Innovación en equipos de MT sin SF6 con tecnología de corte en vacío y derivación de corriente

por Christophe Preve
François Trichon
Romain Maladen
Daniel Piccoz

Resumen del artículo

Más de 30 millones de unidades de aparamenta en media tensión instaladas en todo el mundo utilizan el hexafluoruro de azufre (SF6). Un gas considerado de efecto invernadero. Sustituir el uso del SF6 es un paso importante hacia una aparamenta más segura y ecológica. Una tecnología innovadora sin SF6 que combine de manera rentable la interrupción en vacío (IV) y el aislamiento en aire, al tiempo que mantenga un tamaño reducido asociado con la aparamenta tradicional aislada en gas, ofrece una alternativa prometedora a los equipos actuales.

Introducción

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se ha convertido en una prioridad para las empresas de todo el mundo. Para hacerlo, se requieren nuevas soluciones para equipos eléctricos más ecológicos. Este Informe Técnico presenta un equipo innovador y compacto sin SF6 que combina interruptores en vacío (IV) con un seccionador en aire, una solución mejor y más segura que los gases alternativos no probados.

Desde la década de 1970, el SF6 se ha utilizado ampliamente en equipos eléctricos de alta y media tensión como medio aislante y/o de corte sin ningún problema de toxicidad e inflamabilidad. Si bien se caracteriza por sus muy buenas propiedades eléctricas, el SF6 contribuye al efecto invernadero porque su potencial de calentamiento global (PCG) es de 23.500, lo que significa que 1 kg de SF6 tiene el mismo impacto que 23.500 kg de CO_2.

Se identificaron otros gases fluorados alternativos para reemplazar el SF6 como medio para la extinción del arco eléctrico en equipos de media tensión.[1][2][3] Si bien el PCG de algunos de estos gases alternativos es bajo, requieren un manejo cuidadoso por parte de trabajadores capacitados en todas las etapas de la vida del producto, desde la instalación del equipo hasta la gestión del final de la vida útil.

Estos gases pueden tener propiedades dieléctricas y poder de corte. Sin embargo, existe el desconocimiento sobre los riesgos para la salud y la posible toxicidad de estos gases alternativos y sus posibles características carcinógenas, mutágenas y reprotóxicas. Los gases fluorados no pueden liberarse a la atmósfera y deben reciclarse al final de su ciclo de vida.

Se ha diseñado una solución más segura y mejor sin SF6 que utiliza el aire en los interruptores instalados en los equipos de distribución secundaria, sin corte en gas.

Las ventajas de la solución incluyen:

- respeto al medio ambiente
- seguridad para las personas
- fácil de usar
- dimensiones compactas iguales o similares al SF6
- intercambiabilidad con el interruptor SF6 utilizado actualmente (celda AIS)
- no es necesario recuperar el gas al final de su vida útil
- ciclo de vida útil prolongado

[1] S. KOSSE, PG NIKOLIC, G. KALCHELRIESS, "Holistic evaluation of the performance of today's SF_6 alternatives proposals", artículo 0819, CIRED 2017, Glasgow, Reino Unido, junio de 2017.

[2] C. PREVE, D. PICCOZ, R. MALADEN, "Validation protocol of potential SF6 alternatives", MATPOST, Lyon, Francia, noviembre de 2015.

[3] A. BEROUAL, A HADDAD, "Recent advance in the quest of new insulation gas with a low impact on environment to replace Sulphur hexafluoride (SF6) gas in high-voltage power network applications", MDPI - Energies 2017, 1a, 1216, agosto de 2017

Corte en gas o aire

El corte en gas podría ser una solución rentable para un interruptor de 3 posiciones. Sin embargo, algunos candidatos fluorados tienen subproductos muy tóxicos y, en particular, generan una gran cantidad de monóxido de carbono (CO) durante el proceso de corte de arco.

La salud y la seguridad son las principales preocupaciones cuando se consideran las alternativas al SF6 porque la aparamenta de media tensión se usa en lugares públicos. El riesgo para las personas de una fuga accidental de gas es demasiado alto para plantear el uso de un gas que rompe con las alternativas de SF6.

