

Revisión del Análisis de Respuesta en Frecuencia (SFRA) para Evaluación de Desplazamientos y Deformaciones de Devanados en Transformadores de Potencia

J. Secue, E. Mombello, *Senior Member, IEEE* y C. V. Cardoso

Resumen—El análisis de la respuesta en frecuencia por el método de barrido frecuencial SFRA (*Sweep Frequency Response Analysis*) es una técnica de diagnóstico para detectar deformaciones y desplazamientos (entre otras fallas eléctricas y mecánicas) de devanados de transformadores de distribución y de potencia. El SFRA como técnica de diagnóstico debe integrar las mediciones *off-line* y la interpretación de los registros para dar una valoración adecuada de la condición de los devanados. Sin embargo, no existe una guía de medición SFRA y tampoco una metodología para la interpretación de los registros, la cual usualmente es realizada por expertos. En este trabajo se presenta una revisión de las variantes encontradas en cuanto a la metrología SFRA e interpretación de los registros.

Palabras clave—Transformador, análisis de la respuesta en frecuencia, desplazamiento de devanados, deformación de devanados.

I. INTRODUCCIÓN

El alto porcentaje de fallas mecánicas en transformadores de potencia como consecuencia de la deformación y el desplazamiento de los devanados hace necesaria la implementación de una técnica sensible en la detección de este tipo de daño mecánico. Algunas de las técnicas de diagnóstico implementadas para este propósito son:

- Medición de la impedancia de corto circuito
- Análisis de la respuesta en frecuencia – FRA (Frequency Response Analysis) realizada por los métodos:
 - ✓ Impulso de bajo voltaje. Low Voltage Impulse LVI
 - ✓ Barrido frecuencial. SFRA
- Medición de Vibración mecánica
- Medición de la respuesta en frecuencia de pérdidas parásitas.

Estudios comparativos de estas técnicas de diagnóstico señalan que la medición de la Respuesta en Frecuencia por cualquiera de los dos métodos es la técnica más sensible en la

detección de este tipo de fallas. La medición de la respuesta en frecuencia se fundamenta en el concepto de que las variaciones debidas a deformación y desplazamiento de los devanados en el transformador se reflejan en un cambio de los parámetros L, C, y R del circuito equivalente del devanado, modificando así su respuesta en frecuencia.

Los trabajos realizados en [1]-[11] permiten establecer las diferencias existentes entre SFRA y LVI e identificar algunas ventajas del SFRA sobre el LVI tales como mejor relación señal/ruido y repetibilidad.

Por definición general el SFRA consiste en realizar la medición en los devanados del transformador de la magnitud y la fase, ya sea de la Impedancia ó Función de transferencia, cuando se les aplica una señal sinusoidal en una banda amplia de frecuencias, comparando luego las mediciones con un conjunto de registros de referencia, pudiéndose tratar de registros del mismo transformador (mediciones homólogas), de registros de otro transformador con igual diseño, o también de registros pertenecientes a las otras fases del mismo transformador (mediciones Inter-Fases).

Esta definición general ha dado paso a que aspectos relacionados con la metrología SFRA y el diagnóstico mismo no hayan sido unificados. En este trabajo se presenta una revisión del método SFRA, describiéndose en la sección II aspectos relacionados con la metrología. En la sección III se presentan aspectos relacionados con la sensibilidad del método en la detección de fallas y las metodologías propuestas para realizar el diagnóstico. En la sección IV se identifican fuentes de imprecisión e incertidumbre presentes en la medición y diagnóstico SFRA.

II. METROLOGÍA SFRA

Para analizar la metrología SFRA se definen conceptos generales relacionados con el tema:

Mensurando: Magnitud específica a medir.

Procedimiento de medición: Conjunto de operaciones, descritas de forma específica, usadas en la ejecución de las mediciones de acuerdo a un método de medición dado.

Principio de medición: Fundamento científico del método de medición.

A. A. Mensurando SFRA

En el método SFRA es posible realizar la medición de la

Este trabajo fue parcialmente financiado por el DAAD (Servicio Alemán de Intercambio Académico).

J. Secue, E. Mombello pertenecen al Instituto de Energía Eléctrica-IEE, Universidad Nacional de San Juan-UNSJ, Argentina. (e-mail: janneth.secue@gmail.com, mombello@iee.unsj.edu.ar).

C. Cardoso pertenece a la Universidad de Sao Paulo, Brasil (e-mail: cavica@usp.br).