Die aktuelle Generation der Isolationsüberwachungsgeräte registriert und dokumentiert den Isolationswiderstand in IT-Netzen und berücksichtigt dabei auch große nichtlineare Verbraucher.

Bildquelle: alle Bilder Bender

Zuverlässige Energieverteilung

Wissen ist Verfügbarkeit

Ungeerdete IT-Systeme haben beim Aufbau von Energieverteilungen nach wie vor Exoten-Status gegenüber geerdeten TN/TT-Systemen. Dabei wären IT-Systeme häufig die bessere Alternative – hinsichtlich Sicherheit und Verfügbarkeit.

Die Netzform ‚IT-System' ist in der Praxis kaum bekannt. Woher auch? An Hochschulen und Ausbildungsstellen wird der Netzaufbau nur am Rande behandelt. Nur dort, wo auf dessen Vorteile nicht verzichtet werden kann, hat sich das IT-System etabliert, zum Beispiel in Operationsräumen, auf Intensivstationen oder in der Signaltechnik der Bahn. In diesen Bereichen spielt die Versorgungssicherheit der Geräte eine entscheidende Rolle, geht es doch um die Sicherheit und den Schutz von Personen. Aber ist das nicht ebenso in Industrieanlagen der Fall?

Das IT-System unterscheidet sich vom TN- oder TT-System hauptsächlich an einer Stelle – einer leitenden Verbindung zwischen der Erde und dem Sternpunkt des Transformators, der das Netz versorgt: Beim geerdeten System (TN/TT) ist sie vorhanden, beim ungeerdeten System (IT) nicht. Das ungeerdete System erfordert die allpolige Absicherung, sowohl aller aktiven Leiter als auch des N-Leiters. Da auch im Einphasensystem keiner der beiden Leiter geerdet wird, entstehen statt der klassischen Phase und Null zwei unter Spannung stehende Leiter.

Kleiner Unterschied, große Wirkung

Berührt ein Mensch bei einem intakten IT-System einen nicht isolierten stromführenden Leiter oder ein unter Spannung stehendes leitendes Gehäuse, so passiert rein gar Nichts. Der Grund: Die Berührung schließt keinen Stromkreis, da der Sternpunkt des Transformators nicht geerdet ist. Somit kann auch kein Strom fließen. Das IT-System bietet einen inhärenten Schutz vor hohen Berührspannungen. Es ist wie bei einem Vogel auf der Hochspannungsleitung. Eine Ausnahme bilden AC-Systeme mit sehr großer Netzableitkapazität oder mit asymmetrischer Belastung. Probate Gegenmaßnahmen sind die Bildung mehrerer kleiner Subsysteme sowie die Messung der Kapazität und das Berechnen des maximalen Körperstroms im Fehlerfall, beispielsweise mit dem Isolationsüberwachungsgerät Iso 685.

Ganz anders beim geerdeten System: Hier wird bereits mit der Erdung ein geschlossener Stromkreis bereitgestellt und man wartet gewissermaßen darauf, dass ein Fehler eintritt. Berührt ein Mensch einen stromführenden Leiter, fließt aufgrund der niederohmigen Verbindung zum Versorgungstrafo sofort ein Fehlerstrom – ohne funktionierende Schutztechnik mit fatalen Folgen. Daher werden Stromkreise über Sicherungen und Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (FI-Schalter) gesichert, die im Fehlerfall schnell genug eine Abschaltung vornehmen, bevor der Mensch nennenswerte Schäden erleidet. Um sicherzustellen, dass dies funktioniert, ist die Schutztechnik regelmäßig zu überprüfen: FI-Schalter in Elektroanlagen alle sechs Monate – auch in privaten Haushalten.

Mittels Einrichtungen zur Isolationsfehlersuche (IFLS) können Isolationsfehler in IT-Netzen im laufenden Betrieb oder im abgeschalteten Zustand lokalisiert werden. Dazu stehen Geräte zur stationären Installation und mobile Geräte zur Verfügung. Dies ist in geerdeten Systemen grundsätzlich ebenso mit Differenzstromtechnik (RCM) möglich, jedoch nur in eingeschalteten Systemen und auf asymmetrische Isolationsfehler begrenzt.

Keine ungewollten Betriebsunterbrechungen

Die inhärente Sicherheit hat einen Nebeneffekt: die Verfügbarkeit steigt. Selbst bei einem satten Erdschluss muss die Stromversorgung nicht sofort abgeschaltet werden. Das IT-System eignet sich daher für alle Applikationen, in denen Abschaltungen folgenschwer oder kostspielig sind – in der Prozessindustrie, in Rechenzentren und in der Automatisierung.

