

1ZCL000002EG-ES- rev. 1

# Manual del Usuario

Operación y Mantenimiento de Transformadores de Potencia



**ABB**

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Mantenimiento e inspección de líneas y barrajes</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Programa de mantenimiento preventivo</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Periodicidad de las inspecciones</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Normas de mantenimiento del aceite aislante</b>	<b>5</b>
5.1	Deterioro del aceite de aislamiento	6
5.2	Prevención del deterioro del aceite	6
5.3	Evaluación del deterioro del aceite dieléctrico	7
<b>6</b>	<b>Mantenimiento e inspección de los bujes</b>	<b>7</b>
6.1	Inspección de rutina	7
6.2	Inspección regular (una vez cada dos años)	7
6.3	Inspección por excesivos calentamientos parciales	8
6.4	Inspección de daños locales (fisuras) de los bujes	8
6.5	Inspección de fugas de aceite	8
6.6	Almacenamiento	8
<b>7</b>	<b>Mantenimiento e inspección del equipo de refrigeración</b>	<b>8</b>
7.1	Radiador del tipo de auto-enfriamiento	9
<b>8</b>	<b>Mantenimiento e inspección de los termómetros</b>	<b>9</b>
8.1	Termómetro tipo reloj	9
<b>9</b>	<b>Mantenimiento e inspección del indicador de nivel de aceite</b>	<b>9</b>
9.1	Indicador del nivel de aceite tipo reloj	10
<b>10</b>	<b>Mantenimiento e inspección de los relés de protección</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	<b>Mantenimiento e inspección de la válvula de sobrepresión</b>	<b>12</b>
<b>12</b>	<b>Mantenimiento e inspección de los respiradores de sílica gel</b>	<b>13</b>
<b>13</b>	<b>Mantenimiento e inspección de las empaquetaduras</b>	<b>13</b>
<b>14</b>	<b>Como detectar una fuga</b>	<b>14</b>
<b>15</b>	<b>Fallas y contramedidas</b>	<b>15</b>
15.1	Causas de la falla	15
15.2	Tipos de fallas	16
15.2.1	Fallas internas del transformador: En devanados y núcleo	16
15.2.2	Fallas externas del transformador: En el tanque	16
15.3	Descubrimiento de las fallas	16
15.4	Fallas internas del transformador	18
15.4.1	Fallas en los devanados	18
15.4.2	Fallas en el núcleo	18
15.5	Cómo detectar fallas internas ?	19

## 1 Introducción

El transformador requiere menor cuidado comparado con otros equipos eléctricos. El grado de mantenimiento e inspección necesarios para su operación depende de su capacidad, de la importancia dentro del sistema eléctrico, del lugar de instalación dentro del sistema, de las condiciones climatológicas, del ambiente y en general, de las condiciones de operación.

En esta parte del manual se suministran las instrucciones de operación y mantenimiento. Nuestra intención es prestar la asistencia necesaria al personal de mantenimiento para facilitarle una inspección periódica del transformador e indicarle los pasos que se deben seguir para efectuar un examen más detallado de la parte activa en caso de que se requiera.

*ATENCIÓN:*

*Si éste va a ser el transformador de repuesto (en Stand-by) deberá conservarse siempre en las mejores condiciones. Por lo tanto, su mantenimiento debe ser igual al del transformador en servicio teniendo especial cuidado en vigilar el estado de su aceite. The templates are intended to harmonize the visual impression of ABB Documentation throughout the organization, Common Look & Feel. To provide help for editors to adopt Visual Identity guidelines related to documentation presented to our customers.*

## 2 Mantenimiento e inspección de líneas y barrajes

El mantenimiento y la inspección conllevan un trabajo peligroso; de ahí que deba hacerse de antemano un programa, poniendo especial atención en la seguridad de las vidas humanas y del equipo.

Cuando se trabaja con barrajes, líneas, terminales, etc., el trabajo debe iniciarse sólo después de haber confirmado que éstas partes están desenergizadas, verificando para ello que los interruptores están en posición de abierto, lo cual se debe comprobar con un detector para circuitos. La omisión de estas verificaciones, pensando erróneamente que los circuitos no tienen voltaje, puede causar graves accidentes.

## 3 Programa de mantenimiento preventivo

Anote las lecturas de los medidores que están generalmente instalados, ya que son de mucha utilidad. Cuando las lecturas sean muy diferentes de las obtenidas en condiciones normales, es necesario realizar una cuidadosa verificación.

Además de lo anterior, se debe prestar atención a los fenómenos anormales tales como ruido, cambio de color o de olores, que pueden detectarse a través de los sentidos.

