



## TEORICO-EXPERIMENTALES

# UN ANÁLISIS SOBRE LAS FALLAS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN CUBA

Dora Terrero Janer

Orestes Hernández Areu

Julio del 2001

**RESUMEN /ABSTRAC**

Se presenta un resumen histórico de cómo se han manifestado físicamente, las fallas en transformadores de distribución en Cuba, con el objetivo final de brindar una herramienta que sea útil al especialista para la correcta detección y análisis de las mismas.

**Palabras claves:** transformadores, transformadores de distribución, fallas en transformadores.

*A historic abstrac is presented about the physics manifestation of the distribution transformers faults in Cuba, with the final objeive of give a usefull tool for the specialists in the proper detection and analysis of them.*

**Key words:** *transformers, distribution transformers, faults in transformers.*

## INTRODUCCION

A partir del año 1995, se comenzó a generalizar de forma efectiva en Cuba, un programa de la Unión Nacional Eléctrica (UNE), para reducir los índices de mortandad de transformadores de distribución.

Este programa estableció, la obligatoriedad del cumplimiento de las normativas que están establecidas para casos de fallas en transformadores de distribución.

Estas normativas recogen, entre otras instrucciones, el registro en una planilla, de las condiciones generales y particulares, tanto atmosféricas, como operacionales y físicas en que se encuentra el transformador en el momento en que ocurre su avería, así como la posterior inspección técnica del mismo en un taller especializado.

Como resultado del cumplimiento de esta estrategia, se llegó a un proceso estadístico más realista, se pudieron conocer mejor las causas del fenómeno bajo estudio y se observó un resultado más efectivo en la reducción de los efectos, de este fenómeno, sobre la operación del sistema electroenergético nacional (SEN) en general, es decir, comenzó a disminuir el índice de fallas de transformadores de distribución.

## FALLAS MÁS COMUNES EN TRANSFORMADORES

Las averías que con más frecuencia se presentan en los transformadores son las siguientes:

### 1- Sobrecarga:

Esta falla puede tener distintos orígenes:

- a) Que el transformador esté trabajando a un régimen de carga no adecuado para su capacidad nominal.
- b) Que el transformador esté trabajando bajo temperaturas ambientales superiores a las establecidas en las bases de su diseño.
- c) Que el circuito secundario asociado al equipo sea más largo que lo establecido y ocurra un cortocircuito en un punto alejado del mismo. Este cortocircuito tendría involucrada una impedancia lo suficientemente alta para que la corriente no llegue a la magnitud para la cual las protecciones son sensibles, quedando el transformador conectado en el sistema, alimentando este cortocircuito con una corriente que para él es de sobrecarga.
- d) Que el transformador no sea capaz, por diseño, de servir la potencia que se especifica en su placa de datos nominales.

### 2- Sobretensiones:

Esta falla es causada por operaciones en el sistema, como por ejemplo, la ferresonancia, aún no comprobada en Cuba, pero de alta incidencia en el mundo o de origen

atmosférico (rayo) que ocurre cuando el transformador no está debidamente protegido, bien sea por ausencia o mal estado del pararrayo o bajante de tierra, y también cuando la impedancia de aterramiento tiene un valor excesivo.

### 3- Cortocircuito externo:

Esta falla que ocurre cuando el transformador se ve expuesto a cortocircuito por ramas, árboles problemas en cometidas o circuitos secundarios. Está matizada por dos condiciones de operación del equipo:

- a) Cuando el transformador no está protegido o no está correctamente protegido contra sobrecorrientes y queda expuesto un tiempo excesivo al cortocircuito.
- b) Cuando el transformador está protegido correctamente contra sobrecorrientes y es sacado rápidamente al ocurrir el cortocircuito.

### 4- Problemas internos:

Es la falla que ocurre por falta de hermeticidad y entrada de humedad en los equipos, falsos contactos en el conmutador, terminales de salidas partidos bajo nivel de aceite, diseño deficiente o defectos por mala manipulación en general.

Los problemas internos pueden presentarse en dos modalidades:

- a) Problemas en la alta tensión.
- b) Problemas en la baja tensión.

### 5- Mala manipulación:

Esta falla ocurre cuando no se toman todas las medidas y cuidados suficientes para manipular el equipo. Debido a esto pueden surgir defectos durante la fabricación, el despacho y la transportación o posteriormente, durante las actividades de recepción, instalación y explotación.

