



Mantenimiento de Interruptores de Potencia de MT y AT

Por: Fouad Brikci, Ph.D., Zensol Automation Inc.
Por: Emile Nasrallah, Ingeniero, Especialista en Interruptores



Prefacio

Este artículo es el primero en una serie de artículos que ayudará a sacar a la luz las prácticas de mantenimiento aplicadas actualmente a los interruptores de potencia.

Al final se incluye un listado de las pruebas más populares; con la referencia de las normas internacionales que deben cumplirse. Cada prueba brinda un poco de información que se complementa con las otras pruebas suministrando una visión general de las prácticas de la prueba de interruptores.

Un interruptor es un equipo importante para los sistemas eléctricos de potencia. Su importancia se debe al rol de protección que lleva a cabo. Por lo tanto es imperativo asegurar su adecuada operación. Esto es sólo posible aplicando un adecuado mantenimiento.

El propósito principal es de ayudarnos a entender con precisión la condición real del interruptor bajo prueba ayudando de esta manera a elegir las acciones correctivas. Esto nos ayudará a minimizar el gasto en el mantenimiento e incrementar la confiabilidad del sistema, llevando de esta manera a una administración eficiente del sistema.

Introducción

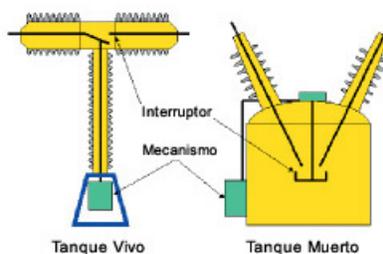
Un interruptor de potencia es un equipo cuya función es la de encender y apagar las corrientes eléctricas en las redes de distribución y de transmisión de potencia para las operaciones de rutina y la protección de otros equipos.

Pueden ocurrir rupturas en el sistema de transmisión eléctrica y la destrucción del equipo si un interruptor no llega a operar debido a la falta de un mantenimiento preventivo.

Descripción

El nombre del interruptor indica claramente su rol. Interrumpe los circuitos eléctricos. Para lograr su propósito, separa mecánicamente dos puntos en el circuito a una distancia bastante larga para interrumpir el flujo de las corrientes eléctricas.

Los interruptores vienen en una gran variedad y usan diferentes tecnologías:



TANQUE VIVO: Mínimo Volumen de aceite, Soplado de Aire, SF6 etc.
TANQUE MUERTO: Volumen de aceite, SF6 etc.

A pesar de su gran diferencia, todos los tipos comparten los mismos principios, todos ellos deben suministrar dos funcionalidades principales, las cuales están muy relacionadas:

- Funcionalidad eléctrica (Interruptor).
- Funcionalidad mecánica (Mecanismo).

Funcionalidad Eléctrica

Los interruptores están diseñados para satisfacer las condiciones predeterminadas de ruptura y tienen propiedades eléctricas que se pueden resumir en lo siguiente:

- Propiedad de transportar la corriente;
- Propiedad de aislamiento;
- Propiedad de ruptura de la corriente.

Funcionalidad Mecánica

Las propiedades eléctricas solicitadas imponen propiedades mecánicas que pueden ser más o menos demandantes dependiendo de la tecnología usada:

La **propiedad de transportar la corriente** impone:

- El material de contacto es muy conductivo;
- Una alta calidad del contacto de apertura;
- Una baja reacción del contacto a la atmósfera y a la temperatura ambiente.

La **propiedad de aislamiento**, dependiendo del nivel de voltaje, impone:

- La distancia de separación de los contactos en la posición de apertura;
- La distancia de la línea a tierra;
- Las características del medio de aislamiento y la reacción sobre el tiempo.

Las **propiedades de apertura y de cierre de la corriente**, imponen:

- La velocidad de los contactos de cierre y de apertura;
- Técnicas de soplado de arco;
- Resistencia al material del arco;
- La energía requerida para continuar con la apertura o el cierre de grandes corrientes de cortocircuitos;
- Las características del medio de aislamiento y la reacción sobre el tiempo y la frecuencia de la interrupción de la corriente.