- **Temperatura del transformador.**



La temperatura del transformador está directamente relacionada con la duración de los materiales de aislamiento, por lo que es necesario prestarle atención. En el caso de transformadores construidos de acuerdo con normas ANSI, la temperatura máxima permitida para el aceite es de 90°C y la temperatura máxima del punto más caliente de 110°C.

- **Inspección del volumen de aceite.**

El volumen del aceite tiene siempre que ser verificado desde el punto de vista del aislamiento y de la refrigeración.

Cuando el nivel de aceite fluctúe notoriamente en relación con la temperatura, se debe detectar la causa para un oportuno arreglo.

- **Ruido.**

En algunos casos se puede percibir algún ruido anormal, cuando se está familiarizado con el sonido que el transformador produce durante la operación normal, lo cual puede ayudar a descubrir alguna falla. Las siguientes son las causas posibles de ruido anormal:

- a) Resonancia de la caja y de los radiadores debida a cambios anormales en la frecuencia de la fuente de corriente,
- b) un defecto en el mecanismo de ajuste del núcleo,
- c) un defecto en la estructura central, (como desajuste en el núcleo) es posible que se encuentren flojos los tornillos de sujeción de las bridas,
- d) aflojamiento de las piezas de anclaje, y
- e) ruido anormal por descarga estática, debido a partes metálicas carentes de tierra o a imperfección de la puesta a tierra.

Estos ruidos pueden detectarse desde fuera o acercándose a la caja, aún cuando no sean muy fuertes.

- **Aflojamiento de las piezas de fijación y de las válvulas.**

Cuando encuentre los terminales de tierra flojos, desenergice el transformador y apriételes enseguida. Los tornillos de los cimientos que estén sujetos a grandes cargas, deben ser apretados firmemente para evitar el desplazamiento del transformador.

En algunos casos las válvulas se aflojan debido a vibraciones, apriéte las nuevamente.

- **Fugas de aceite.**

Las fugas de aceite pueden ser causadas por el deterioro de algún empaque o por mal posicionamiento; algunas tardan en descubrirse, verifique cuidadosamente las válvulas y los empaques. Si hay algún defecto que pudiera causar una fuga, informe a ABB.

## 4 Periodicidad de las inspecciones

La tabla 1, muestra la frecuencia con la que se debe revisar el transformador.

No	Piezas a inspeccionar	Periodicidad	Observaciones
1	Termómetros	Una vez al año	
2	Accesorios con contactos de alarma y/o disparo	Una vez al año	Verifique las condiciones de operación de los contactos y mida la resistencia de aislamiento del circuito
3	Ventiladores de refrigeración	Una vez al año	Si se encuentra alguna anomalía
4	Conservador	Una vez en cinco años	
5	Resistencia de aislamiento de los devanados	Una vez al año	Cuando se note un cambio brusco después de años de uso o cuando se note un cambio en comparación con datos registrados en pruebas anteriores.
6	Medición de $\tan \delta$	Una vez en tres años	Igual que el punto 5.
7	Rigidez del aceite dieléctrico.	Una vez al año	
8	Valor de acidez del aceite.	Una vez al año	
9	Prueba del funcionamiento del aceite.	Revise si se nota anomalía en las pruebas de los ítem 5 al 8.	Tome dos litros de aceite y revíselos de acuerdo con ASTM D3487
10	Aceite de aislamiento filtrado	Revise si se nota anomalía en las pruebas de los ítem 5 al 8.	
11	Componentes del interior	Una vez en siete años	

**Tabla 1.** Periodicidad de Inspecciones.

## 5 Normas de mantenimiento del aceite aislante

Para mantener el transformador en perfectas condiciones de operación se deben tener en cuenta los puntos anteriores, cuidando también de la operación de rutina y sin falta alguna se debe dar el tratamiento adecuado en cuanto se note algún cambio en las condiciones de servicio. Es necesario también desenergizar el transformador a intervalos regulares y llevar a cabo una inspección meticulosa.

Con esta rutina y con inspecciones regulares, el grado de deterioro se podrá minimizar. Ya que un transformador está formado de muchas partes, tales como el aceite de

aislamiento, los equipos de refrigeración, etc. debe ser atendido permanentemente. El aceite además de servir como medio aislante sirve para transferir el calor generado en las bobinas y el núcleo hacia las paredes del tanque y los radiadores. Por esto se requiere que cumpla con las siguientes características:

- Elevada rigidez dieléctrica
- Baja viscosidad
- Bien refinado y libre de materiales que puedan corroer las partes metálicas
- estar libre de humedad y componentes que se polaricen
- Tener un bajo punto de fluidez
- Que tenga poca evaporación.

