

REPUBLICA DEL ECUADOR

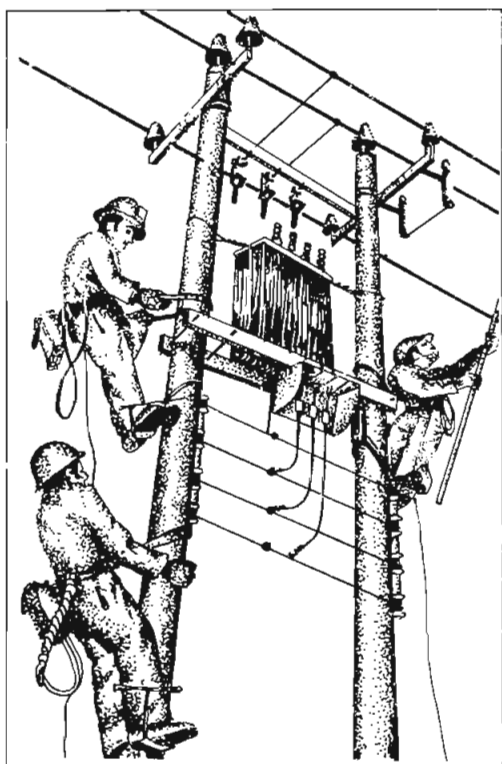
MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y ENERGETICOS

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

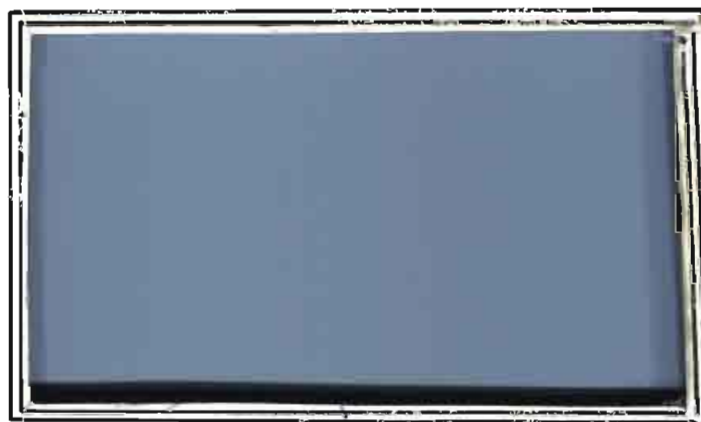
INECEL



INECEL



38.004



621.317

V594

DIVISION DE CAPACITACION

QUITO - ECUADOR

Biblioteca	
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
Nº de Inventario:	121 157
Car:	9 / 11 / 64
Clas:	
Aut:	

LA INTERRUPCION EN SF₆
Y SUS APLICACIONES
EN MUY ALTA TENSION

001111

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BIBLIOTECA
LIBRO DONADO POR
Dpto Potencia
FECHA: 21-III-79

ACTIM
GIMEE
EDF

INECEL
ANEEL
CIEEPI

COLOQUIO

ECUATORIANO - FRANCÉS

SOBRE

ENERGIA ELÉCTRICA

TÉMA: La Interrupción en el SF₆ (Hexafluoruro de Azufre) y sus aplicaciones en muy Alta Tensión

EXPOSITOR: Ing. Véxiau MERLIN GERIN

Del 31 de Enero al 4 de Febrero de 1977

Producción - Transmisión - Distribución

Quito - Ecuador

LA INTERRUPCION EN EL SF6 Y SUS APLICACIONES EN THT Y MT (*) DISYUNTORES ABIERTOS Y CONTACTORES.-

RESUMEN

Desde el principio de la utilización industrial de la electricidad, se han utilizado cierto número de técnicas para el corte del arco eléctrico, y durante mucho tiempo fueron consideradas como intangibles.

Se trata esencialmente:

- a) del corte en aceite, es la primera técnica que se haya utilizado y cuyo desarrollo ha sido muy profundizado y perfeccionado por los constructores.
- b) del corte neumático (aire), que se ha desarrollado después de las técnicas que utilizan aceite, y cuya edad de oro se situó en los años 50 - 70; ciertos constructores europeos, y en particular franceses, explotaron sus posibilidades a fondo con gran éxito, en THT.

