones de CO₂-equivalentes a lo largo del ciclo de vida de la apartamiento. Cuando la manipulación no es responsabilidad del fabricante o queda fuera de su control, la nueva mezcla de gases garantiza la reducción en casi un 100 por cien del impacto climático de los escapes de gas.

La nueva tecnología tiene otras ventajas:

- Se evitan los procedimientos regulatorios exigidos para el SF₆, como mantenimiento de registros de inventarios, requisitos especiales de manipulación y medidas a adoptar para llenar y desmantelar los equipos.



5a El edificio de la subestación de Oerlikon



5b La fábrica de GIS AT de ABB se ve detrás de la subestación.

– 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 aparamenta 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 AT y de MT. 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 8 bahías GIS de AT y 50 bahías GIS de MT → 3–4. Tiene todos los componentes de una GIS convencional con terminales de cable.

Los paneles de MT proceden de la moderna fábrica de GIS de ABB en Ratingen, Alemania, mientras que la GIS de AT se fabricó en la vanguardista planta de ABB en Oerlikon, Suiza, situada junto a la nueva subestación de ewz → 5.

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.

La subestación piloto marca un hito importante en la senda hacia una alternativa al SF₆ 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.

Futura huella de carbono de la red

La aparamenta con SF₆ 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 solución 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 SF₆ 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.

Thomas Diggelmann

Denis Tehlar

Jocelyn Chang

ABB Power Grids, High Voltage Products

Zúrich, Suiza

thomas.diggelmann@ch.abb.com

denis.tehlar@ch.abb.com

jocelyn.chang@ch.abb.com

Sebastian Zache

ABB Electrification Products,

Medium Voltage Products

Ratingen, Alemania

sebastian.zache@de.abb.com

Referencias

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