## ANÁLISIS DE FALLAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION EN EL PERIODO ANTERIOR A 1995

A partir de los análisis realizados de acuerdo al programa establecido para la disminución del índice de mortalidad en transformadores de distribución, pudo constatarse por las inspecciones post-averías realizadas a los equipos en los talleres, que las fallas se presentaban, en apariencia, con ciertas diferencias a las apreciadas en años anteriores a 1995.

Es decir, se pudo comprobar, que anterior al año 95, en la mayoría de los casos, se podía observar con relativa claridad en su manifestación física, tres tipos esenciales de averías características que se evidenciaban de la siguiente forma:

- 1- Si la falla era nítida en el aislamiento, pudiéndose apreciar trazos de carbón o trayectoria de arco entre los

devanados altos y baja tensión o perforación del material celulósico o hasta deposiciones de pequeñas partículas de cobre alrededor de estas perforaciones y además, si estos elementos observados coincidían con aceite aparentemente limpio, se podía presumir que era una falla por rayo. Esto se confirmaba con el reporte de la Organización Basica Electrica (O.B.E.) sobre descargas atmosféricas.

2- Si la falla se manifiestaba con devanados completamente quemados, aceite ennegrecido, altamente contaminado con carbón y fetidez características, sin otro elemento apreciable a la inspección, se podía presumir avería por sobre carga.

3- Por último, si la falla se manifestaba con algún desplazamiento en las aspiras o capas de algún devanado o deformación de estos, pudiendo haber o no aceite ennegrecido, entonces se podían concluir avería por cortocircuito.

## **ANÁLISIS DE FALLAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN EL PERIODO DE 1995 1998 <sup>[1]</sup>**

Durante los años 1995 al 1998, según inspecciones realizadas en el taller de transformadores del OBE C. Habana, solamente se manifiestaban las fallas de las siguientes formas:

1- Fallas en apariencia, por sobre carga con la misma manifestación a la anteriormente descrita es decir, devanados completamente quemados y aceite ennegrecido por la contaminación de carbón.

2- Fallas con los mismos síntomas de la anterior pero además, con devanados desplazados y en algunos casos hasta núcleos careados.

En ambos casos era prácticamente imposible decidir si la causa primaria que originó la falla fue cortocircuito, sobrecarga o el fallo del aislamiento por cualquier razón.

Esto venía dado por el hecho de que, en el estado en que se encontraban los devanados (completamente impregnados de lodo y aceite muy quemados) no era posible detectar a simple vista las trazas de una descarga atmosférica o de un fallo cualquiera del aislamiento que haya sido la causa primaria de la avería.

Las formas en que se han descrito estas manifestaciones de los fallos son una muestra, de falta de sensibilidad en las protecciones contra sobrecorrientes (fusibles) en los transformadores o ausencia de las mismas, ya que en casi todos los equipos inspeccionados habían pruebas de fallas mantenidas o quemadas, durante las cuales, el equipo no había sido sacado de servicio con la celeridad adecuada.

A partir del año 1998, con la recuperación sustancial de la economía nacional, fueron posibles la materialización efectiva de las medidas necesarias para reducir los índices de mortan-

dad de transformadores nacionalmente. Esto conllevó a una reducción de este indicador, de valores mayores de 4 % entre los años 1995 y 1998 a valores actuales inferiores del 4 %.

## **ANÁLISIS DE FALLAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SEN**

**-Análisis de defectos antes del período de explotación del transformador.**

En estos momentos, la cultura y disciplina técnica alcanzadas por las entidades especializadas en la fabricación, reparación, mantenimiento y explotación de transformadores de distribución, permite elevar el nivel de exigencia y control en la actividad.

Ya actualmente, en las OBEs, existen normativas que en mayor o menor grado hacen una "historia clínica" desde que reciben transformadores nuevos. Estas "historias clínicas", en mayor o menor grado, son contentivas de las observaciones que deben realizarse para la detección de defectos de manipulación iniciales en fábrica o transportación, y el funcionamiento de sus accesorios, en este artículo se propone inspeccionar, concretamente, los siguientes aspectos <sup>[2]</sup>:

- Herrajes y conectores flojos
- Aisladores flojos o rotos
- Tapa del tanque floja
- Golpes en el tanque, radiadores o en la tapa.
- Fugas de aceite debidas a golpes
- Falta o rotura de válvula de sobrepresión
- Rotura del indicador externo del nivel de líquido refrigerante
- Accionamiento del cambiador de derivaciones
- Otros accesorios externos.