Nuestro propósito es de indicar las razones por las cuales estas dos técnicas están siendo suplantadas por otra, de uso más simple y que permite una explotación económica y sin problemas: el corte en SF6, sobre la base de la experiencia francesa.

1. POR QUE EL SF6?

1.1. Caso de la THT:

Los constructores franceses de disyuntores de alta tensión entregan en Francia solamente aparatos que utilizan el gas SF6 para las tensiones de 245 KV y más.

Tratamos a continuación de exponer cómo, por una parte, la ELECTRICITE DE FRANCE, fue obligada a establecer especificaciones técnicas más severas para reducir al mínimo el mantenimiento de los aparatos y cómo, por

(*) THT: Muy alta tensión

MT : Media Tensión.

otra parte, los constructores han resuelto el problema del disyuntor sin mantenimiento y pueden ahora satisfacer estas nuevas exigencias con los disyuntores de soplado de SF6.

1.1.1. Evolución de las especificaciones técnicas en Francia

LA ELECTRICITE DE FRANCE goza de una larga experiencia en la red de un importante parque de aparatos de alta tensión que obedecen a las normas francesas e internacionales actualmente en vigor.

Pudo llevar a cabo varios estudios estadísticos sobre las fallas inherentes a cada tipo de aparato, establecer programas de mantenimiento y deducir de ello el balance económico de la explotación.

Estos estudios han puesto en evidencia el hecho de que las intervenciones en los aparatos, sea a raíz de una falla, sea para una revisión prevista en el programa de mantenimiento, perjudicaban la calidad del servicio y recargaba en forma considerable los costos de explotación.

Por lo tanto, LA ELECTRICITE DE FRANCE ha establecido nuevas especificaciones basadas en los resultados de explotación del parque existente. Estas nuevas especificaciones tienen como objetivo:

- eliminar todo mantenimiento en las partes sometidas a tensión durante toda la vida útil de los equipos, estimada en 25 años.
- reducir al mínimo las intervenciones a efectuar en el mando del disyuntor unido a la masa.

El programa de pruebas impuesto a los constructores incluye:

- a) una serie de pruebas de apertura de arco acumulados en los mismos contactos, sin revisión ni desmontajes, que corresponden a 4 millones de amperios acumulados, o sea la suma de cortes que sufre un disyuntor durante 25 años en una red normalmente operando.
- b) una serie de pruebas mecano-climáticas que incluyen 10.000 maniobras mecánicas en condiciones destinadas a provocar un envejecimiento acelerado del aparato (10.000 maniobras a - 25 grados C, 1.000 maniobras a + 40 grados centígrados, variaciones bruscas de la temperatura, etc.)

1.1.2. Evolución hacia la técnica SF6.

Los aparatos puestos en servicio hasta 1.971 utilizaban, sea el aire comprimido, o el aceite para el corte y el aislamiento.

- Los aparatos de aire comprimido

Estos disyuntores utilizan el aire comprimido a presiones elevadas del orden de 30 bars.

Puesto que los reservorios bajo presión son sujetos a la legislación francesa, sufren cada tres años controles legales y cada diez años una nueva prueba hidráulica.

- Los aparatos de volumen de aceite reducido

Requieren asimismo numerosas operaciones de mantenimiento. Debido a que:

- . Los tiempos de arco de estos aparatos son bastante largos, entonces el desgaste de los contactos es rápido.
- . El aceite utilizado para el corte y el aislamiento se descompone parcialmente en el transcurso de cada corte.
- . El aceite, que está en contacto con la atmósfera exterior, se oxida en el tiempo y absorbe la humedad.

Por lo tanto, las características en poder de corte y la resistencia dieléctrica de estos aparatos disminuye con el tiempo.

Es necesario efectuar un reemplazo de los contactos y del aceite cada 5 ó 6 años, a veces más a menudo cuando las condiciones climatológicas son muy difíciles.

