



SBB CFF FFS

# La importancia de la disponibilidad

Funcionamiento no deseado del equipo de protección debido a la remanencia en los transformadores de corriente

Suiza cuenta con la red ferroviaria más densa de Europa. Junto a una red de vías que cubre más de 3000km (1900 millas) y más de 800 estaciones, Ferrocarriles Federales Suizos (SBB) opera también 6 centrales hidroeléctricas dedicadas y 7 estaciones de convertidores de frecuencia. Como cualquier otra red eléctrica, la red ferroviaria de 16,7 Hz está equipada con un completo equipo de protección. En caso de falla, este equipo desconecta las secciones afectadas de la red y por tanto ayuda a evitar daños más serios. No obstante, el disparo no selectivo de los sistemas de protección cuando no hay falla en el área de protección respectiva (falso disparo) interrumpe el funcionamiento normal de la red y tiene efectos negativos tanto en la disponibilidad como en la selectividad. En el pasado, los falsos disparos de este tipo se producían de manera aislada en la protección diferencial de los transformadores y máquinas operadas por SBB. Tras estudiar esta situación, SBB descubrió que se producían por los efectos de la remanencia, que fue objeto de investigación junto con OMICRON y su equipo de pruebas.



«El CT Analyzer ha demostrado ser extremadamente valioso ya que desmagnetiza automática y confiablemente los núcleos de los transformadores.»

#### Michael Sudholz

Ingeniero eléctrico HF, especializado en protección de convertidores y transformadores de medida



#### Saturación prematura debido a la remanencia

SBB examinó los informes de falla y, en la mayoría de los casos, determinó que una importante saturación de los transformadores de corriente era el motivo de los falsos disparos. Sin embargo, no quedaba claro por qué se producía esto exactamente en los casos individuales. Además de los ajustes de protección y el dimensionamiento de los transformadores, se investigaron otros motivos posibles para la saturación y las posibles soluciones, e igualmente se hizo con otras instalaciones. En la Convención sobre protección ETG 2012, celebrada en Mainz (Alemania) en enero, los técnicos responsables de SBB supieron que otros suministradores de energía también se veían afectados por esto: en caso de falla, la remanencia de los transformadores de corriente puede producir una no deseada saturación prematura del núcleo y por tanto disparar los sistemas de protección diferencial. Basándose en esto, los técnicos realizaron una investigación adicional sobre los tipos de transformadores que se veían afectados.

#### Dimensionamiento del transformador para el comportamiento de transitorios

En el transcurso de la investigación realizada, rápidamente quedó claro que había una dificultad fundamental a la hora de dimensionar transformadores de corriente y de calcular las características de sobrecorriente requeridas (ALF) de acuerdo con la norma IEC 60044-1. «Se utilizó una corriente simétrica estacionaria como base para dimensionar los transformadores de corriente. Sin embargo, las corrientes de cortocircuito se desplazaban asimétricamente

varios grados», explica Michael Sudholz, técnico de protección de SBB. Esto conduce a una caída exponencial de la componente de CC, que puede magnetizar el transformador hasta el rango de saturación y producir una remanencia por encima del 50%. Cuando se produce una avería, un transformador con remanencia llega rápidamente a su rango de saturación. La transmisión del valor del primario se ve distorsionada, lo que puede provocar un falso disparo. «Para especificar los transformadores de corriente para los denominados procedimientos transitorios, hay que aplicar la norma IEC 61869-2, por ejemplo para los tipos TPY», explica Michael Sudholz.

#### Investigaciones junto con el fabricante

Los técnicos de SBB se reunieron con el fabricante de los transformadores de corriente para investigar el comportamiento principal y, sobre todo, la subsiguiente remanencia de los transformadores cuando se utilizaba una fuente de CC. Fue posible demostrar una importante saturación de los núcleos del transformador de corriente incluso con valores bajos de corriente de CC. Los transformadores de corriente se desmagnetizaron aplicando corriente nominal en el lado primario. Sin embargo, como no se disponía del equipo de pruebas adecuado, no fue posible determinar la remanencia tras el proceso de desmagnetización.

#### Asistencia de los expertos de OMICRON

«En el transcurso de nuestra investigación, leímos acerca del CT Analyzer de OMICRON en la revista para clientes de la empresa. Este dispositivo de prueba no solo es capaz de medir la remanencia

con precisión, sino que también desmagnetiza de manera confiable el núcleo», recuerda Michael Sudholz. «Por tanto decidimos colaborar con OMICRON en nuestras investigaciones». Los técnicos de SBB y OMICRON se reunieron para realizar mediciones en seis transformadores de corriente de la máquina 2 en la central eléctrica de Vernayaz en Suiza.