Las técnicas de manufacturación de los transformadores y su confiabilidad se han mejorado a tal grado que la inspección interna es casi innecesaria; actualmente el mantenimiento se limita casi exclusivamente al mantenimiento del aceite para prevenir su deterioro:

### **5.1 Deterioro del aceite de aislamiento**

El aceite de aislamiento se deteriora gradualmente por el uso. Las causas son la absorción de la humedad del aire y de partículas extrañas que entran en el aceite y el principal efecto es la oxidación. El aceite se oxida por el contacto con el aire y éste proceso se acelera por el aumento de la temperatura del transformador y por el contacto con metales tales como el cobre, el hierro, etc.

Además de lo anterior, el aceite sufre una serie de reacciones químicas tales como la descomposición y la polimerización, que producen partículas que no se disuelven en el aceite y que se precipitan en el núcleo y bobinados. Estas partículas son llamadas sedimentos. Los sedimentos no afectan directamente la rigidez dieléctrica, pero los depósitos que se forman sobre los devanados impiden su normal refrigeración.

### **5.2 Prevención del deterioro del aceite**

Debido a que el deterioro del aceite es causado generalmente por la oxidación, el método para prevenirlo consiste en reducir al mínimo posible su superficie de contacto con el aire. Con este propósito se usa un tanque conservador. La humedad también acelera el deterioro del aceite y para evitar esto se debe usar un respirador deshidratante. El método ideal es aquel que utiliza colchón de nitrógeno, o aquel que utiliza una membrana en la superficie del aceite para evitar que el aceite entre en contacto directo con el aire.

El aceite dieléctrico se activa bajo ciertas condiciones de luz, calor y iones de metales pesados, para producir radicales libres que causan auto-oxidación. Para evitar este fenómeno se utilizan aditivos inhibidores de la oxidación.

### 5.3 Evaluación del deterioro del aceite dieléctrico

Los métodos para juzgar deterioro de un aceite dieléctrico, son aquellos que miden el grado de oxidación, la densidad específica, la tensión superficial y la tangente  $\delta$ . Además de la práctica común de medir la rigidez dieléctrica, es recomendable hacer un juicio sintético de todos estos métodos.

## 6 Mantenimiento e inspección de los bujes

### 6.1 Inspección de rutina

- Excesivo calentamiento local:

Ponga atención a la parte sujetadora de los terminales. Es conveniente pintar dicha parte con pintura indicadora de calor.

- Contaminación:

Cuando haya mucho polvo y sal, se debe efectuar una limpieza para la cual debe detenerse el funcionamiento del transformador y usar agua, amoníaco o tetracloruro de carbono, y si están muy sucios, usar ácido hidrocórico concentrado diluido 40 o más veces en agua.

La solución no debe tocar ninguna parte metálica; después de la limpieza las partes de porcelana deben neutralizarse con agua que contenga bicarbonato de sodio en una proporción de 30 gramos por litro. Siempre que use una solución química, asegúrese de lavar después con agua fresca, para que no quede ningún elemento extraño.

En sistemas en los que sea difícil detener el funcionamiento para la limpieza, o en zonas donde haya muchos daños por el polvo o la sal, se está usando recientemente un método de lavado denominado "de línea caliente". Es un método para lavar los equipos sin parar su funcionamiento, y hay 2 ó 3 formas de hacerlo. En cualquier caso debe verificarse el grado de polvo y sal, la calidad del agua para lavar y el método de impermeabilización cuando se hace la limpieza.

- Daños mecánicos:

Verifique si existen daños o fugas de aceite en los bujes.

### 6.2 Inspección regular (una vez cada dos años)

- Evaluación del deterioro del aislamiento:

Los métodos para detectar el deterioro del aislamiento son la medición de la resistencia de aislamiento y de la tangente delta.

La medición de la resistencia de aislamiento en los bujes no es sencilla, ya que el buje y los devanados del transformador deben independizarse; no obstante, la medición debe tratar de hacerse lo mejor posible.

La medición de la tangente delta también es difícil, ya que los bujes deben separarse del transformador en la mayoría de los casos.

La evaluación del resultado de la medición no debe depender únicamente de los valores absolutos obtenidos, sino de los valores obtenidos cada año y de la variación entre ellos. Si hay grandes discrepancias en los valores, es necesario un cuidado especial

Cuando la resistencia de aislamiento es superior a 1000 MΩ a temperaturas normales, puede considerarse como una buena condición, pero el valor de la tangente delta también debe tomarse al considerar la evaluación.

### **6.3 Inspección por excesivos calentamientos parciales**

El calentamiento excesivo de los terminales se debe en la mayoría de los casos a aflojamientos; si llegara a observarse, elimine el polvo de las partes de contacto y apriete firmemente.

### **6.4 Inspección de daños locales (fisuras) de los bujes**

La limpieza de los bujes debe hacerse según se mencionó. Si los daños son muy serios cambiar por nuevos.

