

LO QUE SE DEBE SABER SOBRE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN ACEITE

Armando Aguilar Sánchez
Director CEA
asesortecnicoaei@gmail.com

Citar: J. PAIME, **2025**, 3, 65-67
30 junio de 2025

Resumen Los transformadores de distribución en aceite son esenciales para garantizar un servicio confiable en la industria y la vida cotidiana. Su funcionamiento depende de la preservación de los aislamientos sólidos (papel y pressboard) y líquidos (aceite dieléctrico), los cuales se degradan con el tiempo debido a factores como temperatura, humedad y oxidación. La humedad es especialmente crítica, ya que reduce significativamente la vida útil del papel, mientras que el aceite puede regenerarse. El sistema de preservación del aceite juega un papel clave, siendo los sistemas herméticos más efectivos, pero menos comunes en transformadores de distribución debido a su costo. El análisis del aceite permite evaluar el estado interno del transformador, detectando fallas incipientes y niveles de degradación. Para garantizar un servicio prolongado y seguro, se recomienda realizar un mantenimiento preventivo que incluya análisis periódicos del aceite, verificación del sistema de protección y revisión del sistema de refrigeración. Estas acciones aseguran un funcionamiento confiable y una vida útil prolongada del equipo.

Abstract. Oil-immersed distribution transformers are essential for ensuring reliable service in both industrial and everyday applications. Their performance depends on the preservation of solid (paper and pressboard) and liquid (dielectric oil) insulation, which degrade over time due to factors such as temperature, moisture, and oxidation. Moisture is particularly critical, as it significantly reduces the life time of the paper insulation, whereas the oil can be regenerated. The oil preservation system plays a key role, with hermetic systems being the most effective. However, they are less common in distribution transformers due to their higher cost. Oil analysis allows for assessing the transformer's internal condition, detecting incipient faults and degradation levels. To ensure long-term and safe operation, preventive maintenance is recommended, including periodic oil analysis, protection system checks, and cooling system inspections. These measures ensure reliable performance and extended equipment lifespan.

Palabras clave: Transformadores de distribución, aceite dieléctrico, aislamientos sólidos, humedad, oxidación, sistema de preservación, análisis del aceite, mantenimiento preventivo, tiempo de vida, confiabilidad.

INTRODUCCIÓN

Los transformadores son vitales en la industria y de una manera general, en la vida misma. Cuando un transformador sale de servicio, se afectan severamente la actividad empresarial y la vida cotidiana. Por esta razón, es muy importante asegurar un servicio confiable e ininterrumpido de los mismos. En armonía con este objetivo, es necesario conocer las medidas y las acciones que se deben realizar para lograr este propósito.

AISLAMIENTOS

El transformador utiliza como aislamientos principales el *papel* (celulosa) y el *aceite*. Ambos materiales se degradan con el tiempo, principalmente por efecto de la temperatura, la humedad y el oxígeno. La degradación del papel es irreversible y, por tanto, determina el tiempo de vida del transformador. En cambio, el aceite puede recuperarse mediante procesos de filtrado o regenerado.

Uno de los factores más determinantes en el envejecimiento del papel es el contenido de humedad. Estudios de laboratorio han demostrado que, al duplicarse la humedad en el aislamiento sólido (papel y pressboard), la vida útil de estos materiales se reduce a la mitad. Por ello, es vital que dichos aislamientos se mantengan lo más secos posible. La humedad puede ingresar al transformador por diversas vías: un secado deficiente durante su fabricación, ingreso de humedad del ambiente por el sistema de respiración del transformador, pérdida de estanqueidad del tanque, o como subproducto de la oxidación del aceite.

Respecto al aceite dieléctrico, cumple funciones esenciales: aísla, refrigera y, quizá lo más importante, protege al papel impidiendo que entre en contacto con la humedad y el oxígeno. Por ello, la elección del sistema de preservación del aceite es clave. De acuerdo a las principales normativas que rigen la fabricación de los transformadores (IEEE e IEC), existen, de manera general, dos tipos de sistemas de preservación del aceite: aquellos en los que el aceite tiene contacto con el ambiente (sistemas de conservación con conservador y libre respiración), y aquellos en los que no tiene contacto con el ambiente debido a la utilización de un tanque hermético o el uso de un bladder. En transformadores de potencia, donde el volumen de aceite es considerable, se suele utilizar un tanque de expansión equipado con un bladder (vejiga) o membrana. Este sistema evita el contacto del aceite con el oxígeno del aire, reduciendo significativamente la tasa de oxidación. Sin embargo, su costo relativamente alto ha limitado su aplicación en transformadores de distribución, donde predominan sistemas abiertos o con respirador desecante.

De lo anterior se puede concluir que, si logramos mantener los aislamientos sólidos libres de humedad y el aceite dieléctrico sin un proceso de oxidación significativo, podremos garantizar un servicio prolongado, seguro y confiable del transformador.

ANÁLISIS DEL ACEITE

Afortunadamente, el aceite del transformador es comparable a la sangre en el cuerpo humano: mediante su análisis es posible obtener valiosa información sobre el estado interno del equipo. Por ejemplo:

- Un **análisis físico-químico** permite conocer el estado de envejecimiento del aceite.
- El **análisis cromatográfico de gases disueltos (DGA)** detecta fallas incipientes en la parte activa del transformador.
- El **análisis de furanos** informa sobre el nivel de degradación del aislamiento sólido (papel y pressboard).
- También pueden determinarse la presencia de **PCB** (bifenilos policlorados) y **azufre corrosivo**, sustancias que comprometen la seguridad del equipo.

En la actualidad, muchas empresas especializadas ofrecen estos análisis y pruebas para evaluar el estado de los aislamientos del transformador. La frecuencia con que se deben realizar estos controles y pruebas depende del diagrama de carga del transformador, del medio ambiente en el que se encuentra instalado (temperatura, altitud, grado de polución, humedad, salinidad, vapores ácidos etc.), del modo de refrigeración, del sistema de preservación del aceite y del grado de protección que se ha previsto. En la práctica y cuando se trata de unidades nuevas es recomendable realizar un primer análisis antes de la puesta en servicio, luego realizar un segundo análisis y pruebas después de 1 mes de servicio. Si el resultado es satisfactorio, realizar un tercer análisis y pruebas a los 3 meses y, si todo marcha bien, continuar los controles y pruebas con una frecuencia anual. Tan importante como este seguimiento es verificar si la protección del transformador está bien dimensionada, correctamente instalada, correctamente ajustada (seteada) y si está operativa.

CONCLUSIONES

En resumen, podemos decir que para garantizar un tiempo de vida razonable del transformador y un servicio seguro y confiable del mismo se debe realizar:

- 1.- Un seguimiento del deterioro y envejecimiento de sus aislamientos sólidos y líquidos, mediante análisis del aceite y pruebas (medida de la resistencia del aislamiento, medida de la relación de transformación y grupo de conexión, medida de la resistencia óhmica de los

arrollamientos, medida de la tangente delta), evitando que sus características se degraden a un extremo que puedan comprometer la vida del transformador provocando su salida de servicio.

2.- Verificación periódica del correcto funcionamiento del sistema de protección.

3.- Revisión del sistema de refrigeración, adoptando medidas correctivas para evitar sobre temperaturas que aceleren el envejecimiento de los aislamientos y provoquen fallas prematuras.

Estas acciones forman parte del mantenimiento preventivo del transformador. Su correcta programación e implementación permiten garantizar un funcionamiento confiable, seguro y con una expectativa de vida prolongada del equipo.