

# LOS TRANSFORMADORES TAMBIEN NECESITAN MANTENIMIENTO

JOSÉ FERNANDO MESA A.

*Profesor Asociado  
Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín*

## RESUMEN

Las costosas fallas de los transformadores, con las consiguientes interrupciones en la productividad, se previenen mediante la implantación de un buen plan de inspecciones que se encuentre a cargo de personas idóneas y un programa de mantenimiento preventivo sistemático. Debido a descuidos, algunos transformadores que aparentemente están funcionando bien, de pronto fallan sin haber dado señales externas de problemas. Esta situación toma una importancia relevante cuando se comienzan a evaluar sus consecuencias posteriores.

Los transformadores son equipos claves para la transmisión del 99% de toda la energía eléctrica. Permiten la generación y transmisión de energía a voltajes relativamente altos, como así también la operación de mecanismos a voltajes relativamente bajos y seguros. Son altamente eficaces y capaces de convertir un 95% de la energía eléctrica que corre de un circuito a otro. Sin los transformadores, los sistemas de distribución eléctrica necesitarían conductores costosos y de gran diámetro, amén de que solo sería factible transmitir la corriente eléctrica a distancias muy cortas.

## PALABRAS CLAVES

Rigidez dieléctrica, resistencia dieléctrica, voltaje dieléctrico, capacidad dieléctrica, cambiador de tomas, incrustaciones escamosas.

## ABSTRACT

The expensive failures of the transformers, with the consequent interruptions in the productivity, are

prevented with the implementation of an adequate plan of the inspections in charge of competent persons and a program of systematic preventive maintenance. Because of carelessness, some transformers that apparently are working well, suddenly fail without giving any external sign of problems. This situation has relevant importance when the posterior consequences begin to be evaluated.

Transformers are key equipments for the transmission of 99% of all the electrical energy. They permit the generation and transmission of energy at relatively secure voltages, as well as the operation of mechanisms at relatively low and secure voltages. They are highly effective and capable of converting 95% of the energy that runs from one circuit to another. Without Transformers, the systems of electrical distribution would need expensive conductors and with great diameter, knowing that it would only be possible to transmit the electrical current at very short distances.

## KEY WORDS

Dielectric strength (break down strength), dielectric resistance, dielectric voltage, dielectric capacity, taps, scumous incrustation.

## 1. UN BUEN CUIDADO ES VITAL

Los transformadores deben ser correctamente seleccionados, instalados y preservados. Desafortunadamente, en razón de que sus componentes esenciales se encuentran escondidos y de que no tienen piezas móviles mucha gente que tiene la responsabilidad de velar por su buen

funcionamiento, erróneamente cree que no requieren mantenimiento preventivo. Esto no es así. Es necesario brindarles una atención periódica. El buen funcionamiento de un transformador depende, en gran parte de la carga que se le imponga y del cuidado que reciba. Cuando se les inspecciona debe tenerse en cuenta los efectos del calor y el deterioro del aceite.

La cantidad de calor generado depende de la carga que pase por éstos. Este calor debe disiparse para que la temperatura se mantenga dentro de límites tolerables. Si el transformador se encuentra refrigerado en baño de aceite, existirá un peligro de incendio en caso de falla (corto circuito). Las reglamentaciones de prevención de incendio establecen que la mayoría de los transformadores en baño de aceite y que están destinados a interiores, deben ser instalados en bóvedas a prueba de incendio. La instalación de las bóvedas no debe quedar disminuida por la adición de construcciones o porque un almacenaje de materiales se encuentre tapando una boca de ventilación. El desagüe del piso debe estar limpio para evitar la acumulación de aceite en caso de derrame.

Debe darse preferente atención al mantenimiento del nivel y la calidad correcta del aceite. El aceite extrae el calor y actúa como un aislador preservando la otra aislación. Cuando se deteriora, el aceite pierde su propiedad para cumplir con estas funciones y en consecuencia el transformador falla.

