



 SBB CFF FFS

Wenn Verfügbarkeit zählt

Überfunktion von Schutzeinrichtungen durch Remanenz
in Stromwandlern

Die Schweiz verfügt über das dichteste Bahnnetz Europas. Neben dem über 3 000 km langen Streckennetz und mehr als 800 Bahnhöfen betreiben die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) auch 6 eigene Wasserkraftwerke und 7 Frequenzumformerwerke. Das 16,7-Hz-Bahnnetz ist wie jedes Stromversorgungsnetz mit umfangreichen Schutzeinrichtungen ausgestattet. Im Fehlerfall schalten diese die betroffenen Netzabschnitte ab und helfen so, größere Schäden zu vermeiden. Unselektive Auslösungen des Schutzes ohne Fehler im jeweiligen Schutzbereich (Fehlauslösungen) stören jedoch den regulären Netzbetrieb und haben negative Auswirkungen auf Verfügbarkeit und Selektivität. Bei den SBB traten solche Fehlauslösungen in der Vergangenheit vereinzelt beim Differenzialschutz von Transformatoren und Maschinen auf. Als Ursache dafür erkannten die SBB Remanenz-Effekte, die sie gemeinsam mit OMICRON und deren Prüfgeräten untersuchten.



»Der CT Analyzer hat sich bestens bewährt – er entmagnetisiert Stromwandlerkerne automatisch und zuverlässig.«

Michael Sudholz

Energietechniker HF,
Fachingenieur mit Schwerpunkt-
themen Umrichterschutz & Wandler



Vorzeitige Sättigung durch Remanenz

In den meisten Fällen stellten die SBB anhand von Störberichten eine deutliche Sättigung der Stromwandler als Grund für die Fehlauflösungen fest. Wie diese im Einzelfall zustande kamen, blieb jedoch unklar. Wie auch bei anderen Anlagen, wurden neben den Schutzeinstellungen und der Wandlerberechnung noch andere mögliche Gründe für die Sättigung untersucht. Bei der ETG-Schutztagung im Januar 2012 in Mainz erfuhren die zuständigen SBB-Ingenieure, dass auch andere Energieversorger von dieser Ursache betroffen sind: Durch Remanenz im Stromwandler kann im Fehlerfall eine unerwünschte vorzeitige Sättigung des Kerns eintreten und so den Differenzialschutz auslösen. Die Ingenieure vertieften daraufhin ihre Recherchen für die betroffenen Wandlertypen.

Wandlerberechnung mit transienten Vorgängen

Im Zuge der Recherchen zeigte sich schon bald, dass bei der Auslegung von Stromwandlern und der Berechnung der erforderlichen Überstromziffern gemäß der Norm IEC 60044-1 eine grundsätzliche Schwierigkeit besteht. »Grundlage für die Berechnung der Stromwandler ist ein symmetrischer stationärer Strom. Kurzschlussströme sind jedoch in verschieden hohem Ausmaß asymmetrisch verlagert« erklärt Michael Sudholz, Schutzingenieur bei den SBB. So entsteht eine exponentiell abklingende DC-Komponente. Diese kann den Wandler bis tief in den Sättigungsbereich aufmagnetisieren und zu einer Remanenz von weit

über 50 Prozent führen. Bei einem anschließend auftretenden verlagerten Fehler erreicht ein Wandler mit Remanenz somit sehr rasch den Sättigungsbereich. Die Übertragung der primären Größe erfolgt dadurch verzerrt, was zu einer Fehlauflösung führen kann. »Um Stromwandler für diese sogenannten transienten Vorgänge zu spezifizieren, muss daher die neue Norm IEC 61869-2 herangezogen werden, zum Beispiel für TPY-Typen«, informiert Michael Sudholz.

Untersuchungen zusammen mit dem Hersteller

Mit dem Hersteller der Stromwandler untersuchten die Ingenieure der SBB das prinzipielle Verhalten und vor allem die anschließend verbleibende Remanenz der Wandler unter Einsatz einer Gleichstromquelle. Bereits beim Einsatz von kleinen DC-Stromwerten konnte eine deutliche Sättigung der Stromwandlerkerne nachgewiesen werden. Die Wandler wurden durch eine primärseitige Einspeisung mit Nennstrom entmagnetisiert. Das Fehlen von geeigneten Messmitteln machte jedoch die Bestimmung der Remanenz nach dem Entmagnetisierungsvorgang unmöglich.

Unterstützung durch Experten von OMICRON

»Im Zuge unserer Recherchen erfuhren wir aus dem Kundenmagazin von OMICRON, dass das Unternehmen mit dem CT Analyzer über ein Prüfgerät verfügt, welches Remanenz sowohl exakt messen, als auch den Kern zuverlässig entmagnetisieren kann«, ▶

► erinnert sich Michael Sudholz. »Wir entschieden uns dafür, OMICRON für unsere Untersuchungen hinzuzuziehen.« Die Ingenieure der SBB und OMICRON trafen sich, um im Kraftwerk Vernayaz (Schweiz) Messungen an den sechs Stromwandlern der Maschine 2 durchzuführen.

