

SISTEMAS DESHUMIDIFICADORES EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENERGIZADOS

Obed Renato Jiménez Meza
Paz Vicente Cantú Gutiérrez
Jorge Alejandro Lozano González

Resumen

En el 2012 se presentó la necesidad de implementar nuevas tecnologías para controlar concentración máxima de agua, en los Transformadores de Potencia en el Ámbito de la División de Distribución Golfo Norte en los cuales se tenían 176 Transformadores de Potencia que en el Aceite se les encontró con concentración mayor a las 15 PPM de lo que permite en el PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE CAMPO PARA EQUIPO PRIMARIO DE SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN (SOM-3531) de un total de 336 que tenía la división en el 2013

Palabras clave

Deshumidificadores, Problemática de humedad, Transformadores de Potencia.

Introducción

Desde el año 1897 cuando se perfeccionaron los transformadores eléctricos siempre se ha presentado el problema de la humedad en el papel y en el aceite de los devanados, hasta las fechas actuales, en la división de distribución Golfo Norte no es la excepción, pero derivado al crecimiento exponencial de las instalaciones y de los equipos no ha sido suficiente atender la necesidad con los dos equipos de vacío para mantener los 345 Transformadores de potencia que tenemos en este 2014, siendo este el elemento más costoso y delicado dentro del SED.

PROBLEMÁTICAS DE AGUA DENTRO DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENERGIZADOS

En el ámbito de la División de Distribución Golfo Norte, se han encontrado problemáticas de descargas parciales, al interior de las partes vivas de los transformadores a causa que las partes vivas pierdan su capacidad dieléctrica ante la presencia de agua, donde si no se controlan las descargas parciales pueden evolucionar causando daños permanentes terminando con la vida útil de los equipo y una falla permanente.

Siendo la causa más importante de la entrada de agua al interior de los transformadores la antigüedad de los transformadores ya que de los 345 transformadores de Potencia con que cuenta la división, más 163 transformadores de Potencia rebasan mas de los 15 años y de los cuales 123 rebasan los 20 años y de estos 98 los 25 años, donde las juntas porosas o empaques que con los choques térmicos provocan la entrada de agua al interior de estos, donde los sistemas de preservación de aceite han sido de mucha utilidad pero sin embargo con el paso del tiempo el agua encuentra como entrar al interior de los transformadores de potencia, por hasta hace un par de años era inevitable sacar de operación estos equipos para realizar el mantenimiento mayor mediante el método tradicional de las bombas de vacío, pero en el 2012 la división de distribución golfo Norte adquirió 3 sistemas deshumidificadores para transformadores de potencia energizados, como plan piloto para retirar el agua de estos sin sacarlos de servicio, logrando al mes de junio del 2014 retirar la humedad a 11 transformadores que se encontraban con más de 90 PPM a 10 PPM y a 5 transformadores de potencia que presentaban humedad con humedad mayor a 60 PPM a 10 PPM. Ante estos logros se ha adquirido 9 piezas más que se encuentran trabajando para lo cual consideramos que en ese año retiraremos la humedad a 72 transformadores de Potencia por lo que

estaremos en casi todos los transformadores de Potencia muy cerca de los 15PPM que marcan los procedimientos internos de CFE sin necesidad de sacarlos de Operación, alargando la vida útil estos equipos muchos años más.



Laboratorio de análisis Físico Químico

Otra medida que se adoptó es realizar monitoreo del aceite cada 6 meses para ver su contenido de humedad y evitar un daño mayor en el aislamiento interno.

A.- Bomba de Vacío:

La bomba de vacío es utilizada para secar el aceite y los componentes internos, como devanados, cambiadores, aislamientos, papel, cartón, barniz, etc. de los transformadores de potencia, sin embargo su uso a pesar de ser necesario es poco práctico por el tamaño, traspotación y el peso de este, aunado a que se requiere retirar de servicio el transformador de potencia, por lo que se requiere aunado a este el uso de un Transformador de Potencia Móvil, lo que hace poco rentable.