**-Análisis de defectos en el transformador, posterior a la avería**

### **Fallas debida a la sobrecarga**

Cuando un transformador falla debido a sobrecarga, se presentan algunos de los siguientes indicios <sup>[2]</sup> :

- Terminales de los devanados decolorados y reblandecidos.

- Papel aislante de las salidas de baja tensión y de la bobina quebradizo
- Aceite ennegrecido y con formación de lodo en el tanque.
- Aisladores de baja tensión amarillentos y la pintura interior del tanque deteriorada.
- Manchas o marcas de nivel en la pintura interna demarcando el nivel del aceite.
- Si un transformador ha sido mal conectado y toda la carga se aplica a una sola bobina, se observa una bobina en buen estado y la (s) otra (s) dañada (s).

La constatación de alguna de las características descritas anteriormente define automáticamente la falla como "sobrecarga".

#### **Fallas debidas a sobretensión**

Cuando un transformador falla debido a sobretensiones, se pueden observar algunos de los siguientes daños:

- Se observa cortocircuito entre las espiras pertenecientes a las primeras o últimas capas de alta tensión.
- Externamente puede observarse también ennegrecido uno de los aisladores de alta tensión.
- Algunas veces la bobina descarga al núcleo o al tanque pudiendo estar los mismos parcialmente fundidos.
- Perforación del aislamiento en los terminales de A.T.
- Puede presentarse evidencia de descarga entre los devanados de alta y baja tensión.
- A veces se observa el conmutador fundido o evidencia de descarga entre los pines o terminales del conmutador.

#### **Fallas debidas a cortocircuito externo**

Cuando un transformador falla debido a cortocircuito externo con una mala o inexistente operación de las protecciones o con conexiones erradas, se pueden observar algunos de los siguientes daños:

- La bobina se presenta con devanados desplazados uno con respecto al otro. Es obvio que, a consecuencia de esto, posteriormente pueden manifestarse otras fallas de aislamiento.
- Cambio de color en los empalmes.
- Presencia de esquirlas en las bobinas.
- Rastros de carbón en el conmutador.

- Aceite ennegrecido.

Cuando un transformador ha fallado debido a cortocircuito, pero las protecciones operan correctamente, se observa el transformador con bobina desplazada, sin ennegrecimiento de aceite.

#### **Fallas por problemas internos en alta tensión**

Cuando un transformador ha tenido problemas internos en alta tensión, se pueden observar algunos de los siguientes daños:

- Una falla entre conductores de alta tensión por defecto en el aislamiento entre conductores, provoca un cortocircuito en alta tensión y ningún daño en baja tensión.
- No hay continuidad en alta tensión. Si se desarma capa por capa la alta tensión, una vez alcanzado el punto de la falla, se observa por lo menos una o algunas capas quemadas y las espiras adyacentes con el esmalte o papel quemado.
- Descargas parciales localizadas.
- Rotura del tanque.
- Arco entre terminales y tierra.
- Espiras movidas o flojas.
- Papel suelto.
- Calentamientos localizados.
- Terminales reventados.
- Mal conexión del cambiador de derivaciones.
- Fallas en el aislamiento de los alambres o entre conductores o capas.

#### **Fallas por problemas internos en baja tensión**

Cuando un transformador ha tenido fallas en baja tensión, se pueden observar algunos de los siguientes daños:

- El aceite se presenta deteriorado. La baja tensión, una vez desarmada, muestra abundante signo de recalentamiento localizado, papel carbonizado, señales de fusión del conductor.
- Presencia de objetos extraños.
- Calentamientos localizados.
- Grupo de conexión (cuando afecte).

- Calentamiento en los terminales.
- Aflojamiento de conexiones internas.
- Fallas en el aislamiento de los alambres o entre conductores o capas.

