

Methoden der konstanten Isolationsüberwachung

Neues Verfahren zur Überwachung in geerdeten Netzen

K.-H. Kaul, Grünberg

Möglichkeiten der Isolationsüberwachung, die auch in geerdeten Netzen zur kontinuierlichen Messung des Isolationswiderstands führen werden seit langer Zeit gesucht. Ein neues Verfahren hat das Stadium eines Labor-Prototyp erreicht und wird seit Anfang 2004 in verschiedenen Netzen erprobt. Im Beitrag werden das neue Verfahren vorgestellt und erste Ergebnisse der praktischen Erprobung in geerdeten Netzen behandelt.

1 Isolationsüberwachung in geerdeten Netzen

Alle in [1] beschriebenen Verfahren haben sich seit vielen Jahren in der Praxis bewährt und bieten erweiterte Möglichkeiten, zusätzlich zu den üblichen Schutzeinrichtung eine höhere Betriebs- und Brandsicherheit zu erreichen. Ideal wäre natürlich, auch für das geerdete Netz eine Isolationsüberwachung einsetzen zu können, die den ohmschen Isolationswiderstand kontinuierlich und während des Betriebs messen kann. Im IT-System eingesetzte Isolationsüberwachungsgeräte sind dazu leider nicht geeignet.

1.1 Mängel bisheriger Messverfahren

Isolationsfehler können in geerdeten Netzen durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen oder Differenzstrom-Überwachungsgeräte nicht immer sicher erkannt werden. Mit der Messung des Differenzstroms wird immer die Summe aus kapazitivem Ableitstrom und ohmschem Fehlerstrom gemessen. Da diese beiden Komponenten sich vektoriell addieren, kann die Änderung des Differenzstroms durch einen Isolationsfehler wesentlich kleiner sein, als der Absolutwert des ohmschen Fehlerstroms (Bild 1). Ersichtlich ist, dass symmetrische Isolationsfehler, z. B. durch Ablagerung leitfähiger Stäube oder Feuchtigkeit, nicht erkannt werden. Dieser Fall ist insbesondere unter dem Aspekt des Brandschutzes problematisch.

Ein zusätzliches Problem entsteht dadurch, dass in vielen Netzen hohe kapazitive Ableitungen vorhanden sind. Der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist dann nur möglich, wenn Geräte mit Bemessungsfehlerströmen eingesetzt werden, die sicher über den in der Anlage unter allen Betriebsbedingungen vorhandenen Ableitströmen liegen. Die hohen kapazitiven Ableitströme können

resistive Fehlerströme „maskieren“. Diese auf das Messprinzip der Differenzstrommessung zurückzuführenden Probleme könnten überwunden werden, wenn eine ähnliche Methode zur Überwachung des Isolationswiderstands, wie sie im ungeerdeten Netz verwendet wird, auch im geerdeten Netz verfügbar wäre.

1.2 Neues Messverfahren

Die Differenzstromüberwachung in geerdeten Netzen ist eine Methode zur vorbeugenden Instandhaltung, die ähnliche Vorteile bietet wie die Isolationsüberwachung in ungeerdeten Netzen. Wie in [1] dargestellt, ist diese Methode jedoch als Kompromiss zu sehen, da die Erfassung von Isolationsfehlern abhängig ist von anderen Netzparametern (z. B. der Ableit-

kapazität), und weil einige Fehlerarten, z. B. symmetrische Isolationsverschlechterungen, nicht entdeckt werden können.

Durch elektronische Verbraucher und deren Netzfilter ist in einigen Netzen mit zunehmender Ableitkapazität zu rechnen. Damit wird der Einsatz von RCDs mit festen Bemessungsfehlerströmen immer problematischer. Es müssen Kompromisse in Bezug auf den Personenschutz und den Brandschutz gemacht werden.

Als nicht praktikabel erwiesen sich Überlegungen, die Phasenbeziehung zwischen Netzspannung und Differenzstrom zu verwenden, um den ohmschen Fehlerstrom zu ermitteln. In den seltensten Fällen besteht der Ableit- oder Fehlerstrom ausschließlich aus sinusförmigen 50-Hz-Komponenten (Bild 2). Als Ergebnis einer Entwicklung, in deren Rahmen verschiedene Messverfahren untersucht wurden, ist nun ein patentiertes Messverfahren verfügbar. Mit diesem wurden im Jahre 2003 messtechnische Erprobungen im Labor unter verschiedensten Einsatzbedingungen durchgeführt.