El aire seco no es dieléctricamente tan bueno como los gases fluorados, pero tiene la gran ventaja de ser seguro, fácil de manejar y puede liberarse a la atmósfera al final de su vida útil.

El nitrógeno (N2) tiene propiedades dieléctricas más bajas que el aire seco, pero tiene la ventaja de no ser oxidante. El dióxido de carbono (CO_2) tiene propiedades dieléctricas más bajas que el aire y el N_2. Es seguro como el aire seco y el N_2 y puede liberarse a la atmósfera. Las propiedades dieléctricas de estos gases aumentan con presiones más altas, lo que les permite mantener las dimensiones de la aparamenta de SF6.

Por otro lado, el aire seco y el N_2 tienen un poder de corte débil, mientras que el CO_2 tiene un mejor poder de corte que el aire seco y el N_2, pero no tan bueno como el SF6. Estos gases naturales, en comparación con las alternativas fluoradas, están disponibles fácilmente.

Por lo tanto, la mejor solución es el aire seco como medio dieléctrico y un interruptor en vacío como dispositivo de corte. Esta solución permite evitar gases alternativos y sus subproductos tóxicos después del corte, y evita cualquier riesgo para la seguridad de las personas en caso de fuga accidental de gas.

Solución de aparamenta sin SF6: aire y vacío

Esta solución AIS sin SF6 utiliza aire seco a una presión relativa de 0,4 bares para aparamenta de 12 kV y 1,5 bares para aparamenta de 24 kV en una envolvente epoxi. El interruptor de 3 posiciones se basa en el corte en vacío, la desconexión del entrehierro y la conexión a tierra dentro de la envolvente. El modo de operación es el mismo que el del interruptor de 3 posiciones tradicional de SF6: corte/desconexión en una maniobra y conexión a tierra en una segunda maniobra. La combinación de diferentes dispositivos y su arquitectura de diseño permite diseñar una solución compacta con las mismas dimensiones que los interruptores de 3 posiciones tradicionales de SF6. Como resultado, esta envolvente epoxi es totalmente intercambiable con esta envolvente de SF6 en una celda AIS secundaria.

Corte con interruptores en vacío en serie con un seccionador de 3 posiciones

El enfoque tradicional para el corte con interruptores en vacío consiste en configurar un interruptor en vacío (IV) en serie con un seccionador de 3 posiciones (Figura 1). Esta solución ya se utiliza en RMU de SF6 para aplicaciones de interruptores automáticos en vacío (IAV). Para aplicaciones de interruptores en carga, el IV debe garantizar la capacidad de cierre en cortocircuito, la resistencia dieléctrica, la resistencia a la intensidad de corta duración (con su valor máximo) y la resistencia a la corriente

continua. La única diferencia entre los dos tipos de IV es el poder de corte.

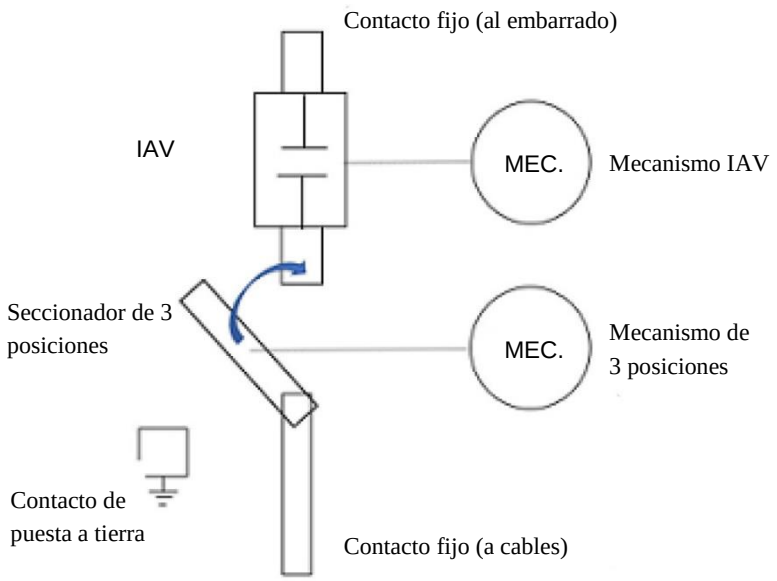
Como consecuencia, el IV para interruptores en carga tiene las mismas dimensiones y un coste similar al IV para IAV.