Estas restricciones, ligadas directamente a la técnica de corte, muestran que es prácticamente imposible realizar aparatos sin mantenimiento del tipo de bajo volumen de aceite por razones técnicas, y de aire comprimido por razones de la legislación francesa.

El gas SF₆ resultó ser el único capaz de dar una solución satisfactoria gracias a sus cualidades sobresalientes como son:

- rigidez dieléctrica muy elevada
- gran inercia térmica y química.
- poder de extinción del arco muy importante
- baja descomposición por el arco.

Estas cualidades han sido confirmadas por los resultados de explotación, con una experiencia que abarca varios años.

1.2. Caso de la MT

Para esta gama de tensiones, se utilizan o se han utilizado cuatro técnicas principales:

- corte neumático (aire), prácticamente abandonado, salvo para los disyuntores de grupos de centrales de grandes potencias.
- corte en el aceite: un esfuerzo considerable, durante casi 50 años, para desarrollar esta técnica, ha permitido su evolución en dos direcciones.
 - a) la reducción de los espacios ocupados,
 - b) el aumento de los rendimientos con la utilización de tubos de corte que funcionan a presiones muy altas en un espacio pequeño.

Sin embargo, observamos una disminución de esta evolución, por razones que atañen a la vez a los constructores y a los usuarios.

Actualmente, los constructores han sacado el mejor provecho posible de esta técnica de corte bajo los dos aspectos señalados anteriormente:

El espacio ocupado y las características nominales.

Pero el aumento de los rendimientos ha disimulado algunas desventajas desde el punto de vista cualitativo, como la resistencia dieléctrica después del corte y la resistencia al corte.

Teóricamente, se puede obtener una mejora, al sobredimensionar a los aparatos, pero los constructores han utilizado rara vez esta posibilidad que lleva a bajar la competitividad del producto.

Observamos también que, en el plano constructivo, las funciones "circulación de corriente permanente y capacidad de corte" no están separadas: las grandes corrientes nominales corresponden a las fuertes capacidades de corte y vice-versa,

Por lo tanto, los aparatos cuya relación capacidad de corte sobre la intensidad nominal, se aparta de un valor promedio son penalizados.

La demanda de los usuarios ha evolucionado en el plano social y económico:

- El aumento de la seguridad de los trabajadores.
- y, por otra parte, la disminución del mantenimiento a causa del costo creciente de los gastos del personal de mantenimiento, son factores que pesan más que antes.

En lo que se refiere a la seguridad, se insiste más a menudo en el peligro de explosión del disyuntor. En efecto, si el disyuntor funciona a la presión atmosférica cuando no está solicitado, la presión interna puede subir a unos cien bars cuando corta su capacidad total de corte.

Las presiones de pruebas son todavía más elevadas para los polos mismos. Por consiguiente, en caso de accidente, la subida de la presión para únicamente con la explosión del polo que se produce a presiones muy elevadas. Felizmente, una explosión de esta naturaleza se produce rara vez en la práctica, pero cuando se produce, el peligro es grande para el hombre. Este peligro sigue existiendo cuando el aparato está en célula prefabricada; no existen células standard o anti-arcos que resisten a un arco mantenido dentro de los polos:

- corte magnético:

En lo que se refiere al mantenimiento, se puede decir que la aparición de diferentes técnicas de corte ha mostrado que era posible, con características iguales, aumentar la calidad del servicio dado.

Se trata, en primer lugar, de disyuntores magnéticos cuyas cualidades de resistencia son excelentes. Estas cualidades se han confirmado en casos de utilización muy diversos:

- maniobras y protección de grandes transformadores
- de alternadores
- de motores
- de condensadores, etc. ..

El disyuntor magnético tiene la fama de ser universal. En efecto, hoy día no tiene más que una limitación real: el espacio que ocupa. Se lo juzga excesivo en ciertas aplicaciones. Las dimensiones en largo son iguales a aquellas de los disyuntores de aceite, a veces más bajas aún con las fuertes corrientes nominales, pero la profundidad es superior.