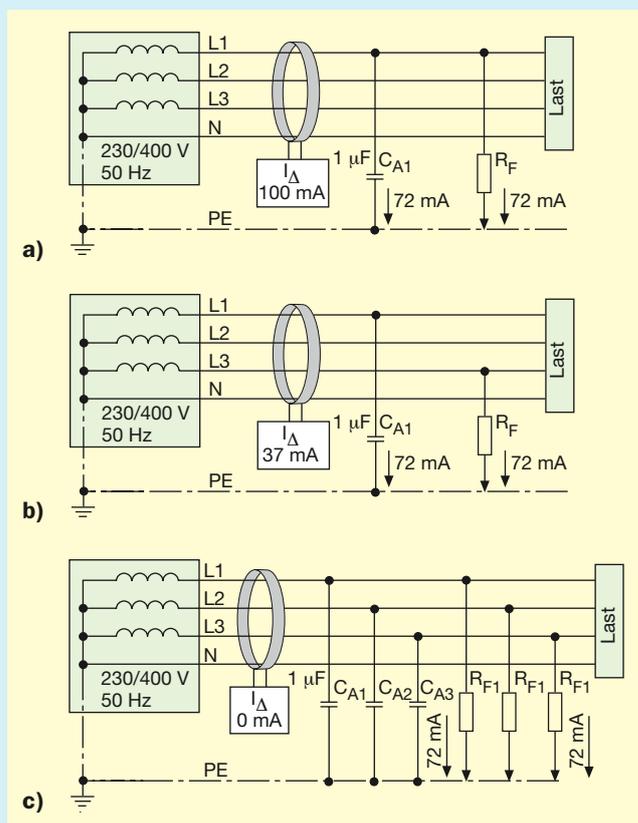
Seit Anfang des Jahres 2004 erfolgen mit einem Versuchs-Prototypen Erprobungen und Messungen in realen Netzen.

2 Grundprinzip eines neuen Überwachungsverfahrens

Das Prinzip (Bild 3) basiert auf der induktiven Einspeisung eines kleinen Mess-

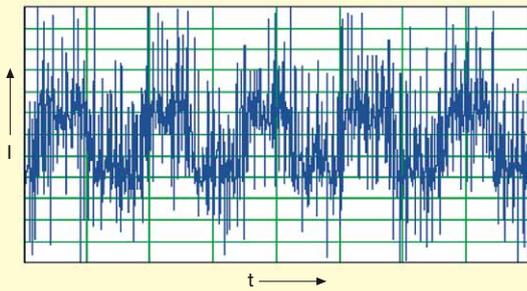
1 Änderung des Differenzstroms I_{Δ} bei Addition von Ableit- und Fehlerstrom

- a) Addition eines kapazitiven Ableitstroms und eines ohmschen Fehlerstroms am gleichen Außenleiter – der Fehlerstrom von 72 mA erzeugt nur eine Änderung des Differenzstroms von etwa 28 mA
- b) Addition eines kapazitiven Ableitstroms und eines ohmschen Fehlerstroms an unterschiedlichen Außenleitern ($I_{\Delta} = 37$ mA)
- c) Symmetrischer Isolationsfehler in einem Drehstromsystem ($I_{\Delta} = 0$ mA)

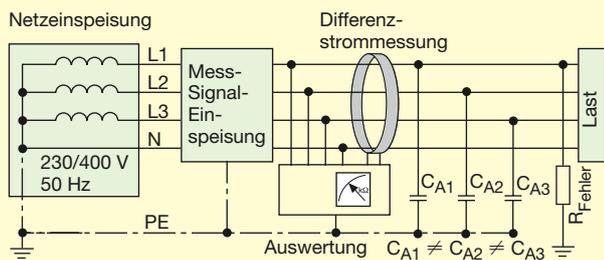


Autor

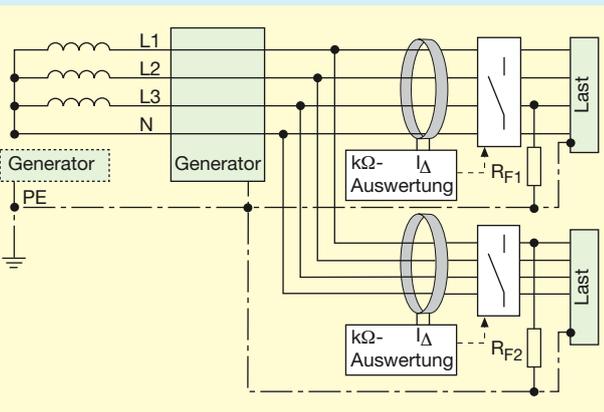
Dipl.-Ing. Karl-Hans Kaul, ist Mitarbeiter der Firma Dipl.-Ing. W. Bender GmbH, Grünberg.



② Ableitstrom eines Netzes mit angeschlossenen PC's



③ Prinzipbild Isolationsüberwachung



④ Komponenten der Isolationsüberwachungseinrichtung für geerdete Netze

stroms. Dieser fließt über alle Netzleiter und dann über die Ableitkapazitäten, Isolationswiderstände und den Schutzleiter zum Sternpunkt des Netzes zurück.

Das eingespeiste Signal enthält Frequenzkomponenten, die von den Netzstöörgrößen differenziert werden können. In den Netzabgängen erfassen spezielle Differenzstrom-Sensoren die aus der Messquelle resultierenden Stromkomponenten. Aus diesen Komponenten kann die kapazitive und ohmsche Ableitung differenziert errechnet werden. Die Berechnung führt zur Anzeige des Isolationswiderstandes der in dem Abgang hinter dem Differenzstrom-Sensor liegt in $k\Omega$.