### **6.5 Inspección de fugas de aceite**

Revise las diversas piezas de los bujes para ver si hay fugas de aceite. Si el aceite se sale por el empaque, ajústelo ó cámbielo. Si son del tipo inmerso en aceite y el aceite se fuga por otra parte fuera del buje, informe al fabricante.

### **6.6 Almacenamiento**

Guarde los bujes parados en un cuarto seco. Se recomienda guardarlos en la caja de empaque en que venían.

## **7 Mantenimiento e inspección del equipo de refrigeración**

El equipo de refrigeración es la parte más importante en el funcionamiento diario normal de un transformador. Es necesario un cuidado especial en su mantenimiento e inspección, ya que cualquier anomalía puede reducir la vida útil del transformador o causar defectos serios.



## 7.1 Radiador del tipo de auto-enfriamiento

Verifique la fuga de aceite de las cabeceras del radiador y de las partes soldadas del panel o del tubo. Si se acumulan sedimentos en las obleas o en el tubo, el flujo del aceite se dificulta y la temperatura desciende. Por esta razón verifique con la mano si estas partes tienen una temperatura adecuada. Si los radiadores son del tipo desmontable verifique que las válvulas se abran correctamente.

## 8 Mantenimiento e inspección de los termómetros

Es importante que se verifique la temperatura del transformador en servicio, ya que ello indica las condiciones del funcionamiento. Las condiciones internas y la normalidad del interior, por lo tanto, los indicadores que miden la temperatura deben revisarse y mantenerse en buen estado, para que indiquen correctamente la temperatura.

### 8.1 Termómetro tipo reloj

Este es un tipo de medidor de presión con un bulbo que contiene un líquido especial o gas sellado, y que se conecta con un tubo muy fino para mover la aguja por expansión y contracción del fluido; debe verificarse comparándolo con un termómetro normal una vez al año o más seguido.

También debe verificarse cuidadosamente que no esté corroído en el interior, que no penetre agua, que la aguja se mueva adecuadamente y que los contactos de alarma funcionen correctamente.

Si el cristal está empañado por la humedad que penetra, quite la tapa del cristal y cambie el empaque.

Después de muchos años de uso, el tubo de Bourdon se desgasta, al igual que el piñón y el soporte, por lo que pueden dar indicaciones erróneas; también las partes indicadoras móviles llegan a caerse por golpes o vibraciones. La tubería guía generalmente es de tipo doble y la unión con el medidor se separa o se rompe fácilmente. Por lo tanto es necesario un manejo cuidadoso del termómetro tipo reloj, cuando se debe quitar durante la inspección del transformador.

Debe verificarse que los contactos de alarma estén colocados adecuadamente.

## 9 Mantenimiento e inspección del indicador de nivel de aceite

El medidor está colocado fuera del conservador y es de construcción simple; muestra el nivel del aceite directamente, viéndolo desde el exterior. Ponga atención a una fuga de aceite por su parte visible.

Cuando el cristal esté manchado, límpielo con un trapo.

El medidor de aceite es resistente a daños y a fallas de indicación, comparado con los modelos viejos de indicadores del nivel de aceite tipo L y tipo U.

### 9.1 Indicador del nivel de aceite tipo reloj

En este indicador el eje giratorio tiene en un extremo un flotador que soporta un brazo conectado al indicador y, en el otro extremo un magneto para hacer girar el rotor y para permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador. Cuando el nivel del aceite cambia, éste acciona el brazo de soporte que hace girar el magneto en el otro extremo, y éste a su vez acciona el rotor a través de la pared de división que está colocada fuera del indicador. La aguja señala el nivel del aceite.

El indicador necesita el mismo cuidado de mantenimiento que cualquier instrumento ordinario; además como indicador con flotador metálico, requiere atención cuando hay una indicación incorrecta debida a la penetración del aceite al flotador, por vibraciones, y sobre todo cuando ha funcionado por largo tiempo.

## 10 Mantenimiento e inspección de los relés de protección

Los relés de protección que se mencionan a continuación necesitan inspección una vez al año:

- **Relé de buchholz**

Este relé está hecho para proteger al transformador inmerso en aceite contra fallas internas. Está fijado al tubo de conexión entre el tanque del transformador y el conservador.

El funcionamiento del relé se divide en una primera fase (por fallas leves) y una segunda fase (para fallas severas); la primera se usa para la alarma y la segunda para el disparo del relé.

Su estructura presenta dos flotadores; uno en la parte superior y otro en la parte inferior de un caja de acero (cámara de aceite) y están fijados de tal manera que cada flotador puede girar, siendo su centro de rotación el eje de soporte.