La **propiedad de la frecuencia de operación** tiene una gran influencia sobre todos los parámetros mencionados anteriormente.

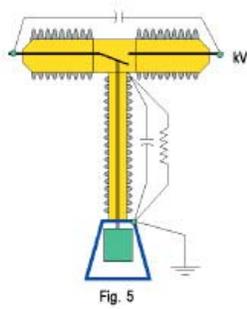


Fig. 5

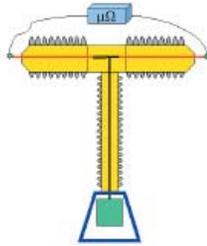


Fig. 3

Mantenimiento Preventivo

A menudo la necesidad del mantenimiento de los interruptores no es obvia, dado que no se utilizan continuamente, estén abiertos o cerrados, por largos períodos de tiempo. La necesidad de predecir la adecuada función de los interruptores aumenta con los años a medida que los sistemas de transmisión se expanden y transportan mayor energía a mayores distancias.

Con el avance de la tecnología con los años aparecieron los interruptores de bajo mantenimiento pero esto no brindó mayor confianza en la administración del sistema en cuanto a la confiabilidad de la operación.

El interruptor es de hecho, una caja negra. La única manera de estar seguro de su condición es abrirlo para realizar una inspección física. Desafortunadamente, este método es muy costoso y debe reducirse a un mínimo para prevenir un mantenimiento innecesario.

Mantenimiento Predictivo

Los especialistas en el mantenimiento crearon lo que se conoce ahora como el mantenimiento predictivo. Su propósito es de predecir con precisión la condición del interruptor, sin tener que abrirlo para su inspección.

Por ello la inspección requerida se limitará a la intervención correctiva o preventiva, reduciendo dramáticamente de esta manera el costo del mantenimiento y aumentando al mismo nivel su eficiencia.

La predicción puede tomar tres maneras de complementarse entre ellos:

PRUEBA: se han inventado un amplio rango de pruebas para verificar la conformidad de cada una de las propiedades eléctricas y mecánicas para cumplir los criterios de diseño. Algunas de estas pruebas han sido reconocidas y documentadas por las normas internacionales (IEC, ASTM, etc.). Algunas están aún en desarrollo y producen grandes expectativas.

MONITOREO: la vigilancia continua del interruptor por medio de múltiples transductores controlados por una computadora. Las alarmas o las acciones se activan cuando se llegue a los niveles configurados permitiendo de esta manera una intervención a tiempo. Este método aún está bajo desarrollo y es muy prometedor.

ESTUDIO ESTADÍSTICO: las mediciones continuas, los muestreos y las intervenciones por mantenimiento, se anotan cada vez para cada interruptor. Con esta información se arman bases de datos, lo cual ayuda a realizar estudios estadísticos dirigidos a descubrir los componentes con falla o ayudan a crear un modelo probabilístico del envejecimiento en los interruptores para su mantenimiento.

Una práctica muy difundida por los administradores de las redes, es la de requerir para cada tipo nuevo de interruptor, un estudio estadístico suministrado por el proveedor de la confiabilidad de los componentes del nuevo equipo, basado en su propia experiencia. Esto ayudaría a enfocar las acciones de mantenimiento a las partes más vulnerables.