Usando el CT Analyzer, fue posible demostrar un flujo de remanencia hasta del 66% del flujo de saturación de los transformadores de corriente de la máquina y hasta un 34% en los transformadores de la subestación de 132 kV. A continuación se realizó una prueba para determinar los efectos de utilizar una batería de 6 V, como las utilizadas por SBB para las pruebas de polaridad del cableado secundario, en la magnetización de los núcleos del transformador. «Los resultados fueron asombrosos. Inmediatamente después de usar la batería, fue posible demostrar una remanencia hasta del 90%», recuerda Thomas Stauffiger, Area Sales Manager de OMICRON. Las subsiguientes mediciones realizadas en la central eléctrica de SBB en Vernayaz demostraron también que la alimentación primaria de corriente nominal usada para desmagnetizar los transformadores no era la adecuada, ya que la remanencia no se eliminaba eficazmente. Las pruebas de laboratorio realizadas en el transcurso de estas mediciones demostraron también una remanencia residual en torno al 33% en un transformador intermedio que permaneció estable durante un periodo de varios meses. La remanencia en los núcleos de los transformadores representa un serio desafío.

Tras completar las mediciones sobre el terreno, los técnicos de SBB desmagnetizaron los transformadores de corriente usando el CT Analyzer. Este dispositivo demostró ser extremadamente útil, ya que desmagnetizó completamente el núcleo del transformador en un proceso automatizado tras la medición de la remanencia. Una vez desmagnetizados todos los transformadores de corriente de la máquina 2 en el otoño de 2012, ya no se registraron falsos disparos durante un prolongado periodo de tiempo. Tras una falla en una línea de transmisión de 132 kV, la protección diferencial de las máqui-

nas 2 y 3 se disparó en agosto de 2013. Los informes de falla sobre este disparo mostraron un comportamiento de saturación idéntico de los transformadores. Sabiendo que estos transformadores de corriente se habían desmagnetizado y por tanto estaban sujetos a las mismas condiciones básicas, ahora es posible examinar el diseño del transformador con un enfoque específico y, si es necesario, sustituir los transformadores. Se está elaborando con el fabricante del transformador la correspondiente propuesta de sustitución de los transformadores de corriente basada en los datos disponibles.

### Pruebas remotas

Algún tiempo después, los técnicos de SBB demostraron valores de remanencia hasta del 45% en los transformadores de una máquina diferente y valores de remanencia hasta del 19% en los transformadores del grupo de pruebas de la subestación de 132 kV. «Para simplificar el manejo, se comprobó a distancia la desmagnetización usando el CT Analyzer, ya que a menudo es difícil acceder a los transformadores de determinados tipos de máquinas y los costos de poner a tierra la máquina son importantes», explica Michael Sudholz. Para este fin, se conectó el CT Analyzer al siguiente terminal de desconexión disponible, que estaba ubicado en el armario de control intermedio para el sistema de protección / control de la máquina en la sala secundaria. Se utilizó una batería para premagnetizar primero los transformadores. A continuación se midió la remanencia directamente en el transformador correspondiente y en el terminal de desconexión. «Los valores coincidían», comenta Michael Sudholz con una sonrisa. «Este experimento se realizó en todos los transformadores de corriente y no fue posible determinar desviación apreciable alguna entre la medición realizada en el transformador y la realizada en el armario de control».