Bomba de Vacío

B.- Sistemas deshumidificadores en transformadores de potencia energizados con agua:

El sistema SISTEMAS DESHUMIDIFICADORES EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENERGIZADOS es un conjunto de 3 cilindros de silica gel con un tiene menor impacto dramático sobre el transformador de Potencia, ya que purifica el aceite en forma segura, desequilibrando el contenido de agua entre el papel y el aceite, hasta que provoca que el agua empiece a migrar del papel con agua hacia el aceite seco mientras el transformador opera con carga, este sistema remueve el agua continuamente del aceite del transformador de Potencia. Este proceso continua lentamente secando el papel y el aceite del transformador de potencia. Migrando el agua hacia el

aceite reduciendo a medida que el contenido de agua del papel se iguala y se equilibra con el aceite seco. Este proceso es con el transformador de potencia energizado a un flujo de la bomba es de 1.0 lts / min, para lo cual no se considera que el flujo sea agresivo ni para el núcleo ni el aislamiento.



Sistemas Deshumidificadores de Transformadores de Potencia Energizados instalado en la Zona Cerralvo de la DDGN.



Sistemas Deshumidificadores de Transformadores de Potencia Energizados instalado en la Zona Monclova de la DDGN.

C.- Eliminación de humedad:

Para eliminar el agua de los aislamientos, en el sistema tradicional es necesario transformarla en vapor y expulsarla a la atmósfera. Lo anterior se logra aumentando la temperatura o disminuyendo la presión atmosférica a temperatura ambiente, hasta el punto de lograr su ebullición. La práctica más común es disminuir la presión atmosférica.

La aplicación de vacío tiene dos propósitos:

- a) Expansión y extracción del gas (en su mayoría aire) contenido dentro de un espacio cerrado. Esta expansión de gas ayuda a la expulsión de la humedad presente.

La expansión del gas al reducir la presión atmosférica. Esta curva se basa en un volumen unitario de gas a 760 mm de Hg, o sea la presión atmosférica a nivel del mar.

b) Reducción del punto de rocío de la humedad obtenida en los aislamientos, con lo cual su evaporación se acelera.

D.- Niveles de secado:

Debido a que la humedad contenida en los aislamientos afecta gradualmente sus características dieléctricas, es necesario determinar los límites máximos permisibles, de acuerdo con los niveles de voltaje de los transformadores.

- a) Para transformadores con niveles de voltaje menores a 69 KV, se debe alcanzar una máxima humedad residual de 0.7%.
- b) Para transformadores con niveles de voltaje entre 69 y 161 KV, se debe alcanzar una máxima humedad residual de 0.5%.
- c) Para transformadores con niveles de voltaje de 230 y 400 KV, se debe alcanzar una máxima humedad residual de 0.3%.

E.- Método con alto vacío:

El método más utilizado por la CFE hasta este 2014 para secar un transformador o reactor dentro de su tanque, consiste en someterlo a altos niveles de vacío a temperatura ambiente, durante largos periodos de tiempo, hasta obtener los límites establecidos.

Los altos niveles de vacío se logran utilizando bombas de vacío del tipo rotatorio, de un sólo paso y selladas con aceite. Estas bombas son capaces de alcanzar vacíos del orden de 50 micrones (0.05 mm Hg). En algunos casos, estas bombas se pueden complementar con un soplador (Booster) en serie, con lo que es posible alcanzar un vacío hasta de 1 micrón (0.001 mm Hg). Los valores anteriores se logran utilizando una brida ciega.

Para la aplicación del método de secado con alto vacío continuo, debe seguirse el siguiente procedimiento.