Prácticas de Seguridad

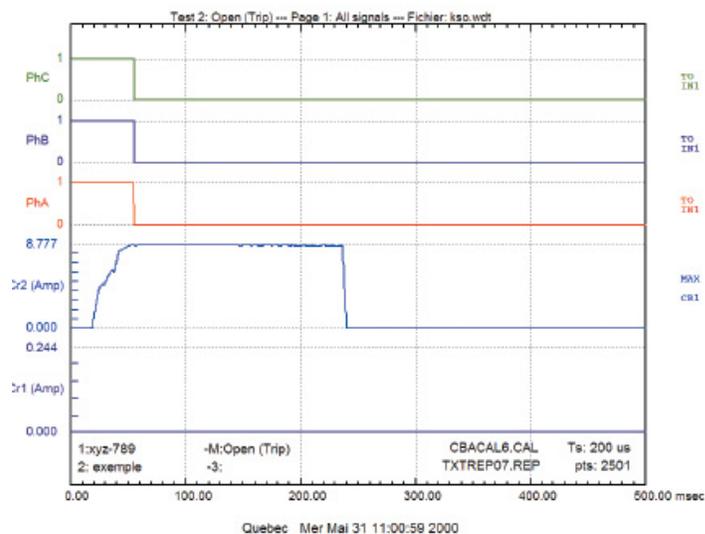
Los procedimientos de mantenimiento tienen que respetar las prácticas de seguridad y los puntos siguientes requieren una atención especial:

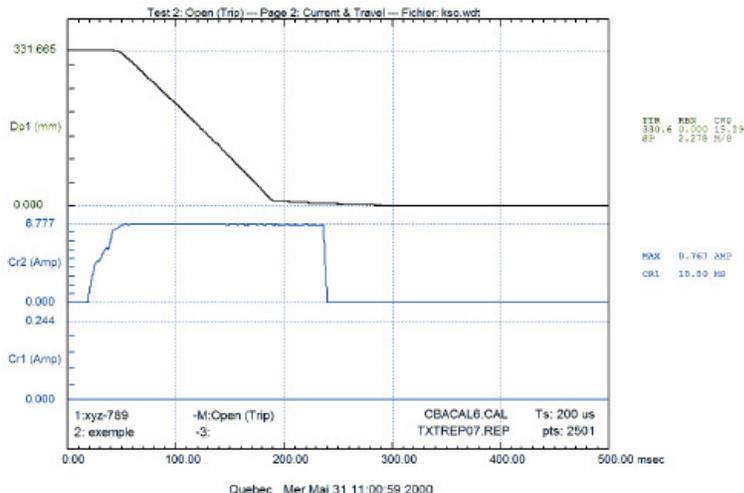
- Asegurarse que el interruptor y su mecanismo estén desconectados de cualquier energía eléctrica, tanto de alta tensión como de la tensión de control antes de ser inspeccionado o reparado.
- Expulsar la presión desde el receptor de aire o cualquier interruptor de aire comprimido antes que sea inspeccionado o reparado.
- Luego de que el interruptor haya sido desconectado de la energía eléctrica, sujetar apropiadamente los terminales de tierra antes de tocar cualquiera de las partes del interruptor.
- No dejar las herramientas sobre el equipo mientras se trabaja dado que pueden ser olvidadas cuando el equipo se coloque de nuevo en servicio.

Pruebas de Interruptores

Las pruebas de mantenimiento permiten al personal determinar si los interruptores son capaces de realizar sus funciones básicas de protección de circuitos.

Las pruebas mencionadas en la siguiente tabla de pruebas pueden ser realizadas durante el mantenimiento de rutina y están dirigidos a asegurarse que los interruptores estén operativos funcionalmente. Estas pruebas deben realizarse a interruptores y en equipos que estén desenergizados.





La tabla de pruebas lista las pruebas y sus propósitos, reagrupados por las categorías de su propósito (Mecánico, Eléctrico o Químico).

En general, para llevar a cabo una prueba exitosa, se deben observar las siguientes condiciones:

- Procedimiento de la aplicación (suministrado por el proveedor del equipo de pruebas);
- Especificaciones de diseño con las tolerancias definidas (suministrados por el diseñador del interruptor);
- El manual de instrucciones del interruptor y los diagramas básicos, de contorno y elementales (suministrados por el diseñador del interruptor);
- Definiciones de las normas internacionales y las especificaciones, si son requeridas para la prueba.
- Un buen sentido de análisis del Programa de Mantenimiento

La misma necesidad para predecir la adecuada función de los interruptores creó el mantenimiento predictivo, y dado que no es factible probar de forma indefinida los interruptores, es obvio que se necesita estructurar los actos en un programa de mantenimiento que defina las acciones y la frecuencia del mantenimiento.