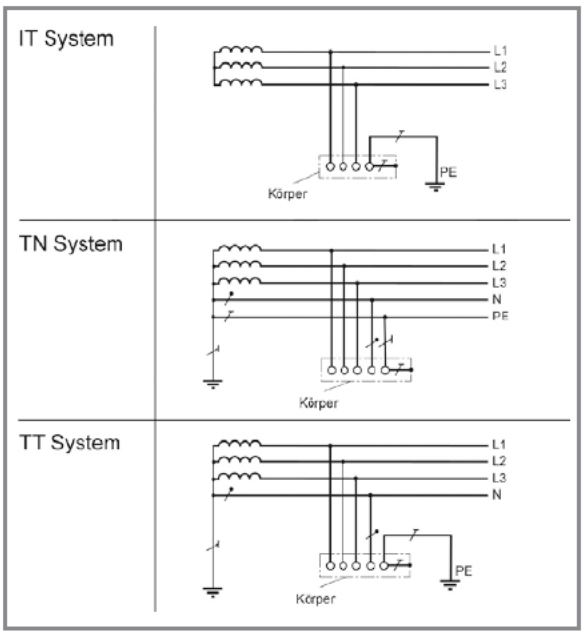
Basierend auf den Informationen, die das Isolationsüberwachungsgerät bereitstellt, lassen sich im IT-System Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen langfristig planen. Denn eine Verschlechterungen des Isolationsniveaus wird sofort erkannt. In geerdeten Systemen können dagegen Fehlerströme lediglich im einstelligen Milliampere-Bereich mit hoch entwickelter Differenzstromtechnik (RCM-Technik) aufgelöst werden – mehr geht nicht: Selbst wenn nur die ohmschen Anteile des Differenzstroms selektiert werden könnten, bei 400 V Netzspannung und 10 mA Auflösung des Messgeräts, lässt sich eine Verschlechterung des Isolationsniveaus erst ab 40 kOhm (R = U/I = 400V/0,01 A) erkennen. Dagegen kann im IT-System im Megaohmbereich und darüber gemessen werden – um den Faktor 1 000 höher. Isolationsverschlechterungen im ungeerdeten System sind damit viel früher erkennbar und behebbar. Zum Vergleich: Ein Isolationswiderstand von 40 kOhm entspricht beim IT-System bereits dem empfohlenen Hauptansprechwert.

Fehlerquellen rechtzeitig erkennen

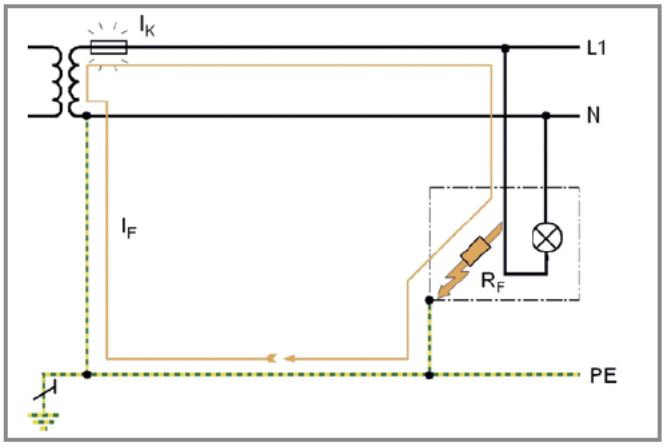
In einem IT-System können mit aktiv messender Isolationsüberwachungsgeräte auch symmetrische Fehler erkannt werden. Symmetrische Fehler sind Isolationsverschlechterungen gleicher Größenordnung auf allen Außenleitern. Solche Fehler treten relativ häufig auf. Beispielsweise verschlechtern sich die Isolationswerte in Photovoltaikanlagen gleichzeitig auf der Plus- und der Minusseite.

Für reine DC-Netze wie Batteriesysteme gibt es zurzeit keine Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD). Die einzige Alternative sind Geräte zur Differenzstromüberwachung (RCM) in Kombination mit einer DC-Versorgungsspannung oder der Aufbau des Netzes als IT-System mit Isolationsüberwachung. Das Isometer Iso 685 bietet zudem den Vorteil, dass es in DC-Netzen anzeigt, ob der Fehler auf der Plus- oder Minusseite vorliegt.