F.- Forma de realizarlo:

- 1) Desconectar y dejar fuera de servicio el transformador que se va a secar.
- 2) Extraer completamente su aceite aislante e inyectar nitrógeno seco, y verificar que el punto de rocío sea de -40°C .
- 3) Si alguno de los accesorios o equipos de monitoreo no está diseñado para soportar el vacío absoluto, se debe retirar durante el proceso de secado.
- 4) Interconectar el tanque principal con la cuba del cambiador de derivaciones, así como el tanque conservador del transformador, con la finalidad de evitar daños en la cuba del cambiador y la bolsa tipo cops del tanque conservador.
- 5) Aumentar la presión del nitrógeno hasta 10 lb/pulg² y verificar que no haya fugas. La localización de éstas se realiza utilizando espuma de jabón y si existen se procede a eliminarlas. Se debe verificar que la válvula de sobre presión soporte dicha presión.
- 6) Verificar el sellado correcto de las válvulas. En caso de no obtener un buen sellado, se debe reparar la válvula, sustituirla o colocar una brida ciega provisional.
- 7) Se debe medir la humedad residual para tener un valor inicial de referencia, de acuerdo con el procedimiento
- 8) Instalar la bomba de vacío y conectarla al tanque del transformador en el registro-hombre o en el tubo de alivio. La tubería de conexión especial para el alto vacío debe tener un diámetro de 2 a 4 pulgadas y se deben realizar las adecuaciones necesarias. La longitud de la manguera debe ser lo más corta posible.
- 9) Poner en servicio la bomba de vacío y dejarla operar de manera continua.
 - Después de 24 hrs. de vacío, se debe tomar la lectura del vacuómetro para verificar el comportamiento del proceso. Se debe verificar el abatimiento del manómetro de la máquina de secado. Esta comprobación tiene como objetivo principal verificar las fugas en el transformador y en la máquina de vacío.

- Reiniciar el proceso de secado con vacío. Se procede a elaborar una curva de abatimiento, cada 24 hrs. La curva se elabora tomando las lecturas del vacuómetro y la temperatura del transformador cada 5 minutos, durante 30 minutos. Para obtener la curva de abatimiento se debe apagar la máquina de vacío y cerrar la válvula V1.
- 10) La temperatura del transformador es la que señala el indicador de temperatura del aceite, siendo ésta la más cercana al devanado. En caso de que este indicador de temperatura no esté operando, se debe tomar de referencia la temperatura ambiente más cercana al transformador.
 - 11) Estas lecturas se deben realizar con una humedad relativa menor del 60%, preferiblemente al medio día, a una temperatura ambiente promedio de 30 °C.
 - 12) Los valores obtenidos de la curva de abatimiento deben coincidir con los valores de humedad residual, también presentada en el procedimiento de humedad residual.
 - Una vez alcanzado el nivel de secado, se debe romper el vacío, inyectando nitrógeno de ultra alta pureza. Se debe medir la humedad residual después de 24 hrs.

G.- Recomendaciones para la supervisión y control del proceso:

1 SISTEMA DE VACÍO

Con la finalidad de lograr una mayor eficiencia en el proceso de secado, durante la instalación del sistema de vacío, se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- a) El medidor del vacío se debe conectar a la parte superior del tanque del transformador y no a la tubería de succión. El medidor debe contar con una válvula, con la finalidad de aislarlo después de cada lectura.
- b) La manguera o tubería de succión debe contar con dos válvulas, una para el aislamiento del transformador (V1) y la otra conectada directamente a la atmósfera (V2); ésta se usa para que la bomba de vacío arranque sin carga.
- c) Cuando se utilice tubería rígida, debe colocarse un conector flexible entre la bomba y el transformador.
- d) En las conexiones de la manguera o tubería de succión no debe utilizarse teflón, debido a que ocasiona obstrucciones en los conductos de lubricación de la bomba. Se deberá usar Loctitte 70, Permatex o algún otro sellador adecuado. Y preferentemente se deben utilizar bridas con empaque de neopreno o silicón.
- e) La tubería de succión debe estar completamente limpia y libre de rebabas de metal o algún otro material, con la finalidad de evitar daños al pistón de la bomba y obstruir el sistema de circulación de aceite.