Cada flotador tiene un interruptor de mercurio y los contactos se cierran cuando el flotador gira. Si los materiales estructurales orgánicos del transformador se queman o producen gas causado por un arco pequeño, éste se queda en la parte superior interna de la caja. Cuando el volumen del gas sobrepasa el volumen fijo (aproximadamente 150 a 250 cc) el flotador de la primera fase baja y los contactos se cierran, haciendo funcionar el dispositivo de alarma.

El flotador inferior, que es para la segunda fase, cierra los contactos y hace funcionar el dispositivo de alarma, o dispara el interruptor del circuito cuando se origina un arco en el interior del transformador y se produce súbitamente gas y vapor de aceite, forzando el

movimiento del aceite. También cuando el nivel de aceite desciende por debajo del nivel inferior del conservador, el dispositivo de alarma funciona.

A un lado de la caja del relé Buchholz hay una ventanilla de inspección que permite observar el volumen y el color del gas producido, y extraer muestras para evaluar la causa y el grado de la falla.

Al instalar el medidor, quite el resorte que se ha usado para atar el flotador o el material empacado y evitar así movimientos del flotador; limpie el interior del relé, verifique si el contacto de mercurio y los terminales conectores están en buenas condiciones; fije el relé al transformador, asegurándose de que la dirección del ajuste y el nivelado sean correctos.

Cuando el transformador está inmerso en aceite, abra la válvula de escape del gas que está en la parte superior del relé para eliminar el aire del interior del relé e iniciar el funcionamiento del transformador. Sin embargo, si la carga del aceite al vacío se hace en perfectas condiciones, la eliminación no es necesaria.

Los contactos de mercurio deben manejarse con sumo cuidado, ya que pueden romperse cuando hay vibraciones. Como rutina, examine la fuga de aceite y la producción de gas del relé. Si se encuentra gas a pesar del funcionamiento de la primera fase, tome una muestra de gas y analícela; también el nivel de aceite del conservador.

Limpie el cristal de la ventanilla de inspección, revise el interior y verifique si el flotador se mueve normalmente, con el brazo de soporte como su centro de rotación a intervalos regulares.

El relé puede funcionar equivocadamente cuando el flotador está sumergido en el aceite, cuando el eje de soporte del flotador se sale del conjunto o cuando hay una fuga de aceite.

- **Relé de protección del cambiador de tomas bajo carga**

Este relé protege al transformador y al cambiador de tomas bajo carga contra averías. Es por tanto parte integrante de nuestro suministro. Debe estar conectado de tal forma que su funcionamiento provoque la desconexión inmediata del transformador.

La caja moldeada en material ligero resistente a la corrosión, está provista de dos bridas para el acoplamiento de las tuberías de unión, por una parte con la cabeza del cambiador y por la otra con el conservador de aceite. Se puede controlar la posición de la palanca gracias a la mirilla situada sobre la cara delantera de la caja. En la bornera se encuentran los terminales de conexión del interruptor. El aceite contenido en el relé de protección no debe penetrar en ella.

Se ha previsto una abertura para evitar la formación de agua condensada en la bornera.

Igualmente, allí se encuentran situados dos botones pulsadores destinados, uno a controlar el buen funcionamiento del aparato y otro a su rearme. Los bornes de conexión están protegidos por una membrana de plástico transparente. El órgano activo del relé comprende una palanca provista de un orificio y un imán permanente, el cual asegura el funcionamiento del contacto auxiliar y el mantenimiento de la palanca en posición REARME. No es posible obtener una posición intermedia.

La operación del relé de protección puede ser el indicio de una avería grave. Sin las comprobaciones indicadas, el cambiador no debe volver a ponerse en servicio bajo ninguna circunstancia.

Cuando el funcionamiento del relé provoque la desconexión de los disyuntores, debe procederse como sigue:

- Anotar la hora y la fecha de la desconexión.
- Anotar la posición de servicio del cambiador.
  
- Bloquear el mando a motor desconectando el guardamotor de modo que se evite una maniobra del cambiador causada por un control remoto.
- Controlar la estanqueidad de la tapa. Si hay una fuga de aceite cerrar inmediatamente la válvula del conservador de aceite.
- Verificar si la palanca del relé de protección se encuentra en la posición DESCONEXION o en posición REARME. Si se encuentra en ésta última es posible que se haya producido un desenganche defectuoso.

Verificar en éste caso el circuito de desenganche. De no ser posible despejarlo, habrá que sacar el cuerpo insertable del cambiador para control visual. Si la palanca se encuentra en posición de DESCONEXION hay que, de todas formas, sacar el cuerpo extraíble del cambiador. Volver a poner en servicio el cambiador sin haberlo revisado visualmente, podría conducir a daños muy graves en el transformador y en el cambiador.