Im Gegensatz zur Differenzstrommessung werden symmetrische Isolationsfehler genauso wie unsymmetrische (einpolige) Fehler erfasst.

Zurzeit kann mit dem Verfahren ein Messbereich von $0 \dots > 100 k\Omega$ bei Ableitkapazitäten bis $20 \mu F$ erreicht werden.

3 Ergebnisse aus Erprobungen in realen Netzen

Die Erprobungen wurden mit labormäßig aufgebauten Prototypen durchgeführt. Deren Weiterentwicklung zu Seriengeräten soll nach Abschluss der umfangreichen Erprobungen, die in realen Netzen durchgeführt werden, erfolgen.

3.1 Büronetz mit etwa 30 PC's

In diesem Netz waren 30 PC's relativ gleichmäßig auf die Außenleiter verteilt angeschlossen. Gemessen wurde ein Isolationswiderstand von $42 k\Omega$.

Durch Abschalten der PC's nacheinander zeigte sich, dass sich der Isolationswiderstand mit der Abnahme der Anzahl der PC's erhöhte. Durch Messungen an den PC's konnte nachgewiesen werden, dass alle Geräte primärgeregelte Schaltnetzteile mit Netzfiltern besaßen und dass in den meisten Geräten Entladewiderstände im

M Ω -Bereich gegen den Schutzleiter geschaltet waren. Simulierte Isolationswiderstände wurden in allen Konfigurationen im Rahmen des Messbereichs erkannt.

3.2 Drehstromnetz mit Frequenzumrichtern

Die Erprobung erfolgte in einem Drehstromnetz in dem mehrere geregelte Antriebe mit Frequenzumrichtern verschiedener Fabrikate betrieben wurden. Alle simulierten Isolationsfehler im Bereich zwischen 1 k Ω und 100 k Ω wurden richtig erkannt – sowohl auf der Einspeiseseite als auch auf der Motorseite.

Weitere zugeschaltete Ableitkapazitäten bis 10 μ F beeinflussten die gemessenen Isolationswiderstände nur im Rahmen der üblichen Messunsicherheit.

3.3 Versorgungsnetz für Straßenbeleuchtung

In dem gewählten Netz waren Quecksilberdampflampen angeschlossen. Der Ableitstrom betrug 30 mA. Die Untersuchungen ergaben, dass dieser Wert ausschließlich durch die kapazitiven Ableitungen entsteht.

Auch die in den Lampen simulierten Isolationsfehler wurden richtig erkannt.

3.4 Elektronisch geregelte Schweißanlage

Der Geräteprototyp wurde in dieser Anlage unter den üblichen Betriebsbedingungen erprobt. Isolationsfehler konnten schnell und sicher erkannt werden.

3.5 Weitere Erprobungen

Insbesondere in Industrienetzen, in denen mit hoher Störbeanspruchung zu rechnen ist (hohe Ableitströme mit großem Frequenzspektrum, auch im niederfrequenten Bereich), sind weitere Untersuchungen vorgesehen.

4 Praktische Ausführung und Anwendung

Die entwicklungsmäßige Umsetzung des derzeitigen Labor-Prototypen wird nach Abschluss der Erprobungen beginnen.

Ziel der Entwicklung ist es in der ersten Phase eine Isolationsüberwachungs-Einrichtung anzubieten, die die Anforderungen des Anlagen- und Brandschutzes erfüllt.

Eine fest zu installierende Isolationsüberwachungseinrichtung für geerdete Systeme (Bild 4) besteht aus dem Generator, der in einem Netz nur einmal am Einspeisepunkt vorhanden sein muss. Mehrere Auswerteein-

richtungen können selektiv in den zu überwachenden Netzabgängen angeordnet werden. Sie besitzen Kontaktausgänge, mit denen z. B. Leistungsschalter selektiv abgeschaltet werden können.

Nach den derzeitigen Erkenntnissen können Reaktionszeiten erreicht werden, die herkömmlichen RCDs entsprechen.

5 Zusammenfassung

Mit der Überwachung des Differenzstroms und des Isolationswiderstands kann zusätzlich zu anderen Schutzmaßnahmen ein hoher Anlagen-, Brand- und Personenschutz erreicht werden. Insbesondere in Netzen, die durch die Art der Verbraucher zwangsläufig hohe kapazitive Ableitströme führen, sind die Schutzziele mit einer Isolationsüberwachung besser zu erreichen.

Zusätzlich kann die vorbeugende Instandhaltung durch kontinuierliche Überwachung und durch die Möglichkeiten der Datenverarbeitung wesentlich verbessert werden.

Literatur

- [1] Kaul, K.-H.: Technologien zur konstanten Isolationsüberwachung. *Elektropraktiker*, Berlin 59(2005)2, S. 109-113. ■