Mit dem CT Analyzer konnten Remanenzflüsse von bis zu 66 % des Sättigungsflusses der Stromwandler bei der Maschine und bis zu 34 % bei den Wandlern der 132-kV-Schaltanlage nachgewiesen werden. Im Anschluss wurde geprüft, welche Auswirkungen der Einsatz einer Batterie mit 6V, wie sie von den SBB für die Polaritätsprüfung der Sekundärverdrahtung verwendet wird, auf die Magnetisierung der Wandlerkerne hat. »Die Ergebnisse waren erstaunlich: Unmittelbar nach der Verwendung der Batterie konnte eine Remanenz von bis zu 90 % nachgewiesen werden«, erinnert sich Thomas Stauffiger, Area Sales Manager bei OMICRON. Weitere Messungen im SBB-Kraftwerk in Vernayaz zeigten zudem, dass die primäre Einspeisung mit Nennstrom zur Entmagnetisierung der Wandler nicht geeignet ist, da die Remanenz nicht zuverlässig beseitigt wird. Laborprüfungen im Zuge dieser Messungen wiesen außerdem an einem Zwischenwandler bleibende Remanenzwerte von rund 33 % auf, die über einen Zeitraum von mehreren Monaten stabil blieben. Remanenz in Wandlerkernen stellt somit eine ernstzunehmende Herausforderung dar.

Im Anschluss an die Messungen im Feld entmagnetisierten die SBB-Ingenieure die Stromwandler mit dem CT Analyzer. Dieser hat sich dabei besonders gut bewährt, da er den Wandlerkern nach der Remanenzmessung automatisch und vollständig entmagnetisiert. Nach der Entmagnetisierung aller Stromwandler der

Maschine 2 im Herbst 2012 wurde längere Zeit keine weitere Fehlauslösung registriert. Nach einem Fehler auf einer 132-kV-Übertragungsleitung löste im August 2013 der Differentialschutz der Maschinen 2 und 3 erneut aus. Die Störberichte dieser Auslösung zeigten ein identisches Sättigungsverhalten bei den untersuchten Wandlern. Mit den Erkenntnissen, dass diese Stromwandler entmagnetisiert waren und somit dieselben Grundbedingungen hatten, können nun gezielt die Wandlerauslegung betrachtet und bei Bedarf Wandler erneuert werden. Ein entsprechender Vorschlag für einen Ersatz der Stromwandler wird aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten mit dem Wandlerhersteller erarbeitet.