Existen dos causas por las cuales el aceite se descompone. La humedad y la oxidación. La acción "respiratoria" del transformador inducirá la entrada del aire desde el exterior, el cual es probable que contenga humedad la que se condensará sobre la superficie metálica y la superficie de aceite. Esto es muy probable que ocurra cuando la unidad se encuentra fuera de servicio. La humedad, aunque sea en pequeñísimas cantidades, destruirá las propiedades aisladoras del aceite. Sólo seis partes por millón de agua en el aceite serán suficientes para lograr que la fuerza dieléctrica del aceite decaiga de 30.000 a 21.000 voltios. Diez partes más por millón provocarán una pérdida de resistencia dieléctrica al indeseable valor de 16.000 voltios. Sólo una pequeña

cucharada de agua sería suficiente para disminuir la capacidad aislante de un buen aceite.

La oxidación también es un factor de perturbación para los aceites de transformadores. Se produce cuando el aceite se calienta en presencia de oxígeno, acción ésta que origina un precipitado o una sedimentación.

Estos elementos se depositan en las bobinas y en los conductos, restringiendo el flujo del aceite, lo cual hace que la temperatura se eleve. Los aceites son refinados con el fin de eliminar esta tendencia. A pesar de ello continua siendo necesario evitar altas temperaturas cuando el oxígeno se encuentre presente. Recuérdese que, con el tiempo, todos los aceites habrán de oxidarse. El principal producto de la oxidación es el agua, el gas carbónico, los gases orgánicos, los ácidos grasos, los alcoholes y los peróxidos.

Una falta de mantenimiento en los transformadores origina una baja capacidad dieléctrica del aceite, debido a la humedad, sea porque se encuentre contenida en él o por que sea liberada químicamente, lo que a su vez produce:

- Desgaste del aislamiento por acción química o por impurezas.
- Corrosión de los metales por efectos del agua y de los ácidos.
- Gases orgánicos que crean la posibilidad de una explosión.

En razón de que los transformadores requieren un buen aceite para funcionar sin inconvenientes, se aconseja realizar análisis periódicos para determinar su pureza y poder purificarlo, con tiempo, de ser necesario. La frecuencia de los análisis dependerá de condiciones tales como son la carga y la importancia de la unidad. El aceite de los transformadores de las centrales eléctricas y de otros que se encuentran en las industrias sujetos a servicios críticos, debería ser analizado a intervalos de tres a seis meses. Un análisis anual sería prudente para el de los otros transformadores, cuyos servicios no son tan vitales.

Es necesario un laboratorio bien equipado para poder llevar a cabo análisis precisos.

## **2. PROCEDIMIENTOS PARA TOMAR MUESTRAS DE ACEITE**

La muestra de aceite debe ser tomada con mucho cuidado para evitar que se contamine. Úsese una botella de vidrio limpia, de una capacidad no menor de un cuarto de litro. La botella deberá ser enjuagada con benceno y quedar totalmente seca. A continuación se le colocará en un horno para liberarla totalmente de humedad e inmediatamente se le colocará un corcho.

Antes de tomar la muestra limpiar la válvula del transformador y asegurarse que la botella se encuentre más caliente que el aire circundante. No debe tomarse muestra cuando haya humedad, cuando está nevando o lloviendo. Se drenará en un recipiente aparte, aproximadamente un litro para eliminarlo, ya que esta muestra no es representativa al existir la posibilidad de que contenga humedad. Llenar parcialmente la botella de muestra con aceite del transformador, a fin de enjuagarla con éste. Después de haber eliminado el aceite, llenar la botella e inspeccionar la muestra visualmente. Si el color no es uniforme o si se observan gotas de agua, esa muestra debe ser desechada y se tomará otra. Al obtener una muestra satisfactoria, se tapará la botella herméticamente y se analizará su contenido inmediatamente después.

Pueden hacerse varios análisis para juzgar el estado del aceite. He aquí la información que se requiere:

Rigidez dieléctrica - 22.000 voltios; Acidez (neutralización) 0.2 max. Tensión interfacial - 20. Color - 2 mínimo.

Los electricistas industriales generalmente consideran que el análisis dieléctrico es el más importante. Sin dejar de serlo, también los otros tienen un valor muy significativo. La tensión interfacial revela la presencia de productos nocivos para el aceite. Se la determina por la fuerza separadora que se requiere para hacer pasar un anillo

común a través del punto en que se une una capa de aceite con otra de agua.