Adicionalmente deben chequearse los siguientes puntos:

- Cual era la carga del transformador al momento del disparo?
- Fue ejecutada una maniobra del cambiador inmediatamente antes o durante el desenganche?
- Funcionaron al momento del desenganche otros dispositivos de protección del transformador?
- Fueron efectuadas conmutaciones en la red en el momento del desenganche?
- Fueron registradas sobretensiones en el momento del desenganche?

Después de una comprobación minuciosa del cuerpo insertable, el servicio SOLO se debe reanudar si se está seguro de que no hay ningún daño ni en el cambiador de tomas ni en el transformador.

En adición a las medidas anteriores si subsisten los problemas comuníquese inmediatamente con el fabricante.

## **11 Mantenimiento e inspección de la válvula de sobrepresión**

La válvula de alivio de sobrepresión con contactos de alarma, acciona la alarma cuando funciona la aguja del interruptor. Está colocada haciendo contacto con la placa de expansión; el resorte de ajuste y los contactos del microinterruptor están en relación con el elevador que se relaciona a su vez con la aguja del interruptor.

Cuando hay un accidente, la presión interna aumenta y empuja la válvula hacia afuera, haciendo funcionar a la aguja del interruptor, la cual empuja y dobla la placa de expansión. Cuando la presión alcanza un cierto límite, la placa de expansión se rompe y la presión sale, cerrando los contactos del interruptor microinterruptor, que están en el elevador que se relaciona con la aguja del interruptor, y la alarma suena.

Verifique si no hay alguna fuga de aceite o de aire del dispositivo.

## 12 Mantenimiento e inspección de los respiradores de silica gel

Estos dispositivos están hechos para eliminar la humedad y el polvo que entran al transformador, con el movimiento del aire resultante de la fluctuación de la temperatura del aceite del transformador; está colocado entre el paso del aire del transformador y la atmósfera.

Está formado por un depósito con un agente deshidratante y aceite, así como de las partes metálicas para su fijación. El empaque debe verificarse para ver si está bien asegurado, de manera que no permita la entrada de aire al transformador por ningún sitio que no sea el orificio del respiradero. También verifique si el nivel de aceite del depósito no es más bajo que el nivel fijado.

Si el agente deshidratante se humedece con aceite, es porque hay demasiado aceite en el depósito, o porque hay alguna falla interna cuya causa debe detectarse. Se usa gelatina de silicio como agente deshidratante.

Generalmente está teñido de azul con cloruro de cobalto, y cuando la absorción de humedad llega a un 30 ó 40 %, el color cambia de azul a rosa; en tal caso se debe cambiar la gelatina de silicio o secarla para volver a usarla. Para regenerarla, coloque la gelatina de silicio en una cubeta o en un perol limpio y agítela mientras la calienta a una temperatura de 100 a 140 °C; continúe el calentamiento hasta que el color cambie de rosa a azul o extienda la gelatina de silicio mojada en un receptáculo, como una caja de filtro por 4 ó 5 horas, manteniendo la temperatura del secado entre 100 y 140 °C.

## 13 Mantenimiento e inspección de las empaquetaduras

- **Instalación de los empaques**

Cuando use un empaque siga las instrucciones del fabricante, pero en caso de que no las tenga a mano, las siguientes pueden seguirse para un caso general.

Para los empaques de la superficie de reborde del transformador común, se usa corcho ó nitrilo, si bien el corcho ya no se emplea mucho actualmente. Para algunas uniones se

usan empaques especiales de plomo, de asbesto o de anillo en O; si se señala qué tipo de empaquetadura debe usarse, siga las instrucciones.

- **Métodos para unir los empaques**

Es mejor usar el empaque sin unión, pero ésta no puede evitarse cuando el empaque es muy grande. Hay empaques redondos, cuadrados, rectangulares y ovalados, pero en cualquier caso trate de unir el empaque por una parte recta. La parte que se sobrepone debe medir más de 50 mm y debe aplicarse un adhesivo en la unión.

Cuando use elemento o un componente para sellar, asegúrese de seleccionar el material adecuado para el empaque; aplique una capa delgada y deje que se seque al aire colocando entonces el empaque.

- **Indicaciones para el trabajo**

Para quitar la corrosión, el nitrilo, el aceite o la grasa, use un cepillo de alambre, thinner y alcohol.

Ponga el adhesivo únicamente en el lado del empaque y use sólo la cantidad necesaria para fijarlo en su lugar.

Si la fuga de gas o de aceite no se detiene después de un ajuste correcto, el empaque deberá cambiarse por otro.

Un empaque con poca elasticidad, como el de plomo, debe siempre cambiarse por uno nuevo. No vuelva a usar el empaque viejo.

## 14 Como detectar una fuga

Cuando la fuga sea abajo del nivel del aceite lave primero con thinner o alcohol la parte afectada, y al eliminarse el polvo o el cemento, el lugar de la fuga se vera claramente como una mancha (negra).