La mayoría de los fabricantes de interruptores recomiendan programas de mantenimiento que se adecuan mejor a su equipo. Ellos lo definen generalmente en tres niveles:

1 - Inspección de rutina: incluye:

- Inspección visual de la forma externa del equipo.
- Revisión de los contadores de la operación.
- Revisión de los indicadores de presión.

- Detección visual o audible de las fugas.
- Medición de la temperatura.
- Etc.

Esto se realiza con el interruptor en servicio.

Frecuencia: generalmente 6 meses a 1 año

2 - Mantenimiento menor: Incluye además de la inspección de rutina:

- Inspección rigurosa del estado y de la función de los subconjuntos,
- Prueba del interruptor
- Intervenciones menores para reemplazar el fácil acceso a partes gastadas,
- Cambio de filtros, del aceite o del gas, etc.

Esto requiere aislar al interruptor de la red.

Frecuencia: generalmente de 6 á 8 años

3 - Mantenimiento mayor: Incluye además del mantenimiento menor, la apertura de los ensamblajes principales para acceder las partes internas:

- Interruptor;
- Mecanismo;
- Receptor del tanque.

Esto requiere aislar al interruptor de la red.

Frecuencia: depende de la tecnología de los interruptores (12 años para el soplado de aire, 20 años para el SF6, etc.)

Bibliografía

MANTENIMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA; GRUPO DE INVESTIGACIÓN HIDROELÉCTRICA Y DE SERVICIOS TÉCNICOS; INSTRUCCIONES,

NORMAS Y TÉCNICAS DE LAS INSTALACIONES, VOLUMEN 3-16; OFICINA DE RECLAMOS DEL DEPARTAMENTO DEL INTERIOR DE LOS ESTADOS UNIDOS EN DENVER, COLORADO. ■

Acerca de los Autores

El Dr. Fouad Brikci es el presidente de Zensol Automation Inc. Él fue el primero en introducir el concepto de equipos de prueba verdaderamente computarizados en el campo de los analizadores de interruptores. Como un profesor de una universidad en Ecole Polytechnique, Algeria y como investigador del CNRS LAAS en Francia, el Dr. Brikci ha desarrollado su experiencia en los campos de la electrónica, la automatización y la ciencia de la computación. La mayoría de sus actividades se dirigieron a las aplicaciones industriales de las computadoras. Entre sus logros se encuentra el desarrollo de sistemas de medición completamente computarizados para el control de calidad en la fabricación de interruptores, los laboratorios y los servicios de mantenimiento de las empresas eléctricas. El Dr. Brikci cuenta con el grado de PhD en Electrónica y un Master en Ciencias en EEA (electrónica, electrotécnica y automatización) de la Universidad de Bordeaux, Francia.

<http://www.zensol.com>,
email : zensol@zensol.com

Emile Nasrallah es un ingeniero eléctrico especializado en el mantenimiento de interruptores de potencia. Luego de su graduación en 1984, trabajó como un ingeniero en el campo. En 1990 se unió al fabricante mundial de interruptores GEC ALSTOM como ingeniero especialista en campo. En 1997 se convirtió en el gerente en la división de interruptores de SF6 de MT y AT de ALSTOM, siendo responsable del soporte técnico, mantenimiento y entrenamiento para los interruptores de SF6. En 2001 se volvió en gerente de la división de interruptores de soplado de aire para AREVA. Estuvo a cargo del programa de restauración de los interruptores de soplado de aire (PK y PKV) en conjunto con Hydro-Quebec e implantó un sistema único de administración para el programa (un promedio de 35, 735 kV PK interruptores de soplado de aire por año). En 2005 se unió a General Electric Company de Canadá como un especialista Senior de interruptores y está a cargo de la división de interruptores del centro de servicio de Montreal, responsable del programa de reemplazo y de refabricación para interruptores en aceite.