El aceite del transformador moderno, cuando es nuevo, tiene un color semejante al de la cerveza pálida. El color se irá oscureciendo a medida que se descompone. Al color, cuando es nuevo, se le asigna el número uno, cuando es el momento de recuperarlo el número tres.

El aceite debe ser reemplazado cuando se le encuentra fuera de lo normal. Debido a que el aceite usado puede ser reconstituido para dejarlo como nuevo por la cuarta parte o la mitad de su valor original, generalmente es conveniente reprocesarlo. Los consumidores importantes pueden contar con un filtro prensa para la extracción de la humedad y recuperación, a un voltaje dieléctrico de por lo menos 25.000 voltios. Existen comercialmente unidades móviles que pueden reconstituir el aceite a la graduación deseada.

Algunos transformadores usan aceites sintéticos conocidos como "askarels". Las marcas de fábrica son "Inerteen", "Pyranol" y "Clorextol". Estos aceites no son combustibles y no son explosivos, además de tener una fuerza dieléctrica más alta que la de los aceites minerales. Son sin embargo, susceptibles a los mismos problemas de degradación que los demás aceites, de manera que deben tomarse las mismas precauciones. Los "Askarels" pueden ser reconstituidos mediante un reproceso, aunque requieren distintos dispositivos separadores, sin embargo están prohibidos, ya que son altamente tóxicos y contaminantes.

## **3. INSPECCION EXTERNA**

Es vital el examen de los componentes externos como son: los aisladores, el tanque, los accesorios, las empaquetaduras, los conductores, la puesta a tierra y el pararrayos.

### **Los aisladores**

Muchas fallas de transformadores ocurren debido a que tienen aisladores defectuosos. Estos deben estar siempre limpios y ser reemplazados ante cualquier

signo de deterioro. En algunas instalaciones donde el aire pueda contener sustancias que se adhieran o acumulen rápidamente, un compuesto siliconado le aumentará considerablemente su resistencia aisladora. El compuesto siliconado es aplicado mediante atomización.

#### **El tanque, los accesorios y las empaquetaduras**

La coraza y todos los orificios que llevan empaquetaduras deben ser mantenidos libres de pérdida de aceite. Una pérdida en el tanque puede indicar una grave corrosión interna o soldaduras defectuosas. Deben repararse inmediatamente los accesorios y las juntas con empaquetaduras que tengan pérdidas.

#### **Conexiones y conductores**

Muchas fallas se deben a conexiones eléctricas defectuosas. Frecuentemente se ha observado que las que están fuera de la coraza del transformador se encuentran dañadas a pesar de lo fácil que es descubrirlas y repararlas. El que una conexión haya sido bien hecha, no significa que permanecerá así indefinidamente. En muchos casos la decoloración de la barra colectora evidenciará que hay un sobrecalentamiento. Un aislamiento ampollado o una soldadura fundida cerca del talón, son signos delatores de fallas.

#### **Puesta a tierra**

Una buena puesta a tierra para el tanque es una importante medida de prevención para eliminar un peligro de electrocución en caso de que el circuito interno o externo se ponga en contacto con el tanque. Examine cada seis meses los acoples a la coraza y el conductor a tierra. La resistencia a tierra no debe exceder de 5 ohmios.

#### **Pararrayos**

Las ondas inducidas por los rayos son causas de fallas frecuentes. La solución está en instalarles un pararrayos adecuado y moderno. El sistema de puesta a tierra deberá ser examinado, por lo menos anualmente, debido a su importancia en lo que se refiere a la prevención de daños por fuertes descargas eléctricas. La resistencia del circuito a tierra debe ser baja, no más de cinco ( 5 ) ohmios y preferiblemente

menor. El diámetro del conductor debe estar de acuerdo con las normas. El pararrayos no debe tener señales de daños, como son conectores rotos o la porcelana de los aisladores astilladas.