- Corte al vacío

Cuando la técnica del vacío apareció en el campo industrial, ha tentado a los usuarios quienes, a menudo, están dispuestos a pagar el "no mantenimiento" y la seguridad.

Sin embargo, un gran inconveniente de esta técnica es que suscita sobre-

tensiones, por ejemplo, en el caso de re-alimentación después de una prueba de corte.

En fin, en el transcurso de estos últimos años, la técnica SF6 de auto-soplado se ha desarrollado en FRANCIA en media tensión, gracias al impulso del éxito obtenido en muy alta tensión, y todo tiende a probar que esta técnica va a tomar una parte considerable del mercado actual, disminuyendo en particular, la utilización de disyuntores en aceite; este fenómeno se produce también a escala mundial.

2. ESTUDIO DEL CORTE EN EL SF6

Vamos a estudiar ahora lo que pasa en un disyuntor SF6 al momento del corte, sobre un ejemplo tomado en la gama de MT. Los problemas teóricos de la THT son exactamente los mismos, sin tomar en cuenta obviamente el problema de las distancias que deben ser aumentadas para mantener tensiones superiores.

El accionar el contacto móvil y el pistón que comprime el gas, el canalizar el gas, así comprimido, entre los contactos parachispas, se hace simplemente desde el punto de vista tecnológico. Esta disposición conduce también a leyes simples y cuantificables que fueron estudiadas en forma profundizada. La persona que concibe esto, debe considerar dos momentos distintos en el desarrollo cronológico del proceso de corte:

- el período de arco y
- el paso a cero de la corriente.

2.1 Período de arco:

Durante el período de arco, es decir después de la separación de los contactos y antes de la aparición de un cero natural de corriente, el arco está confinado en una tobera y es corto.

La energía eléctrica traída por la red al arco es muy baja, pero contribuye a recalentar el plasma de acuerdo a las leyes de la termodinámica. Se sabe que el arco puede alojarse en el cuello de la boquilla sin obstruirla si la corriente no supera cierto valor que es función de la potencia de carga y de la geometría del sistema.

Más allá de este valor, la obstrucción no debe durar mucho sino se bloquea el escape del gas por la boquilla, es decir para el contacto móvil. Es lo que llamamos el efecto del tapón. Si la obstrucción no se produce, o se produce durante un corto instante, el contacto móvil sigue su carrera después de un ligero frenazo, y los gases frescos, almacenados atrás del pistón, entran en juego al momento del paso a cero de la corriente.

2.2. Paso a cero:

Durante el paso a cero de la corriente, la velocidad de recombinación del gas es muy grande a causa de la electronegatividad del átomo FLUOR. Esta propiedad se traduce por una velocidad de regeneración dieléctrica elevada.

Finalmente, con un flujo de gas modesto, y sin aporte de gas exterior, se logran las condiciones favorables al restablecimiento de la tensión. El desgaste del gas es sumamente bajo y el medio restablece, sus características iniciales muy rápidamente. Estas cualidades han sido confirmadas durante varias pruebas de corte en circuitos inductivos. Dos cortes muy seguidos son posibles, sin pérdida de rendimiento, por ejemplo en el caso de un reenganche muy rápido. El corte de corriente capacitiva se efectúa en un aparato standard, sin re-alimentación ni re-encendido.

En fin, observamos que un disyuntor a 24 kV en prueba, ha mantenido su poder de corte nominal con una tensión transitoria de 20.000 Hz.

El espaciamiento de los contactos es poco importante y puede determinarse simplemente. La distancia necesaria a una resistencia eléctrica de 125 kV de choque es del orden de 30 mm en el SF6.

La distancia necesaria para cortar es del mismo orden o más bajo.

Si suponemos que la separación de los contactos tuvo lugar justo después del paso a cero de la corriente, el primer intento de corte se verifica a 60 grados eléctricos después de la separación de los contactos, o sea 3,3 ms a 50 Hz.

Generalmente este intento tiene éxito y las otras dos fases interrumpen la corriente cinco milisegundos más tarde.