Esta solución es bien conocida y fiable. Sin embargo, presenta dos inconvenientes principales:

- La forma en que funciona es diferente a un interruptor de SF6 de 3 posiciones. Las maniobras se realizan mediante dos mecanismos: uno para el IA y otro para el seccionador de 3 posiciones. La apertura/desconexión se realiza mediante 2 maniobras.
- El coste de la solución es alto.

Figura 1

Solución "tradicional" de interruptor en carga con un interruptor en vacío en serie con un seccionador de 3 posiciones



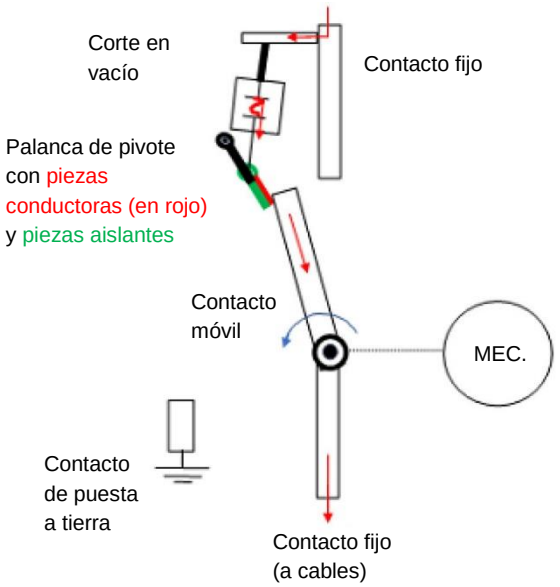
Corte con la tecnología de corte en vacío con derivación (IVS)

Este nuevo enfoque consiste en una combinación de un IV y un seccionador en aire, lo que reduce la cantidad de componentes, reduce los costes y permite la maniobra como un interruptor normal de 3 posiciones (Figura 2).

El interruptor en vacío está instalado en paralelo con el seccionador. Las hojas del seccionador realizan la apertura del IV con una palanca de pivote. En esta configuración, el IV solo funciona durante la fase de corte. Debe resistir la tensión de recuperación transitoria del corte, pero no necesita tener poder de cierre en cortocircuito, resistencia a la intensidad de corta duración y resistencia a la corriente continua. Las hojas aseguran el cierre en cortocircuito. La intensidad no circula por el IV durante la fase de cierre. De hecho, la intensidad solo circula por el IV durante varios milisegundos durante la fase de apertura. **Esto reduce el coste y las dimensiones de este IV.**

Figura 2

Una solución innovadora con tecnología de corte en vacío con derivación (IVS)



Descripción de las fases de apertura y desconexión

Los contactos principales están cerrados (Figura 3), por lo que la intensidad solo circula por los contactos principales y no por el IV, que está en la posición cerrada.

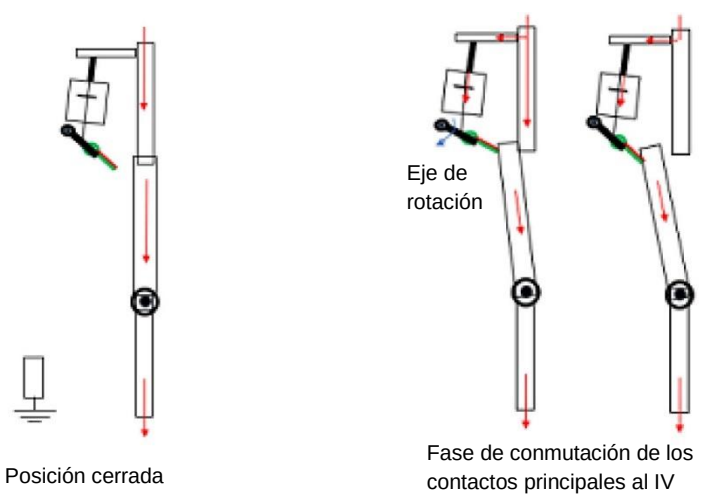
Hay una fase de conmutación de intensidad cuando el contacto móvil empieza a moverse (Figura 4): el contacto móvil está conectado a la parte conductora de la palanca de pivote y aún está conectado al contacto fijo. La intensidad se comparte entre ambos circuitos: los contactos principales y el IV (aún en posición cerrada). Durante la separación de los contactos móviles y fijos no hay arco eléctrico porque los contactos tienen el mismo potencial eléctrico.