#### **Inspección interna**

Es de relevante importancia el inspeccionar el núcleo y las bobinas de un transformador, para lo cual se vaciará el contenido de aceite y se retirará el tanque. La frecuencia de estas inspecciones dependerá del tipo de unidad y la índole de servicio al transformador. Las unidades que están sometidas a un servicio severo, tales como son los que alimentan hornos eléctricos o rectificadores de potencia, deberán ser inspeccionados cada seis años. Los transformadores no sellados deberán ser abiertos cada tres años y los sellados podrán operar hasta diez años sin inspecciones internas.

Los exámenes internos deben determinar las condiciones en que se encuentren los tabiques aisladores, las interconexiones y el aislamiento. Los paneles de bornes, los cambiadores de tomas (taps) y las conexiones deben ser inspeccionadas cuidadosamente. Eliminar totalmente cualquier adherencia de sedimentos.

#### **Resistencia aisladora**

Un examen megohmétrico anual dará una buena pauta sobre las condiciones generales de la aislación. El examen deberá ser tomado del primario y del secundario a tierra y entre el primario y el secundario. Pueden usarse varias normas para juzgar los resultados. Las tablas dan valores considerados aceptables.

#### **Temperatura**

Si se desea que el bobinado tenga una vida normal útil, la carga impuesta a un transformador debe ser mantenida dentro de límites apropiados. La placa de la unidad generalmente especificará la temperatura máxima aceptable, lo cual depende del tipo de aislamiento y diseño. Si el transformador se encuentra dotado de un indicador de puntos calientes, esta máxima estará limitada a los 65°C, para un aislamiento de la clase A. Si el transformador está dotado de un indicador de temperatura para líquidos,

la máxima permisible será de 50°C. Agréguese esta lectura a la temperatura del ambiente o del aire circundante. Para las unidades que poseen indicadores de temperatura para líquidos, es normal agregarle 15°C para ponerse a tono con el indicador para puntos calientes. Para operaciones continuas, la temperatura más elevada de puntos calientes no deberá exceder de los 95°C. Si el transformador es refrigerado por agua, la temperatura de entrada y salida debe ser controlada diariamente para detectar cualquier cambio anormal. Tal cambio podría indicar una deficiente circulación de agua o incrustaciones escamosas, lo cual no deja que el agua absorba el calor.

#### **Dispositivos protectores**

El que un transformador deba tener un sistema protector simple o elaborado, dependerá del tamaño, las interconexiones y la importancia del servicio que preste la unidad. Las alarmas para alta temperatura son convenientes. Estas permiten hacer ajustes antes de que se produzcan importantes interrupciones del servicio. Los relés de sobrecarga, los fusibles y la protección diferencial, deben ser seleccionados en función de los requerimientos del sistema. Estos dispositivos deben ser probados y calibrados cada seis meses.

#### **Precauciones**

Antes de realizar cualquier tarea que requiera un contacto físico real con un transformador, deberá tenerse sumo cuidado en asegurarse de que la unidad se encuentre totalmente desenergizada desde su fuente de alimentación. No habrá de confiarse en un sólo interruptor de circuito como medio de aislamiento. Desconéctense los interruptores o sáquense los fusibles tanto en el primario como en el secundario. Deberán hacerse verificaciones con los instrumentos adecuados para asegurarse de que no ha quedado una carga potencial. Luego instálese una buena toma a tierra desde las bobinas a masa y no hay que retirarla hasta haber concluido la tarea.

#### **4. REFERENCIAS**

1. BROWN BOVERI. Industrial Cánepa Tobiní S.A. Transformadores e instrucciones de servicio y mantenimiento. V2-001 -76
2. G. OESCH, H.P. SCHATZL. Moderns methods for the condictioning of transformer oils and maintenance of transformer. Mica Fil News, Zurich, MNV 50/zc, 1984
3. ISA, Primer seminario de mantenimiento y sistemas eléctricos. Medellín, 1981, Vol3
4. LAMPE, W.; SPICAR, Erich; CARRENDER, K. El análisis de gases, medio para supervisar transformadores de potencia. ASEA, Vol2, 1986
5. TRAFÓ UNIÓN. Aceite de transformadores y prescripciones para su tratamiento. 1985