Para un aparato que se abre a una velocidad promedio de 2,5 m/s y tomando en cuenta el frenazo debido a la aparición del tapón gaseoso, el espaciamiento entre contacto es del orden de 15 mm.

Si el corte se produce al paso del cero siguiente, los tiempos de arco son de 6,6 ms para la primera fase que corta y de 11,6 ms para las otras, lo que corresponde a un espaciamiento del orden de 20 mm. No hay zona de corriente donde el tiempo de arco sea más largo. Esta propiedad proviene del hecho de que los medios de soplado son los mismos, cualquiera que sea el valor de la corriente. Otras consecuencias:

- Si la falla evoluciona durante la apertura del disyuntor, es decir si el valor de la corriente varía, el corte se efectúa con el mismo éxito. En un disyuntor de aceite que posee a menudo una sobre carrera con soplado axial para interrumpir las corrientes bajas, es distinto.

2.3. Mando:

El mando mecánico del disyuntor estudiado es un mando standard de acumulación de energía. Tiene un buen rendimiento, y es de notar que la energía necesaria a la compresión del gas sea modesta. En efecto, para cortar 20.000 A con el aparato de intensidad nominal 1250 A, la energía total que permite realizar el ciclo cierre-apertura es de 450 joules, es decir de la misma magnitud que aquella necesaria a otro tipo de disyuntor.

La optimización de los medios de soplado, y más especialmente la pre-determinación de la geometría de las partes activas por medio de las leyes de la termodinámica, han permitido aumentar la eficacia del sistema de auto-soplado que tiene fama de ser "goloso" en energía.

Observamos en fin que, por concepción, el sistema de auto-compresión funciona como un amortiguador, lo que disminuye los choques de funcionamiento.

2.4 Resistencia

Las cualidades de resistencia eléctrica provienen de un desgaste poco importante; en todas las técnicas de corte (vacío-aceite-gas) el desgaste se produce en los contactos de arco y el medio des-ionizante.

En la capacidad total de corte, con la técnica SF6 y la del vacío, el deterioro del medio es despreciable, pero el de los contactos es inevitable. Sin embargo, no es muy alto y siempre se puede prever un volumen de materia suficiente.

Pero, es suficiente limitarse a una buena resistencia a las corrientes de corto-circuito más altas?

La práctica enseña que hay que prever también una vida útil, larga con corrientes de valores inferiores.

Los tiempos de arcos cortos al corte de corrientes bajas, conducen a un desgaste poco importante. El número de cortes posibles no es el único criterio de resistencia eléctrica:

- El estado en el cual se encuentra el disyuntor después de un número importante de cortes, influencia su estabilidad dieléctrica.

- Sabemos de sobra que no se construye un disyuntor para que permanezca indefinidamente abierto, pero debe mantener algún tiempo la tensión de servicio, y, en cierta medida, las sobretensiones excepcionales.

Si las normas imponen la conservación de tensión después de un intento de corte, es porque las técnicas tradicionales no son perfectas desde este punto de vista.

Las críticas que se hacen a los disyuntores de aceite se deben a los residuos con carbono que hay en suspensión en el aceite, así como la humedad que resulta de la comunicación del aceite con el aire ambiental. Estos son factores perjudiciales cuando se mantiene el campo eléctrico después del corte. La técnica del vacío significa un progreso considerable, pero el aspecto irregular, entre contactos muy cercanos, provoca una disminución de la estabilidad, la cual no desaparece únicamente después de algunas maniobras.

La técnica SF6 no conoce esta dificultad: el medio gaseoso no cambia, y las irregularidades entre los contactos de arco, por estar más espaciados que en el vacío no tienen gran influencia en la estabilidad dieléctrica. Hemos visto que la técnica de corte incluye un número limitado de parámetros que permiten un buen dominio de aquellos, y consecuentemente, una buena previsión de los rendimientos.

Pero, sin una tecnología, sencilla a pesar de ser industrial, este tipo de disyuntor no hubiera pasado del laboratorio.