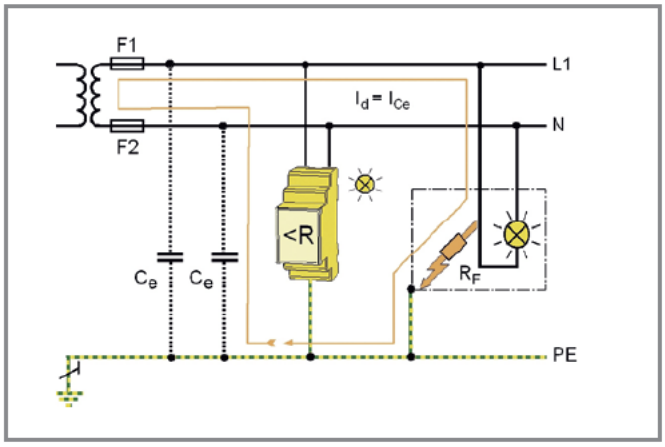
Befinden sich Batteriesysteme, Umrichter und Schaltnetzteile in einem AC-Netz, ➜



[1] In TN-Systemen ist ein Punkt, mit dem die Körper der elektrischen Anlage über Schutzleiter verbunden sind, direkt geerdet. In TT-Systemen ist ebenfalls ein Punkt direkt geerdet, die Körper der elektrischen Anlage sind mit Erdern verbunden, die elektrisch vom Erder für die Erdung des Systems unabhängig sind. In IT-Systemen sind alle aktiven Teile entweder gegen Erde isoliert oder über Impedanz mit Erde verbunden. Die Körper der elektrischen Anlage sind entweder einzeln oder gemeinsam geerdet.



[2] Schutzwirkung im TN/TT-System: Im geerdeten System (TN-/TT-System) fließt beim Auftreten eines direkten Erdschlusses (R_F) ein Erdschlussstrom (I_F), der dem Kurzschlussstrom I_K entspricht. Die vorgeschaltete Sicherung spricht an und es kommt zur Betriebsunterbrechung.



[3] Schutzwirkung im IT-System: Im ungeerdeten IT-System fließt bei einem Isolationsfehler lediglich der meist sehr kleine, kapazitive Strom über die Leitungskapazitäten C_e. Die vorgeschaltete Sicherung spricht nicht an, sodass die Spannungsversorgung bei einpoligem Erdschluss sichergestellt ist.

können DC-Fehlerströme auftreten. Die verbreiteten RCDs (Typ A) für reine AC-Netze sind hier ungeeignet. Daher können im geerdeten Netz nur RCDs vom Typ B eingesetzt werden oder es muss mittels RCM-Technik sichergestellt werden, dass das System bei DC-Strömen größer 6 mA abschaltet. Eine sinnvolle Alternative ist, solche Anlagen als ungeerdetes Netz zu betreiben und mit einer Isolationsüberwachung auszustatten.

Da ein Isolationsüberwachungsgerät nach IEC 61557-8 aktiv misst, kann es auch allpolig abgeschaltete IT- oder TN-Systeme überwachen. Dies ist zum Beispiel wichtig für Weichenheizungen, Feuerlöschpumpen auf Schiffen oder redundante Kühlsysteme in Atomkraftwerken. Die Instandhaltung erkennt auch im Sommer, dass eine ausgeschaltete Weichenheizung einen Isolationsfehler aufweist, und kann sie rechtzeitig reparieren. Andernfalls würde die Instandhaltung den Fehler erst beim Einschalten im Winter bemerken – genau dann, wenn die Heizung gebraucht wird.

Das im IT-System vorgeschriebene Isolationsüberwachungsgerät überwacht den Isolationswert permanent. Im Gegensatz dazu wird bei regelmäßigen Prüfungen, etwa gemäß BGV A3, nur der momentane Isolationszustand erfasst. Dieser kann sich unmittelbar nach der Prüfung schon dramatisch verschlechtern und bleibt dann lange unbemerkt. Auch im geerdeten System ist die permanente Überwachung durch den zusätzlichen Einsatz von Differenzstrom-Überwachungssystemen (RCM-Technik) möglich.

Aktiver Brandschutz inklusive

Isolationsfehler sind die häufigste Brandursache. Im IT-System ist die Brandwahrscheinlichkeit sehr gering. Denn Fehler lassen sich schon in der Entstehungsphase erkennen und beheben. Zudem fließt aufgrund des fehlenden niederohmigen Rückpfades (kein geerdeter Sternpunkt) kein Strom, der groß genug wäre, einen Brand zu verursachen – vorausgesetzt die Netzableitkapazität ist nicht zu groß.

Die Isometer Iso 685 und Iso 1685 sind in der Lage, über Jahre lückenlos Netzparameter mit Zeitstempel aufzuzeichnen. In Verbindung mit anderen Systemereignissen ermöglicht dies eine ereignisbasierte Fehleranalyse, die das Auffinden und Beseitigen sporadisch auftretender Fehler erleichtert sowie künftige Investitionsentscheidungen unterstützt.

Nichtlinearen Verbrauchern Paroli bieten

Heute gibt es immer weniger lineare (ohmsche) Verbraucher im Netz: Energiesparlampen oder LEDs haben Glühlampen ersetzt, die Anzahl der Schaltnetzteile steigt und immer mehr Motoren werden über Frequenzumrichter gesteuert. Das IT-System eignet sich besonders für den Einsatz mit großen Umrichterantrieben, da auch bei einem satten Isolationsfehler in deren Zwischenkreis die entstehenden DC-Ströme und Sättigungseffekte in den Eisenkernen der speisenden Generatoren und Transformatoren die induktiven Elemente nicht zerstören können.