No	Nombre	Descripción	Tipo de Interruptor	Aplicación	Norma	Figura
1	Prueba de Tiempos de Contactos	Mide el tiempo desde el inicio de la orden hasta que los contactos se cierran o se separan	Todos	Mecánica: Operación total del interruptor	IEC56 art. 4.113	Fig. 1
2	Prueba del Viaje y de Velocidad	Traza el recorrido y las curvas de velocidad	Todos	Mecánica: Operación total del interruptor	Diseño	Fig. 2
3	Prueba Funcional	Verifica la operación general del interruptor	Todos	Mecánica: Operación total del interruptor	IEC694, art. 7.2.2	
4	Prueba de Vibraciones	Mide la firma de la vibración de un interruptor	Todos	Mecánica: Integridad total del interruptor		
5	Prueba del Primer Disparo	Mide el tiempo del contacto al primer disparo	Interruptores de MT	Mecánica: Operación total del interruptor		
6	Prueba del consumo de la presión de aire	Mide el consumo de aire de una operación o de un ciclo de operaciones	Int. Neumáticos e Hidráulicos	Mecánica: Operación total del interruptor		
7	Prueba de Rayos X	Toma una foto de rayos X del interior de los subconjuntos encerrados	Todos	Mecánica: Integridad total del interruptor		
8	Prueba de Ultrasonido	Revisa las micro grietas en los aislamientos	Aisladores	Eléctrica: Conductividad del Circuito Principal		
9	Prueba de la Resistencia de Contacto	Mide la resistencia de contacto entre las partes que deben conducir la corriente	Todos	Eléctrica: Conductividad del Circuito Principal	IEC694, art. 7.3	Fig. 3
10	Prueba Dinámica de la Resistencia de Contacto	Mide continuamente la resistencia de contacto desde el primer contacto hecho por un contacto móvil hasta que se detiene el contacto	Todos	Eléctrica: Aislamiento del Circuito Principal		
11	Prueba del Aislamiento en AC	Mide el aislamiento entre los contactos abiertos y entre la línea y la tierra	Todos	Eléctrica: Conductividad del Circuito Principal	Muy Popular	Fig. 5
12	Prueba de la Temperatura Infrarroja	Mide la temperatura de las partes con el dispositivo infrarrojo	Todos	Eléctrica: Aislamiento del Circuito Principal		
13	Prueba del Aislamiento de los Circuitos Auxiliares	Mide el aislamiento de los circuitos de control de baja tensión	Todos	Eléctrica: Aislamiento del Circuito de Control	IEC694, art. 7.2	
14	Prueba de la Capacitancia	Revisa el valor de la capacitancia usado en el interruptor (graduación, acoplamiento, etc.)	Condensadores	Eléctrica: Integridad del Equipo		
15	Prueba del Porcentaje de la Mezcla de SF6	Mide el porcentaje del SF6 en la mezcla del gas aislante	Int. SF6	Química: Calidad general del medio		
16	Prueba de los Subproductos de SF6	Mide el nivel de los subproductos de SF6 en el gas aislante SF6	Int. SF6	Química: Calidad general del medio		
17	Prueba del Contenido de Agua en el Gas	Mide el contenido de la humedad en el medio aislante	SF6 y Soplado de Aire	Química: Calidad general del medio		
18	Prueba de la Rigidez	Revisa la rigidez del medio aislante	Todos	Química: Calidad general del medio	IEC694, art. 7.4	
19	Prueba y Análisis del Aceite disuelto en Gas	Mide el contenido de gas en el aceite aislante	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D36132	
20	Prueba Dieléctrica del Aceite	Mide las características dieléctricas del aceite aislante	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	IEC156, ASTM, D877	
21	Prueba de la Acidez del Aceite	Mide el grado de acidez en el aceite aislante	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D974	
22	Tensión interfacial del Aceite	Mide la tensión interfacial del aceite aislante (para partículas en el aceite)	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D971	
23	Factor de Potencia del Aceite	Mide el factor de potencia	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D924	
24	Agua en el Aceite	Mide los PPM del Agua en el Aceite	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D1533	
25	Densidad del Aceite	Mide la densidad	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D1298	