3. REALIZACIONES

3.1. THT:

3.1.1. Descripción

De manera general, un polo de disyuntor de SF6 para THT, está constituido por uno o varios módulos de una o dos cámaras. El módulo de dos cámaras incluye:

- 2 cámaras de corte conectadas en serie, montadas en un cárter que contiene el sistema de bielas de mando.
- 2 condensadores de repartición de tensión, montados en paralelo en las cámaras de corte, en caso de necesidad.
- 1 columna de soporte que contiene la biela aislante de mando que une el sistema de bielas del cárter a los componentes de mando.
 - . 1 mando para el cierre.
 - . resortes para el desenganche
 - . 1 manómetro que vigila la presión del SF 6
 - . 1 chasis soporte metálico.

3.1.2. Instalación

Lo que hay que observar, es la facilidad de instalación de estos aparatos. La columna de soporte y los componentes de mando forman un conjunto impermeable al SF6, así como cada cámara de corte.

Cada uno de estos conjuntos es ensamblado, probado y acondicionado en la fábrica. Así:

- . La entrega del material puede efectuarse por elementos separados, lo que reduce los riesgos de deterioro durante el transporte, y el costo de éste.
- . El montaje en el sitio y la puesta en servicio se efectúan sin utilizar un equipo de puesta al vacío para el acondicionamiento del aparato a gas SF6.

Después del ensamble final, el volumen interior de cada cámara de corte está conectado al volumen interior de la columna de soporte por combinadores automáticos colocados dentro del cárter. Finalmente, el cárter es llenado de SF6 a la presión nominal del aparato.

Por lo tanto, cada polo no dispone más que de una sola impermeabilidad dinámica situada dentro del martinete con una gran confiabilidad.

001111

La vigilancia de la presión de SF6 es asegurada por un manómetro independiente por polo.

Las disposiciones empleadas pueden variar según los constructores, pero la facilidad de la instalación es la característica común de los aparatos.

3.1.3. Especificaciones particulares

Resistencias de cierre

Estas resistencias sirven para la reducción de las sobretensiones de manobra, particularmente durante los reenganches sobre las líneas en vacío. Estas son insertadas algunos milisegundos antes del cierre de los contactos principales.

La resistencia es montada directamente en el cárter. Su contacto de inserción está conectado al sistema de bielas de mandos de la cámara principal. Por lo tanto, el sincronismo entre contactos principales y contactos auxiliares de resistencias no presenta ninguna molestia de funcionamiento.

Dispositivos Anti-sísmicos

Se prevén dispositivos amortiguadores que permiten una garantía de resistencia a los terremotos según las especificaciones más severas.

3.1.4. Rendimientos

Los aparatos actualmente construidos en Francia, responden a las exigencias de la ELECTRICITE DE FRANCE que requieren una resistencia correspondiente a una explotación en servicio normal sin mantenimiento durante 25 años.

Por otra parte, los rendimientos de corte alcanzan 31, 5 KA, 40 KA y 50 KA según el tipo y el número de cámaras, para tensiones que alcanzan hasta 420 KV.

Una sociedad francesa garantiza 63 KA para aparatos:

- . de 2 cámaras en 170 KV.
- . de 4 cámaras en 420 KV.

El funcionamiento más allá de 420 KV es posible también, pero las capacidades de corte son diferentes.

3.2. M.T.:

Vamos a examinar, si podemos confiar en la tecnología escogida y en particular aquella relativa al mantenimiento de la presión dentro del disyuntor.

Este problema abarca dos aspectos:

- La tecnología que permite mantener la presión interna.
- y la posibilidad de una fuga; el disyuntor está lleno de gas a la presión atmosférica.

Las propiedades que hemos descrito se encuentran a la presión atmosférica o a una presión apenas superior a 1,5 a 3 bars según los modelos.

La presión no se aleja mucho de la presión nominal durante el funcionamiento:

- La autocompresión provoca una sobrepresión momentánea de un bar aproximadamente, y el recalentamiento en régimen permanente provoca una elevación de presión permanente inferior a un bar. Por consiguiente, las cámaras son dimensionadas para una baja presión y una destrucción eventual no presentaría ningún peligro.