Messung auf Distanz

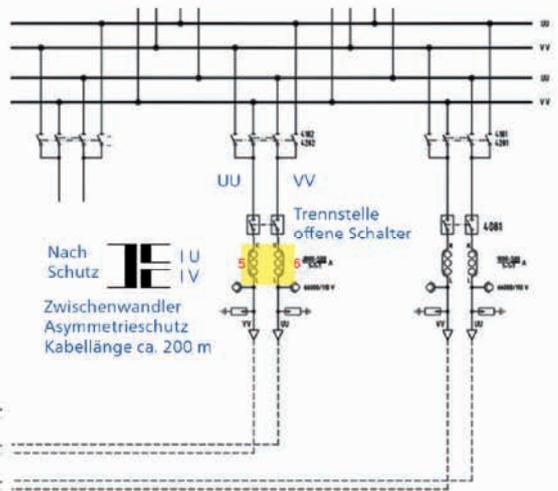
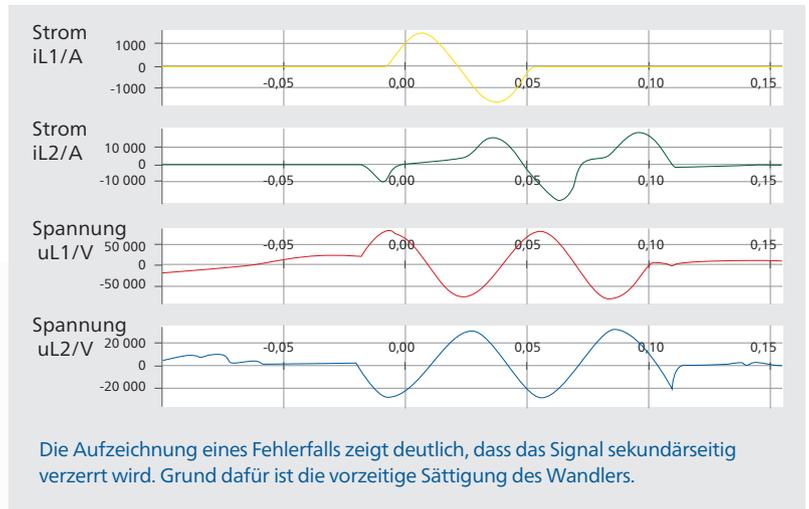
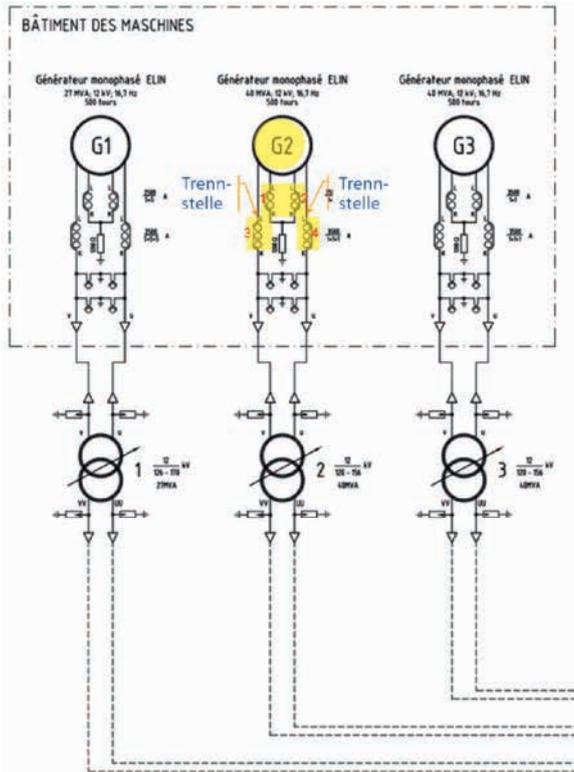
Einige Zeit später wiesen die Ingenieure der SBB an den Wandlern einer anderen Maschine Remanenzwerte von bis zu 45 %, an denen der Messgruppe in der 132-kV-Schaltanlage bis zu 19 % nach. »Für die einfachere Handhabung wurde nun die Entmagnetisierung aus der Ferne mit dem CT Analyzer geprüft, da bei manchen Maschinentypen die Wandler sehr schwer zugänglich sind und der Aufwand zum Erden der Maschine erheblich ist«, erläutert Michael Sudholz. Dazu wurde der CT Analyzer an der nächsten verfügbaren Trennklemme, die sich im Sekundärraum beim Zwischenverteilerschrank für den Maschinenschutz bzw. die Steuerung befand, angeschlossen. Mit einer Batterie wurde der Wandler vormagnetisiert und die Remanenz jeweils direkt beim Wandler und an der Trennklemme gemessen. »Die Werte stimmten überein«, freut sich Michael Sudholz. »Dieser Versuch wurde an allen Stromwandlern durchgeführt, wobei keine nennenswerten Abweichungen zwischen der Messung am Wandler und der Messung im Schaltschrank festgestellt werden konnten.«



CT Analyzer

- > Höchste Messgenauigkeit: 0,02 % / 1' beim Kalibrieren direkt an der Anlage
- > Sehr klein und leicht (< 8 kg), einfach zu transportieren für Vor-Ort-Prüfungen
- > Automatische Bewertung nach IEC und IEEE Standards
- > Kürzere Inbetriebnahmezeiten (Dauer des automatischen Tests < 1 min)
- > Hohe Arbeitssicherheit – Prüfungen laufen bei max. 120 V
- > Integration in Testroutinen möglich mittels Remote Interface Control

🌐 www.omicron.at/CT-Analyzer



Auszug aus dem Schema des Kraftwerks Vernayaz, Schweiz.

Datensammlung als Grundlage für weitere Analysen

Auch weiterhin setzt die SBB auf das Knowhow von OMICRON. Im Rahmen von Schutzprüfungen der Stromwandler in den Anlagen wird nach Möglichkeit der CT Analyzer eingesetzt, um die Wandlerkerne durchzumessen und anschließend vollständig zu entmagnetisieren. »Ziel ist es, eine Datensammlung aufzubauen«, erklärt Michael Sudholz. »Sollte im Fehlerfall eine Wandler sättigung festgestellt werden, kann so beispielsweise eine Vorbelastung durch Remanenz nahezu ausgeschlossen werden.« Beim Aufbau von neuen Anlagen und beim Ersatz von Wandlern soll der CT Analyzer zukünftig ebenfalls vermehrt zum Einsatz kommen. So trägt der CT Analyzer dazu bei, Netzstörungen zu reduzieren und eine hohe Verfügbarkeit und Selektivität zu gewährleisten. Für Michael Sudholz ist klar: »Bei OMICRON stimmt das Gesamtpaket – der Service und die Geräte sind wirklich einzigartig.«

Schweizerische Bundesbahnen (SBB)

Auf einem Streckennetz von 3 138 km befördern die 1902 gegründeten Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) 354 Millionen Fahrgäste pro Jahr. SBB Cargo transportiert täglich 175 000 Tonnen Güter für ihre Kunden auf der Schiene. Mit ca. 29 000 Mitarbeitenden ist die SBB einer der größten Arbeitgeber in der Schweiz.

www.sbb.ch/sbb-konzern