

BOLETÍN DE GESTIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL TRANSFORMADOR (TLM):

Desmagnetización del núcleo del transformador

La magnetización residual se produce por el acero en el núcleo magnético que mantiene la polaridad magnética debido a la tendencia de cualquier material magnético de almacenar energía. La interrupción de la excitación normal de CA, la prueba de resistencia de devanado de CC, la desconexión del transformador y los fenómenos geomagnéticos pueden ser fuentes de magnetismo residual.

La condición de un núcleo magnetizado residualmente no es un fallo como tal. Sin embargo, puede dar como resultado altos valores de corrientes y, por tanto, potencialmente perjudiciales (que superan la corriente nominal del transformador en un orden de magnitud o más) cuando se energiza el transformador. La extracorrente de conexión no se puede evitar a menos que la excitación se aplique al núcleo del transformador precisamente en un instante de tiempo y un estado de magnetización conocidos. No obstante, en la práctica, el transformador se energiza en una parte aleatoria del ciclo de CA y, por tanto, asegurarse de que el núcleo esté desmagnetizado es una ventaja. Esto reduce en gran medida el riesgo de una situación más crítica cuando un núcleo ya magnetizado es llevado hacia saturación y la extracorrente de conexión resultante se incrementa significativamente.

Una alta extracorrente de conexión conlleva varias implicaciones, pero para el transformador en sí, las altas fuerzas mecánicas y las vibraciones resultantes debido a dichas corrientes pueden provocar un mayor desgaste del aislamiento de los devanados del transformador. En el sistema de potencia, es posible que los relés de protección no puedan distinguir entre las causas de una alta corriente (p. ej., un fallo en el transformador o una extracorrente de conexión debido a un núcleo magnetizado) y se disparan hasta que la situación se corrija. La incertidumbre que, como resultado, se crea cuando se desconecta un transformador puede provocar lo que resulta ser una investigación de seguimiento innecesaria (si se debe a una extracorrente de conexión) que consume bastante tiempo y recursos. Un núcleo magnetizado puede también influir en determinados resultados pruebas de fuera de servicio, de tal manera que sea imposible llegar a conclusiones significativas acerca del estado del transformador.

La magnetización residual puede llevar a una inductancia de magnetización tanto menor como mayor durante la prueba. Los resultados de las pruebas en las que ninguno de los devanados del transformador está en un cortocircuito pueden verse notablemente afectados, especialmente en las pruebas de corriente de excitación y de análisis de la respuesta del barrido de frecuencia (SFRA). Para realizar mediciones de la corriente de excitación, un núcleo magnetizado suele dar como resultado amplitudes mayores (debido a una inductancia menor), así como la variación del patrón de medición esperado (p. ej., baja-alta-baja o alta-baja-alta en la fase 1, 2 y 3) de los vatios y la corriente medidos "por fase" en transformadores trifásicos.

Para las mediciones SFRA, una inductancia de magnetización menor debida a un núcleo magnetizado dará como resultado un aumento de la amplitud en frecuencias más bajas, así como un desplazamiento de la primera resonancia principal en las curvas FRA. [Tenga en cuenta que una inductancia mayor reduce la amplitud de la respuesta en dB antes que una inductancia menor comparativamente (como en el caso de un núcleo magnetizado); de la misma manera, una capacitancia mayor provocará que la respuesta de amplitud suba hacia 0 dB más rápido de lo que lo haría una capacitancia comparativamente menor]. Esto se ilustra en el gráfico 1, que ofrece las mediciones del SFRA antes y después de la desmagnetización del mismo transformador.

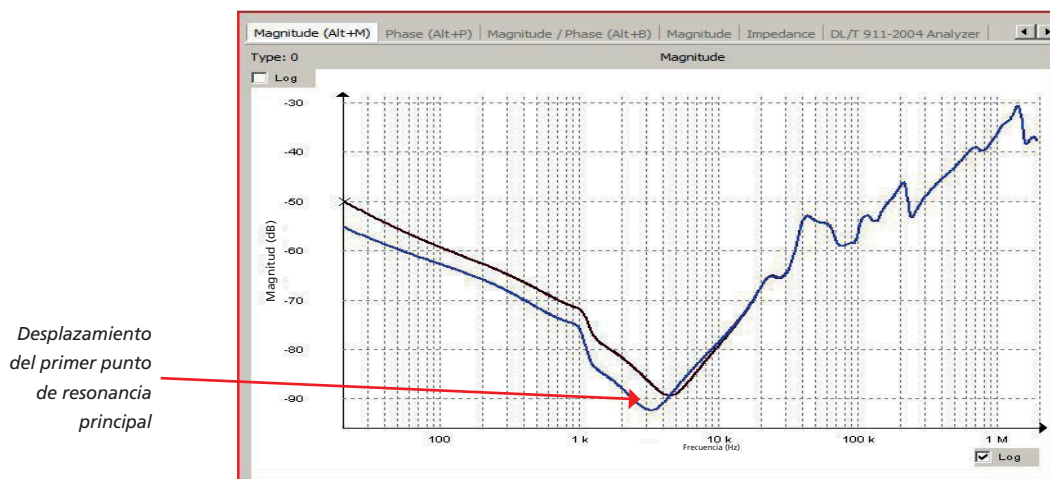


Gráfico 1. Respuesta SFRA para transformador magnetizado (negro) y desmagnetizado (azul)