3.2.1. Disyuntor SF6:

Este aparato utiliza 3 ampollas monofásicas cerradas.

Se debe asegurar la impermeabilidad al gas SF6 para las funciones siguientes:

- Transmitir el movimiento dentro de la ampolla
- Cruzar el revestimiento dos veces con un conductor
- cerrar el orificio de la ampolla utilizado para el montaje de las partes internas.

3.2.1.1. Tecnología que permite conservar la presión:

La transmisión del movimiento se produce por medio de un eje giratorio. Esta construcción incluye juntas, cuyos bordes están dispuestos a cada lado de un anillo líquido.

Los bordes de estas juntas son mantenidos en contacto sobre el eje por medio de un resorte metálico de características constantes en el tiempo. El anillo líquido es confinado en una cámara de deflectores que combaten el efecto de emulsión.

Los conductores que son insertados en el revestimiento aislante hacen pasar la corriente. El cálculo permite dimensionarlos fácilmente; es necesario comprobar que la deformación del material aislante cerca de estos conductores debida a las variaciones de temperatura, permanezca elástica. Pruebas térmicas y mecánicas han permitido confirmar esta estimación.

Las ampollas tienen la forma de un bolsillo, cerrado en la parte superior por una tapa sujeta con pernos y pegada. Los progresos efectuados durante los últimos años en el proceso de encolado estructural han sido decisivos.

Los adhesivos impermeables son muy conocidos e industrializados. Los especialistas de aeronáutica nos han precedido en este campo.

3.2.1.2. Eventualidad de la pérdida de presión

Supongamos ahora que dentro de una hipótesis pesimista, las ampollas pierden regularmente cierta cantidad de gas.

A medida que la presión interna baja, las pérdidas por escape bajan todavía más rápidamente y el tiempo necesario para que la presión interna sea igual a la presión exterior es muy superior al tiempo previsto sólo para la consideración del caudal de fuga inicial.

Hay otro fenómeno que disminuye considerablemente la pérdida de gas: cada ampolla posee un absorbente sólido que almacena una cantidad de SF₆ más o menos igual, a aquella que el aparato posee al principio. Esta reserva es progresivamente restituída al medio interno y compensa prácticamente las pérdidas debidas a la respiración por los escapes.

El fenómeno absorción-exudación en los disyuntores de bajo volumen de gas es particularmente ventajoso.

Las pérdidas por difusión a través de la cámara, inevitables entre dos medios diferentes, el aire y el SF₆, no plantean problemas particulares en la concepción del disyuntor. Las resinas epoxy para el revestimiento aislante, los metales para los conductores, los líquidos viscosos para el anillo de impermeabilidad en rotación, son perfectamente adecuados. Las características de corte de estos aparatos para una presión relativa nula, es decir a la presión atmosférica, apenas se modifican o no se modifican en absoluto.

Por ejemplo, para el aparato a 24 KV 12,5 KA hubiéramos podido escoger una presión nominal relativa nula. Hemos preferido "sobrecargar" ligeramente las ampollas, para dar una reserva de gas adicional y prolongar así la vida útil real más allá de 10 años de servicio.

Se puede hablar de "no mantenimiento" para este disyuntor resistente y sin problema de impermeabilidad.

La verificación del desgaste de los contactos de arco sin apertura del aparato es posible:

- una señal nueva ha sido colocada sobre una pieza ligada al movimiento de los contactos.

Para el control del gas, el orificio de relleno de las ampollas, cerrado por un pequeño tapón, es fácilmente accesible y permite verificar la presión o modificarla. Estos controles son inútiles en el caso de las subestaciones de reducción, porque el número de aperturas en falla es bajo.

En las subestaciones de reducción media, las estimaciones hechas a partir de los datos en la red francesa, permiten contemplar un período de 10 años sin mantenimiento.

Al terminar el plazo de 10 años, es posible, como lo vimos anteriormente, renovar el gas muy simplemente y, si los contactos no están demasiado gastados, el disyuntor puede reanudar su servicio.