Corriendo el riesgo de que se chupe o se deforme el transformador de potencia mientras que con el nuevo sistema.

TIENE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

- La presión de operación de 120 kPa (17.4 psi) se compone de:
- Presión estática de 5 metros hasta el nivel del transformador 50 kPa)
- Presión diferencial en la bomba (70 kPa)
- La bomba se clasifica a 1 MPa (10 Bar)
- La máxima relación presión x volumen es 100 Bar.Litro
- Los cilindros no son para alta presión.
- El indicador de flujo está diseñado para una presión de operación de 0.7 Pa y está probado a una presión de 1 MPa (10 Bar).
- Los coples rápidos están diseñados para 25 MPa (250 Bar).
- Requerimiento eléctrico 220 VAC, 1 fase, 60 Hz, corriente máxima a la velocidad 3 0.51 Amp.

La caja de conexiones ya posee un interruptor termomagnético para protección.

2 INSTALACION

El sistema DryKeep es embarcado desde la fábrica lleno de aceite y completamente ensamblado en la estructura, junto con todos sus componentes. La instalación entonces es muy sencilla, ya que la

unidad completa es montada sin necesidad de remover ninguno de sus componentes de la estructura.

MONTAJE

Es recomendable que la unidad sea montada a un lado del tanque principal o en el lado donde están los radiadores/enfriadores. No hay un requerimiento específico en cuanto a la altura de montaje, pero se recomienda instalar la unidad a $\pm 24"$ de la tierra. A esta altura el mantenimiento y reemplazo de cilindros se facilita.

La unidad puede ser instalada sobre otra estructura cerca del transformador en la pared o estructura del edificio.

PROCEDIMIENTO

Para una correcta operación es necesario colocar los cilindros de absorción de humedad en posición vertical, como se indica en el diagrama de flujo.

El fijado de la estructura del sistema DryKeep puede ser atornillado o soldado al transformador.

Usando la bomba de recirculación de aceite normalmente suministrada (Sistema Estándar).

Cuando se use el sistema con la bomba suministrada, las tuberías de conexiones hacia el transformador deben ser de acero inoxidable de $\frac{1}{2}"$.

Se puede conectar al transformador, utilizando las siguientes formas:

- Una conexión sobre la tubería bridada antes de una válvula grande.
- Una conexión directa al transformador con una pequeña válvula.
- Conectarse a la tubería del transformador a través de un orificio taladrado, o colocando una conexión "T" sobre la tubería para tener acceso al interior del transformador.

Se puede conectar la entrada y salida del sistema DryKeep en cualquier lugar del transformador, asegurando que la distancia entre éstas sea cuando menos de 2.15 mts (7 ft). Las válvulas suministradas con el sistema son suficientes para aislar el mismo, pero si se necesita se pueden instalar adicionales.

SEGURIDAD

Para transformadores que están en servicio, es recomendable el desenergizarlos para instalar el sistema. De no ser posible ésta opción, podrá instalarse con el transformador energizado, cumpliendo con todas las recomendaciones y regulaciones aplicables para trabajos en Línea Viva o con Alto Voltaje.

El requerimiento eléctrico es para una conexión en el tablero de control al interruptor termomagnético siendo esta de 220 VCA, 60 Hz, .51 Amp.