#### **Fallas debidas a mala manipulación durante su recepción, instalación o explotación**

Cuando un transformador falla debido a mala manipulación durante su recepción, instalación o explotación, se pueden observar algunos de los siguientes daños, siempre y cuando exista constancia de que no ocurrieron previo a estas actividades:

- Rotura de conmutadores al accionarlos erróneamente.
- Rotura de aisladores.
- Daño o ausencia de la válvula de sobrepresión, cuando haya sido suministrada.
- Rotura del piloto de sobrecarga en transformadores autoprottegidos.
- Daño en el mecanismo de operación del piloto de sobrecarga en transformadores autoprottegidos.

#### **Fallas debidas a la humedad en el aceite**

Cuando un transformador ha fallado debido a la humedad en el aceite, se pueden observar algunos de los siguientes daños.

- Perforaciones varias en las bobinas.
- Presencia de compuestos polares diferentes al agua.
- Humedad en las bobinas.
- Luz de sobrecarga encendida (en transformadores autoprottegidos).

En general, la entrada de humedad, es el resultado de la existencia de juntas en mal estado o removidas o de daños provocados por la mala manipulación.

#### **CONCLUSIONES**

Como conclusiones de este artículo se pueden plantear las siguientes:

- 1- Existen casos en los cuales es muy difícil establecer la causa primaria a la falla, debido a que pudiera inicialmente ocurrir un evento, como por ejemplo un cortocircuito externo de

pequeñas proporciones que desplaze ligeramente una bobina o saque de lugar alguna espira extrema y reduzca las distancias aislantes provocando un fallo del aislamiento interno del transformador.

2- Todas las fallas descritas en el presente artículo, tienen su origen en la responsabilidad de alguna entidad, ya sea la entidad que fabrica el equipo, la que transporta, la que recibe e instala o la que explota, por lo que conociendo reconociendo donde recae la responsabilidad, es posible actuar de manera más efectiva sobre las causas de averías.

3- ¿Si la avería se manifiesta como falla por cortocircuito externo cuando el transformador no está protegido o no está correctamente preservado contra sobrecorrientes y queda expuesto un tiempo excesivo al cortocircuito, es responsabilidad de la entidad explotadora del equipo.

4- Si la avería se manifiesta como falla por cortocircuito externo cuando el transformador está protegido correctamente contra sobrecorrientes y es sacado rápidamente al ocurrir el cortocircuito, la responsabilidad es del fabricante por no proveer al equipo de un diseño adecuado para resistir los esfuerzos electrodinámicos de los cortocircuitos.

5- Cuando exista duda sobre la responsabilidad en las conclusiones 3 y 4, es necesario efectuar la prueba de cortocircuito dinámico a un prototipo de idéntico diseño al fallado o solicitar el reporte del ensayo realizado y así obtener la información de la capacidad real del equipo para soportar esta contingencia.

6- Para definir donde recae la causa de falla por sobrecarga cuando no son evidentes condiciones inapropiadas de explotación del transformador, es necesario efectuar la prueba de calentamiento a un prototipo de idéntico diseño al fallado o solicitar el reporte del ensayo realizado y así obtener la información de la capacidad real del equipo y sus posibilidades de cargabilidad.

7- Para definir la responsabilidad del fallo por sobretensión del equipo cuando aparentemente las condiciones de protección del mismo son adecuadas, es necesario efectuar las pruebas de impulsos a un prototipo de idéntico diseño al fallado o solicitar el reporte del ensayo realizado y así obtener la información de la capacidad real del equipo para soportar esta contingencia.

8- Cuando a todos los transformadores que se reciben en una OBE se le practican las inspecciones y ensayos de recepción, la probabilidad de fallo durante su explotación disminuye ostensiblemente.

#### **REFERENCIAS**

- 1- D. Terrero Janer. Un análisis sobre la actividad de recuperación de transformadores de distribución en el OBE C. Habana. Informe Técnico. Cuba. 1999.
- 2- Comité de transformadores del ICONTEC. 2000. Proyecto de guía para reclamaciones de transformadores de distribución.

## **AUTORES**

Dora Terrero Janer.  
Ingeniera Electricista.  
Jefa de la Sección Técnica de la Fábrica de Transformadores Latino.  
OBE, Ciudad Habana.

Orestes Hernández Areu.  
Ingeniero electricista.  
Doctor en Ciencias Técnicas.  
Jefe del Grupo de Alta Tensión.  
Centro de Investigación y Pruebas Electroenergéticas.  
ISPJAE  
Email: orestes@cipel.ispjae.edu.cu