"El no mantenimiento" permite un ahorro sobre el costo del mantenimiento que se debe tomar en cuenta en el balance económico para la selección de los equipos.

3.2.2. Contactador SF6

El SF6 puede aplicarse también al contactador de MT con resultados particularmente felices.

Un constructor francés está desarrollando un contactador en SF6, que utiliza un procedimiento diferente al de la auto-compresión; se trata del sistema de arco giratorio:

En el procedimiento de la auto-compresión se inyecta un gas fresco en el arco. En el sistema de arco giratorio, se hace lo contrario:

En el arco el que se desplaza rápidamente en una cámara llena de gas.

El desplazamiento de las partículas ionizadas que constituyen el arco eléctrico acelera su recombinación.

El desplazamiento rápido de las raíces de arco limita considerablemente la erosión de los electrodos, y por lo tanto aumenta la vida útil de los contactos.

Para hacer girar el arco, se aplica un campo magnético perpendicular. La fuerza que lo hace girar es proporcional a la corriente a cortar y a la inducción.

La energía necesaria para el corte es suministrada por la corriente misma. Lo anterior es una doble ventaja por lo siguiente:

- En primer lugar, al nivel de la energía del mando es más baja.
- En segundo lugar, la energía de corte depende directamente de la corriente a cortar; prácticamente, el arco gira entre dos electrodos circulares. El campo electro-magnético es creado por una bobina donde circula la corriente que se va a cortar.

Ya que es particularmente interesante que el contactor tenga resistencia eléctrica para la intensidad del servicio, es bueno tener un campo electro-magnético importante y prever un gran número de espiras para la bobina.

Esto quiere decir que el recalentamiento de esta bobina correría el riesgo de ser excesivamente alto en servicio, y se previene por lo tanto, un corto circuito de esta bobina, cuando el aparato está cerrado.

Durante la apertura, se hace primero la separación del contacto intermedio en relación con el contacto fijo, mediante la inserción de la bobina en el circuito. Un arco (arco de conmutación) se produce entre estos dos contactos, y es puenteado por la impedancia más baja de la bobina en paralelo, con una creación progresiva de un campo electromagnético.

Después el contacto móvil inferior se separa del contacto intermedio con la creación de un segundo arco (arco principal).

Durante algún tiempo, los dos arcos coexisten, y el arco de conmutación se apaga, amortiguado por la bobina en paralelo y después el arco principal se apaga solo al cero de corriente.

El campo electromagnético es todavía importante en el cero de corriente, gracias a los contactos superiores intermedios que desempeñan el papel de espiras de corto-circuito y crean un campo desfasado en relación con el campo creado por la bobina. El campo que resulta está por lo tanto desfasado en relación con la corriente.

Las raíces activas del contactor están instaladas en un revestimiento in

permeable de resina Epoxy.

La baja energía de mando necesaria a la maniobra del contactor permite llegar a una solución técnica de gran confiabilidad.

Una resistencia mecánica de un millón de maniobras asegura al contactor una vida útil sin mantenimiento muy superior a aquella de los aparatos que tendrá que controlar.

CONCLUSION:

Los ejemplos que hemos dado ponen en evidencia las cualidades principales que se reconoce unánimemente al corte en el SF6. O sea:

- a) Rendimientos elevados con poco espacio ocupado
- b) Seguridad de explotación
- c) Mantenimiento prácticamente nulo, debido a que se establecen:
 - . Garantías totales de 25 años para los disyuntores de THT
 - . Garantías de 10 años al menos para los aparatos de MT.

Por lo tanto, esta técnica tiene un brillante porvenir. Es la técnica de nuestra época, en la cual, las condiciones económicas imponen cada vez más, tomar en consideración para una compra, todos los gastos correspondientes es decir, no sólo el precio de compra, sino también los costos de mantenimiento y el riesgo de reparación o de destrucción.

Estos costos son realmente bajos, por no decir inexistentes, para los aparatos actuales de técnica SF6.