Figura 3

Posición cerrada

Figura 4

Fase de conmutación



Cuando finaliza la fase de conmutación, la intensidad se deriva a través del IV, que todavía está en la posición cerrada. Luego, el contacto móvil empuja la palanca de pivote, que gira y acciona la apertura del IV. El IV corta la intensidad cuando ocurre el primer cero de intensidad (Figura 5).

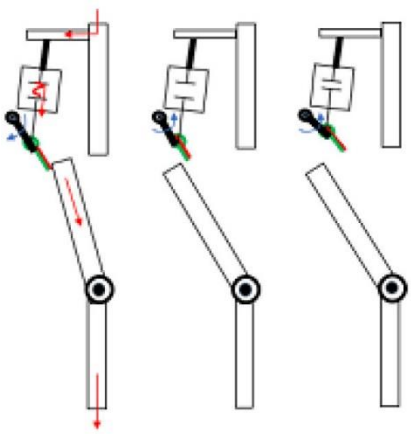
Una vez completado el corte de intensidad, el contacto móvil libera la palanca de pivote y continúa su rotación hasta la posición desconectada (Figura 6). Un contra resorte permite que la palanca de pivote regrese a su posición inicial, lo que cierra el IV.

Figura 5

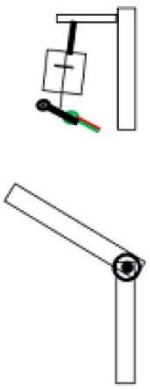
Fase de corte del IV

Figura 6

Posición desconectada



Fase de corte del IV



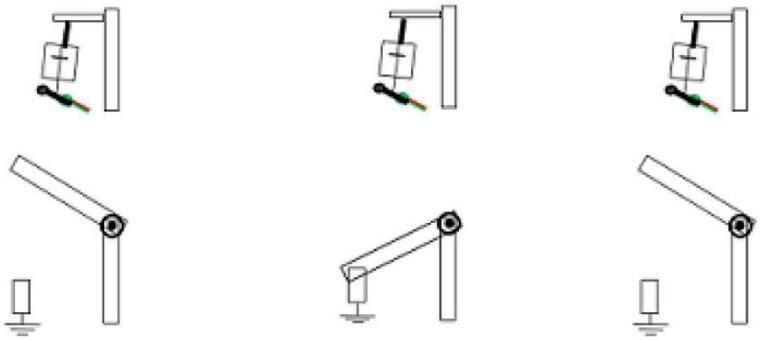
Posición desconectada

Descripción de la fase de puesta a tierra

La fase de puesta a tierra es igual a la del interruptor SF6 de 3 posiciones. El circuito paralelo con el IV en posición cerrada no desempeña ningún papel.