El acero del núcleo mantendrá cierta polaridad magnética a menos que se realice alguna acción para neutralizarla. No es posible desmagnetizar un transformador simplemente permitiendo que se mantenga desenergizado durante largos periodos. Curiosamente, una vez desmagnetizado, el núcleo del transformador no permanecerá en ese preciso estado neutral de forma indefinida. La magnetización residual puede variar a lo largo del tiempo debido a la denominada **viscosidad magnética**. Se ha observado que cualquier cambio repentino del campo de excitación (aplicando o eliminando corriente de magnetización) produce una relajación magnética que varía lentamente, lo que provoca que la impedancia cambie con el tiempo debido a la viscosidad magnética. Por lo tanto, incluso cuando no se produce excitación de CC, es posible que una respuesta de SFRA cambie entre pruebas a frecuencias bajas y que las amplitudes de las mediciones de corriente de excitación no sean las mismas de una prueba a otra (aunque en estos casos, el patrón de "fase" esperado, como A-B-A, suele mantenerse).

Dado que algunos problemas legítimos afectan a los resultados de las pruebas de corriente de excitación y a los resultados de SFRA de forma similar a lo que sucede con la magnetización del núcleo, la magnetización residual no se debe descartar como la causa de que los resultados de la prueba se vean afectados, tal y como se ha descrito anteriormente.

Se recomienda desmagnetizar el núcleo después de realizar las pruebas de resistencia de devanados de CC (que requieren la saturación del núcleo del transformador y, en cualquier caso, dejarán al núcleo considerablemente magnetizado) o cualquier otra prueba que pueda provocar magnetización. Es conveniente desmagnetizar el transformador antes de realizar cualquier prueba, así como cuando concluyan las pruebas y antes de que el transformador sea energizado. Es importante aplicar la desmagnetización antes de las pruebas, ya que la desconexión del transformador de la excitación de CA suele tener lugar en un instante aleatorio de tiempo y, por tanto, existe un nivel aleatorio de magnetización que permanece en el núcleo. Gracias a la posibilidad de desmagnetizar un transformador de manera sencilla y eficiente, la antigua regla de realizar la prueba de resistencia de devanados en CC al final de la secuencia de pruebas, puede eventualmente cambiar.

La desmagnetización en sitio de los transformadores de potencia se suele realizar mediante el método de CC de pulsos de polaridad alterna de corriente o tensión. El principio de un método de corriente continua alterna es neutralizar la alineación magnética del hierro del núcleo mediante la aplicación de una tensión continua de polaridades alternas a los devanados del transformador durante intervalos decrecientes. La inyección alterna de CC se reduce en cada ciclo, normalmente entre un 10 y un 50 %, y el proceso continúa hasta que el nivel actual es prácticamente cero. En los transformadores trifásicos, lo habitual es realizar el procedimiento en la fase de AT asociada con la lectura de corriente de excitación más alta. En la mayoría de los casos, la experiencia ha demostrado que este procedimiento es suficiente para desmagnetizar todo el núcleo. En función del diseño del transformador (p. ej., un núcleo de 5 columnas frente a uno de 3 columnas), el tamaño y la capacidad del equipo de pruebas, realizar varios intentos de desmagnetización o en diferentes pares de terminales puede mejorar en ocasiones la desmagnetización. Actualmente, la mayoría de instrumentos aplican corriente continua conmutada para la desmagnetización, como se muestra el principio en el gráfico 2.

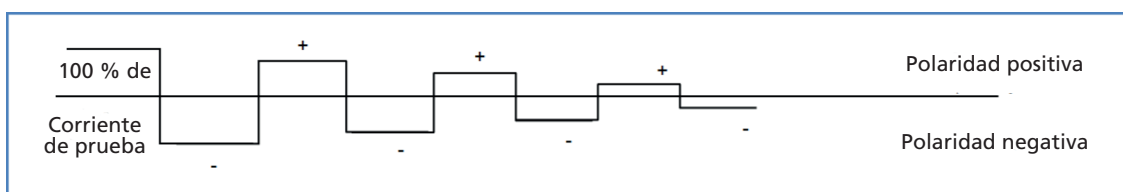


Gráfico 2. Secuencia de desmagnetización de una fuente de CC conmutada.