### Recopilación de datos para posteriores análisis

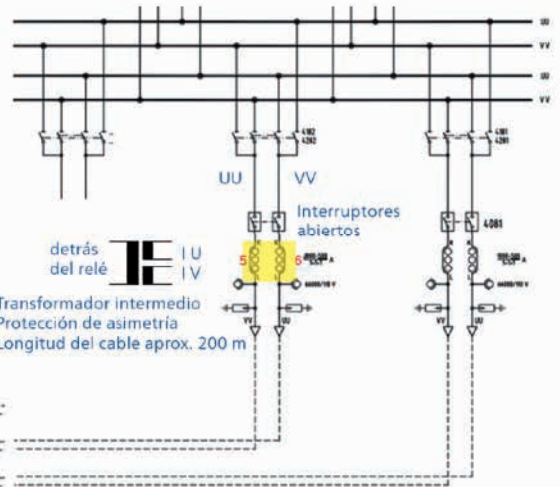
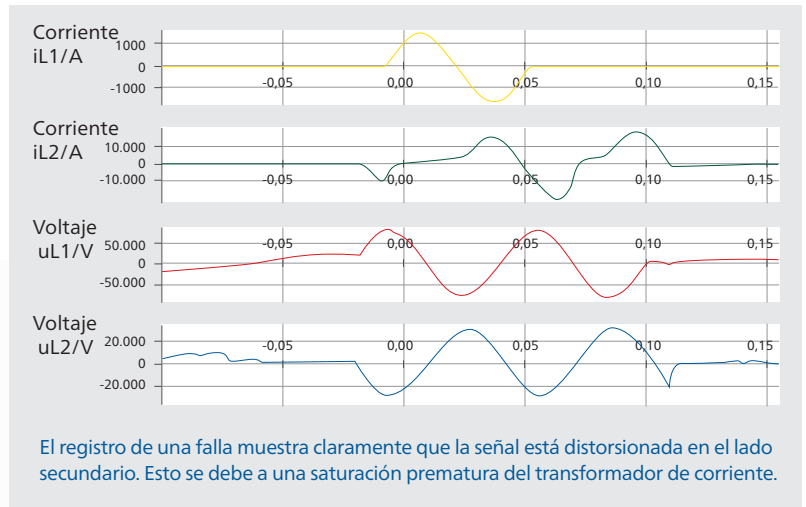
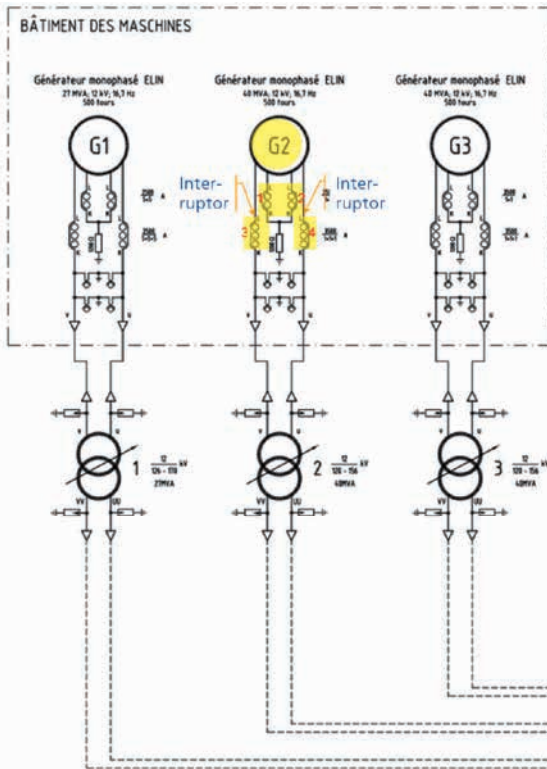
SBB continúa confiando en los conocimientos y experiencia de OMICRON. El CT Analyzer se utiliza en el ámbito de las pruebas de protección de transformadores de corriente en las instalaciones de la empresa en la medida de lo posible, primero para medir y a



#### CT Analyzer

- > Máxima exactitud en las medidas: 0,02% / 1 min. al calibrar en campo
- > Muy pequeño y ligero (< 8 kg), fácil de transportar para las pruebas de campo
- > Evaluación automática según las normas IEC e IEEE
- > Reduce los tiempos de la puesta en servicio (duración de la prueba automática < 1 min.)
- > Extraordinaria seguridad en el lugar de trabajo – Pruebas efectuadas como máximo a 120V
- > Integración en las rutinas de prueba mediante el Interfaz de control remoto

 [www.omicron.at/CT-Analyzer](http://www.omicron.at/CT-Analyzer)



Extracto del diagrama de la central eléctrica de Vernayaz en Suiza.

continuación para desmagnetizar los núcleos de los transformadores «Nuestro objetivo es recabar un conjunto de valiosos datos», explica Michael Sudholz. «Si se determina la saturación del transformador cuando se detecta una falla, se puede eliminar virtualmente el riesgo de cualquier saturación provocada por la remanencia». Es muy probable que el uso del CT Analyzer se vea incrementado durante el proceso de diseño de nuevas instalaciones y a la hora de sustituir los transformadores existentes. De esta forma, el CT Analyzer realiza una valiosa contribución en la reducción de las averías de la red y por tanto en la garantía de un alto grado de disponibilidad y selectividad. Michael Sudholz está convencido: «OMICRON ofrece el paquete completo adecuado, ya que tanto el servicio como los dispositivos son verdaderamente únicos».

### Ferrocarriles Federales Suizos (SBB)

Fundada en 1902, Ferrocarriles Federales Suizos (SBB) transporta a 354 millones de pasajeros al año en su red de 3138 km (1950 millas). SBB Cargo utiliza la red ferroviaria para transportar diariamente 175 000 toneladas de mercancías para sus clientes. Con aproximadamente 29 000 empleados, SBB es uno de los mayores empleadores de Suiza.

[www.sbb.ch/sbb-konzern](http://www.sbb.ch/sbb-konzern)