Cuando la fuga sea arriba del nivel del aceite. Cargue el gas de nitrógeno a una presión apropiada (aproximadamente 0.3 a 0.4 Kg/cm<sup>2</sup>), ponga una solución de jabón líquida en la parte sospechosa del empaque; si hay alguna fuga se formarán burbujas. Tenga cuidado en no permitir el funcionamiento del tubo de escape de la presión durante esta operación.

- **Tratamiento de las fugas del tanque**

Si la parte de la fuga en el tanque, que contiene aceite, debe repararse por soldadura, tenga cuidado de verificar si el calor de la soldadura no va a producir una mezcla explosiva de gases. (No se necesita precaución alguna en el caso de aceite no inflamable).

Si la parte de la fuga está a unos 70 mm o más por encima del nivel del aceite, y si el espesor de la pared del tanque es mayor de 6 mm., no habrá peligro de combustión, ya que el aceite enfriará el calor de la soldadura.

Si la parte de la fuga está por encima del nivel del aceite, ponga gas de nitrógeno en el interior del tanque para prevenir un incendio.

Si el espesor de la pared del tanque es menor de 4.5 mm, ponga una pieza de metal encima de la parte de la fuga y sóldela. Es mejor si no hay aceite en el lugar de la reparación.

La manera más simple de reparar un pequeño orificio de fuga es calafatearlo cuidadosamente con un cincel.

No debe taparse el pequeño orificio de la fuga con masilla o con pintura, ya que no dura mucho tiempo.

Un orificio de fuga en la caja de acero no puede repararse con soldadura o calafateándolo. La parte de la caja de acero deberá reemplazarse. Cuando no sea posible perforar un agujero en el sitio de la fuga, golpee e introduzca un tapón impregnado en goma laca u otro componente.

Si se encuentra una fuga en una pieza importante del equipo, consulte con el fabricante el método adecuado de tratamiento.

## 15 Fallas y contramedidas

### 15.1 Causas de la falla

Rastrear la causa de las fallas es la base para tomar medidas que permitan contrarrestarlas. El origen de las fallas no es simple. Generalmente es la combinación de muchos factores que pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Imperfección en las especificaciones**
  - Error en la selección del tipo de aislamiento.
  - Capacidad no apropiada.
  - Falta de atención a las condiciones en el lugar de instalación (humedad, temperatura, gases perjudiciales, etc)
- **Imperfecciones en las instalaciones**
  - Instalación incorrecta.
  - Capacidad y rango de protección del pararrayos incorrecto.
  - Interruptor y rele de protección incorrectos
- **Imperfecciones en la operación y mantenimiento del equipo**

- Partes conductoras externas flojas y calentamiento de las mismas.
- Deterioro del aceite de aislamiento
- Carga excesiva o error en la conexión de los cables.
- Equivocación en el funcionamiento, y descuido en el arreglo de los circuitos de protección.
- Inspección insuficiente de los empaques y de las válvulas.
- Mantenimiento insuficiente de los accesorios.
- Voltaje anormal
- Deterioro normal
- Desastres naturales

## 15.2 Tipos de fallas

Las fallas producidas por las causas mencionadas, dan lugar a fallas secundarias y aún terciarias, dificultando su rastreo. Sin embargo, las condiciones de operación en el momento de la falla, los registros de inspección de los reles de protección de las diversas partes, así como el mantenimiento y la inspección regular, ayudarán a detectar la causa en muchísimas ocasiones.

Las fallas de un transformador se pueden clasificar de la siguiente manera:

### 15.2.1 Fallas internas del transformador: En devanados y núcleo

- Interrupción dieléctrica
- Rotura y torsión de los devanados
- Error en el contacto a tierra
- Conmutador de derivaciones abierto
- Aceite de aislamiento

### 15.2.2 Fallas externas del transformador: En el tanque

- Por fugas de aceite en un empaque, válvula, cordón de soldadura
- Por los bujes de los respiradores, válvula de sobrepresión, termómetros, indicador de nivel de aceite, etc
- Defectos en los ventiladores de refrigeración forzada, relé Buchholz, salida de los transformadores de corriente de los bujes, etc.

## 15.3 Descubrimiento de las fallas



Es innecesario decir que mientras más pronto se detecte la falla será mejor, y que para ello se requieren un mantenimiento y una inspección cuidadosa; hay normas hechas para la inspección regular y de rutina. Por medio de esta inspección se puede detectar una falla antes de que sea grave, y se puede reducir el daño en lo posible. Algunas fallas son causadas por razones más allá del control humano. Veamos:

- Fallas repentinas

La mayoría de las interrupciones dieléctricas ocurren repentinamente, especialmente la debida a un rayo o a una tensión anormal, causando una falla directa.