Figura 7

Fase de puesta a tierra



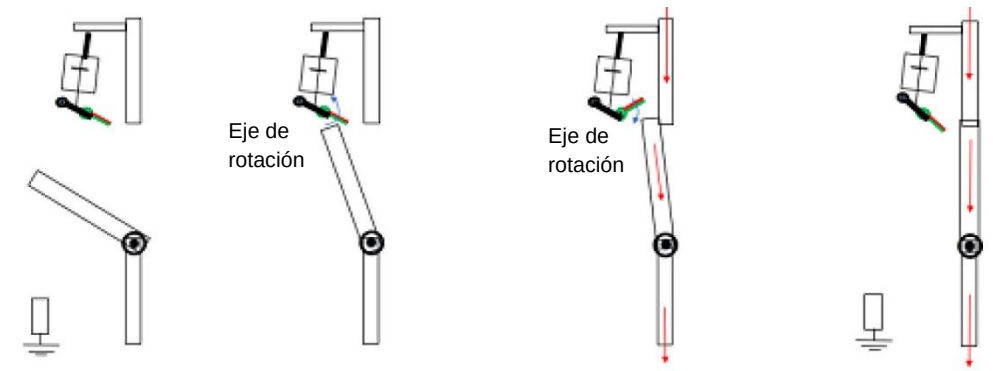
Posición desconectada Posición puesta a tierra Posición desconectada

Descripción de la fase de cierre

Como se muestra en la Figura 8, el contacto móvil hace contacto con la cara aislante de la palanca de pivote y la empuja para que gire, lo que permite que este contacto móvil cierre el contacto fijo. El cierre/cierre con corriente se realiza con los contactos principales. La intensidad nunca circula por el IV durante esta fase. Una vez que el contacto principal alcanza su posición cerrada, la palanca de pivote se libera y vuelve a su posición inicial y está lista para interrumpir la corriente nuevamente.

Figura 8

Fase de cierre



Posición desconectada | Fase de cierre (la intensidad no circula por el IV) | Posición cerrada

Ventajas de la solución

Este diseño da como resultado una solución compacta y rentable con las mismas dimensiones que las soluciones de SF6. El sistema es capaz de cortar las intensidades nominales, la intensidad de transferencia y la intensidad de intersección. Es adecuado para protecciones de líneas o protección de transformadores mediante fusibles.

La solución se monta dentro de un carter de epoxi lleno de aire seco a una presión relativa de 0,4 bares para 12 kV y 1,5 bares para 24 kV, y es completamente intercambiable con un carter de epoxi de SF6 en celdas AIS SM6 secundarias. Se puede adaptar fácilmente porque la altura del embarrado y las conexiones de cable siguen siendo las mismas.

Figura 9

Corte con SF6 y sin SF6 con tecnología IVS en aire dentro de la celda SM6

El modo de operación es el mismo que el del interruptor de 3 posiciones de SF6 utilizado actualmente: corte/seccionamiento en una maniobra y conexión a tierra en una segunda maniobra. Esta intercambiabilidad permite combinar las diferentes tecnologías en la misma celda de distribución, y remplazar un interruptor de SF6 por un interruptor sin SF6 en la misma celda. Se ha probado esta celda AIS sin SF6 con éxito de acuerdo con las normas IEC. Esta solución también es adecuada para diseños de GIS RMU.

Conclusión

Las cabinas de media tensión se instalan en lugares públicos, por lo que usar un gas cuya inocuidad no se haya demostrado en los equipos nuevos es inaceptabl . Además, es inaceptable tener subproductos altamente tóxicos después del corte. En ambos casos, no se puede garantizar la salud y la seguridad de las personas si se produce una fuga accidental de gas.

La única solución es el corte con un interruptor en vacío, que es una tecnología probada y fiable. La solución utilizada actualmente, que consiste en configurar un IV en serie con un seccionador, es costosa y ocupa mucho espacio. Además, el modo de maniobra es diferente al de los interruptores de SF6 tradicionales.

Se ha desarrollado una nueva solución que posiciona un IV junto a los contactos principales. Este interruptor de 3 posiciones con corte en vacío con derivación en aire proporciona una solución compacta y rentable. Es completamente ecológico, seguro para las personas, elimina la necesidad de recuperación de gas al final de su vida útil y utiliza el mismo modo de maniobra que los interruptores existentes. También tiene una larga vida útil, las mismas dimensiones y es totalmente intercambiable con los interruptores de SF6 utilizados actualmente. Está bien adaptado tanto para productos AIS como GIS y para protecciónes de línea y de transformadores.