3 OPERACIÓN

Una vez que el sistema está listo para su puesta en servicio, se deberá de seguir el siguiente procedimiento para evitar el ingreso de aire al transformador:

- 1.- Abrir la válvula de alivio en el tanque deaerador.
- 2.- Abra lentamente la válvula de entrada del sistema DryKeep, dejando la válvula de salida cerrada.
- 3.- La presión de entrada por la altura, asegurará que todo el aire del sistema escape a través de la válvula de alivio del deaerador, podría ser necesario el arrancar la bomba para recircular el aceite.
- 4.- Una vez que se eliminó todo el aire, cierre la válvula del deaerador.
- 5.- Abra la válvula de salida del sistema DryKeep.
- 6.- Abra completamente la válvula de entrada.
- 7.- Prenda la bomba de recirculación.
- 8.- Verificar el flujo de aceite sobre el indicador de flujo.
- 9.- Monitorear el sistema por unos 20 min, chequeando si hay fugas o anomalías.
- 10.- Una vez instalado y puesto en marcha el sistema se deja para que funcione continuamente.

4 SATURACION DE LOS CILINDROS

Es muy importante el determinar las condiciones del tamizado molecular absorbente en los cilindros (la saturación de los cilindros con humedad). La mejor forma de determinar cuando los cartuchos requieren ser reemplazados es a través de muestras de aceite. Existen aparatos de mediciones electrónicas, los cuales pueden ser conectados a las valvulas de by-pass en la entrada y salida para medir los niveles de humedad del sistema. Sugerimos los sistemas o instrumentos de Double Domino or Vaisala HMP 228.

CONCLUSIONES

El tener un control de la calidad del aceite dieléctrico impacta directamente en el funcionamiento del transformador de Potencia, ya que si este llega a tener más de 15 ppm de agua, puede causar pérdida de la capacidad dieléctrica dentro de los equipos, así como eliminar descargas parciales.

La humedad es el enemigo principal tanto del transformador de potencia como cualquier equipo eléctrico, este puede llegar a dañar por completo el equipo, por lo que es importante remover la humedad de los transformadores de potencia, lo cual ayudara a conservar los equipos y la posibilidad de fallas disminuye.

El utilizar las nuevas tecnologías que nos ofrecen los fabricantes reducimos costos tradicionales de mantenimiento predictivo que equivaldrían del 10% al 16 % del coto del transformador de Potencia, mientras de que con el 3% del equipo de este costo se les puede dar mantenimiento a 6 trasformadores retirando la humedad dentro del Transformador de potencia y con un costo del 0.8% se pueden cambiar los cartuchos para seguir con el mantenimiento, por lo que es muy rentable esta tecnología a mediano plazo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Operación y Mantenimiento de Transformadores de Potencia, Oropeza e Ingenieros, S.A. de C.V., Monterrey, Nuevo León, México. Junio del 2008.
- [2] <http://www.iiie.org.mx/boletin012013/divulga.pdf>.
- [3] Comisión Federal de Electricidad, Procedimiento para el secado de transformadores y reactores de potencia ST-CT-005, Diciembre del 2007.
- [4] Comisión Federal de Electricidad, Procedimiento de pruebas de campo para equipo primario de subestaciones de distribución (som-3531), Dirección de Operación Subdirección de Distribución, Enero 2007.
- [5] Comisión Federal de Electricidad, Procedimiento de Secado en Transformadores de Potencia (GOD-3548), Dirección de Operación Subdirección de Distribución, 16 Junio 2009.
- [6] Comisión Federal de Electricidad, CFE D3100-19 Especificación Aceite Aislante, Agosto 2005, CFE.
- [7] Comisión Federal de Electricidad, Puesta en servicio de transformadores de extra alta tensión. Departamento de Ingeniería de Sistemas, C.F.E.
- [8] How do you treat your EHV transformer and shunt reactors. L. C. Aicher, H. G. Fisher, F. T. Norton. Allis Chalmers. Minutas Doble, 1970.
- [9] Transformer drying. R. F. Casey. Ohio Edison Co. Minutas Doble, 1977.
- [10] Insulated oil and transformer drying. GEI - 65070. General Electric.
- [11] Secado de transformadores en el interior del tanque. R. Frese. IEM.
- [12] M. Horning, J. Kelly, S. Myers, R. Stebbins Guia para el Mantenimiento de Transformadores, Editorial Transformer Maintenance Institute, 2005.