Una variante de lo anterior es inyectar corriente aplicando tensión hasta que se alcance la corriente definida (normalmente el mismo valor que la corriente de prueba, p. ej., 10 A) y el núcleo esté saturado. Esto da los voltios por segundo (Vs) desde el punto de partida hasta la saturación en dirección positiva (p. ej., 200 Vs). El procedimiento se repite en la dirección opuesta (p. ej., -10 A). Los Vs necesarios a partir de, p. ej., entre +10 A y -10 A se miden/calculan (p. ej., -1000 Vs) a partir de los cuales se determina las posiciones de los "extremos" de la curva de histéresis. En este ejemplo, la posición de Vs en -10 A es -500 Vs y en +10 A es +500 Vs. El origen del lazo de histéresis y el objetivo está en 0 Vs y se puede calcular el punto de partida relacionado; por ejemplo, el punto de partida está en +300 Vs (+500 Vs - 200 Vs). En el gráfico 3, donde se muestra una captura de pantalla de este método de desmagnetización una vez finalizado, el punto de inicio se ha determinado y se muestra al encargado de la prueba mediante un punto rojo en el gráfico. Con cada repetición posterior, los voltios por segundo aplicados al devanado se reducen normalmente entre el 10 y el 50 %.

En la práctica, esto se convierte en un método de frecuencia variable de tensión constante (CVVF).

Los valores anteriores y posteriores como Vs o % de saturación se proporcionan como se indica en el gráfico 3.

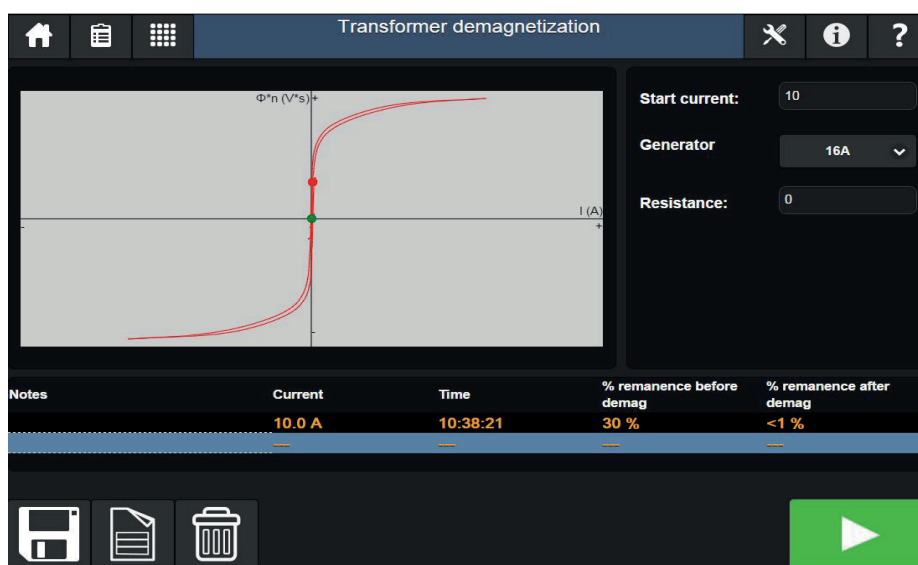


Gráfico 3. Instrumento de pruebas de subestaciones multifunción de Megger TRAX: captura de pantalla de la desmagnetización de un transformador

En los casos en que la razón para desmagnetizar un transformador sea una investigación sobre corriente de excitación, SFRA y/o los resultados de las pruebas de balance magnético, los cuales se piensa que se ven afectados por la magnetización del núcleo, la verificación de que el intento de desmagnetización ha resultado exitoso se consigue al volver a obtener los resultados esperados. De lo contrario, no es necesario realizar una verificación cada vez que se desmagnetice el transformador.

Varias guías y normas internacionales describen el cómo, por qué y cuándo se debe desmagnetizar el núcleo y cómo un núcleo magnetizado puede afectar a los resultados de medición, p. ej. IEEE C57.152, IEC 60076-18, IEEE C57.149, CIGRE TB342, y CIGRE TB445.

Todos los instrumentos de pruebas de resistencia de devanados y los instrumentos multifunción con capacidad para pruebas de resistencia de devanados de Megger disponen de una función de desmagnetización incorporada. La eficacia, eficiencia y seguridad de una función de desmagnetización automatizada pueden variar entre fabricantes, por lo que se recomienda que el usuario no asuma que todos son iguales.