La corriente excesiva por un cortocircuito externo o por un golpe mecánico, también sucede repentinamente, y disturbios por sismos e incendios, pueden dañar accidentalmente el transformador.

- Fallas que se desarrollan lentamente

Las fallas repentinas se relacionan, generalmente, con factores totalmente externos o ajenos al transformador, de tal forma que está fuera de nuestro alcance el poder preverlos y prepararnos para enfrentarlos.

El objetivo de nuestro mantenimiento e inspección es descubrir las fallas que ocurren y que se desarrollan lentamente. Estas fallas son las siguientes:

- Deformación de los materiales de aislamiento y del bobinado, debido a golpes mecánicos causados por un cortocircuito externo. El transformador generalmente se diseña y se fabrica para resistir el calor y los golpes mecánicos. Sin embargo, si se expone a golpes mecánicos intensos y frecuentes, aún una pequeña deformación puede convertirse en una falla interna seria.

- Aislamiento del núcleo. Puede existir aislamiento deficiente entre las láminas del núcleo, entre el tornillo de sujeción del núcleo y el tubo de aislamiento, etc. El aislamiento deficiente causa un cortocircuito en el flujo magnético, produce constantemente una corriente de corto circuito en este lugar y provoca un calentamiento excesivo pudiendo desarrollar fallas serias.

- Aislamiento deficiente debido a una condición operacional dura, como carga excesiva. Según se mencionó en las instrucciones de operación, el aislamiento del transformador se deteriora por el aumento de la temperatura y este deterioro a través de

los años empeora y se convierte en una falla seria cuando el transformador sufre una carga excesiva.

- Deterioro de los materiales de aislamiento, del aceite, de los bujes, etc. debido a absorción de humedad, a oxidación y a formación de una corona, etc.
  
- Deterioro del aislamiento de la parte externa del transformador debido al viento, la nieve, la sal y el polvo. Esto puede prevenirse con una inspección y un mantenimiento correctos.
  
- Falla en los accesorios, fuga de aceite, fuga de gas, etc.

## **15.4 Fallas internas del transformador**

### **15.4.1 Fallas en los devanados**

- Cortocircuitos

Hay cortocircuitos entre las espiras, entre las fases y entre las bobinas. La mayoría de las fallas de los cortocircuitos se deben a tensión anormal en el pararrayos, y algunas se deben al deterioro del aceite de aislamiento y a la penetración de la lluvia. También algunos cortocircuitos se deben al deterioro por calor, causado por una fuerza mecánica electromagnética o por una carga excesiva anormal. En general, los cortocircuitos internos causan deformaciones graves en las bobinas, como efecto secundario.

- Rompimiento de los terminales de los devanados

Los terminales de los devanados sufren daños por un exceso de corriente (cortocircuito externo, etc) o por un rayo. También los accidentes de cortocircuito del sistema que se acumulan, causan daños en el soporte del bobinado, por su fuerza destructora mecánica repetida, que finalmente rompe los terminales.

- Cortocircuito a tierra.

El voltaje de impulso o el deterioro del aislamiento pueden causar un cortocircuito a tierra del bobinado o de sus terminales al núcleo o al tanque.

Las fallas mencionadas se pueden detectar fácilmente mediante un diagnóstico externo o una verificación eléctrica.

### **15.4.2 Fallas en el núcleo**

Hay fallas debidas a un aislamiento deficiente de los tornillos de afianzamiento del núcleo, o a un canal de enfriamiento de aceite obstruido, lo que causa un calentamiento excesivo del núcleo. Las fallas del núcleo se desarrollan lentamente. El aislamiento y el contacto a tierra deficientes ya mencionados, causan una corriente de cortocircuito parcial, un deterioro del aceite de los materiales de aislamiento en sus alrededores, los cuales gradualmente se convierten en fallas serias.

Una sujeción deficiente entre el núcleo y las bridas del bobinado pueden causar una vibración perjudicial.

### **15.5 Cómo detectar fallas internas?**

Use los diferentes reles con que cuenta el transformador para detectar y protegerse de fallas accidentales. A continuación se señala cuales son las partes que se emplean para protegerse de fallas internas: Las que están adheridas directamente al transformador y que detectan las fallas mecánicamente: Relé Buchholz, rele de presión súbita, dispositivo de sobrepresión.

Las que están indirectamente unidas al tablero de control del transformador, y que detectan las fallas eléctricamente: Rele diferencial, rele de sobrecorriente, rele de tierra



©Copyright 2007 ABB, All rights reserved

---

Document Title			
Manual del Usuario			
Document No.	Date & Rev. Ind.	No. of Pages	Page
1ZCL000002EG-ES	1	20	20