Das Isometer Iso 685 deckt auch dieses Szenario ab und ermöglicht eine logische Verknüpfung von Systemparametern, um bei einem kritischen Anlagenzustand eine automatische Abschaltung der Antriebe auszulösen. Das Messgerät differenziert dabei zwischen Fehlern im Zwischenkreis und auf der Motorseite.

In geerdeten Systemen verursachen vagabundierende Ströme oft Probleme. Solche Ströme verursachen Korrosion und Lochfraß an Rohrleitungen, Blitzschutzanlagen, Kugellagern oder Fundamenterdern. Sie können die Schirmung von Signalkabeln zerstören, EMV-Probleme verursachen und Kabelbrände auslösen. Im ungeerdeten System fehlt wiederum der Rückpfad zum Sternpunkt des Trafos, weshalb sich vagabundierende Ströme gar nicht ausbreiten können.

Viel Licht, kaum Schatten

Große IT-Systeme mit vielen Verbraucherabgängen können unübersichtlich werden und eine ungewollt hohe Netzableitkapazität haben. Daher ist es zu empfehlen, solche IT-Systeme mit Trenntransformatoren in separate Einheiten zu unterteilen. Dies verursacht Mehrkosten und Leistungsverluste, insgesamt aber meist nur in einer vernachlässigbaren Höhe. Zumal die Aufteilung in galvanisch getrennte Subsysteme durchaus auch Vorteile hat, etwa die Filterungswirkung gegenüber Störgrößen und die individuelle Anpassung der Spannungen an einzelne Verbraucher. Was ein sehr großes System ist, muss im Einzelfall bewertet werden und hängt von den Systemparametern ab. Zum Beispiel werden die weltgrößten PV-Felder komplett von jeweils einem einzigen Isometer (IsoPV) überwacht – trotz

einer Ausdehnung über zehn Fußballfelder entgeht dem Isometer keine fehlerhafte Steckverbindung, kein beschädigtes Kabel und kein schadhaftes PV-Modul.

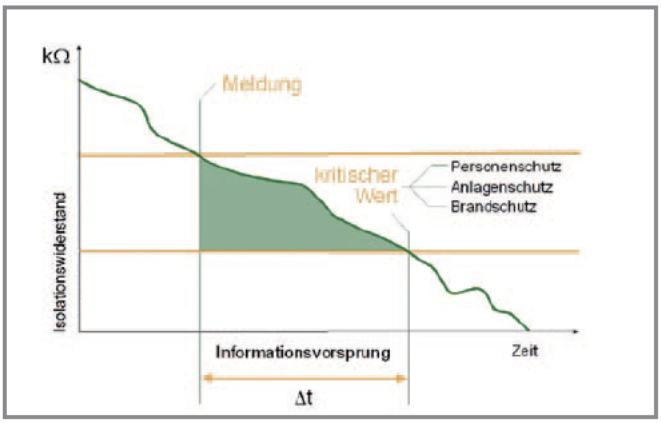
In einem IT-System mit einem Isolationsfehler auf einem Leiter erhöhen sich die Außenleiterspannungen der anderen Leiter gegenüber dem Erdpotenzial. Bei einem satten Erdschluss eines Leiters im 230-V-Netz erhöhen sich die Spannungen der anderen Leiter gegenüber Erdpotenzial auf rund 400 V. Systemkomponenten, bei denen das Potenzial gegenüber Erde eine Rolle spielt, wie Y-Kondensatoren und Überspannungsbegrenzer, sollten daher für die maximale Nennspannung ausgelegt sein. Die Spannungserhöhung lässt sich vermeiden, wenn der Trafo sekundärseitig in Delta-Form (Dreieck-Schaltung) ausgeführt wird. In vielen Fällen wird der Aufbau der Energieversorgung als IT-System erst gar nicht in Betracht gezogen, obwohl es die bessere Wahl wäre. Manchmal führen die Planer die Kosten eines Isolationsüberwachungsgeräts als Argument gegen ein IT-System an. Das Gegenteil ist jedoch der Fall: Angesichts der Vorteile und der damit verbundenen wirtschaftlichen Auswirkungen lohnt sich der Einsatz von IT-Systemen – auch im industriellen Bereich. *(sk)*

Autor

Dr. Dirk Pieler
ist Geschäftsführer der Bender GmbH in Grünberg.

infoDIREKT **753iee0614**

www.all-electronics.de
Link zu den Isometern



[4] Isolationsüberwachungsgeräte verschaffen dem Anlagenbetreiber den notwendigen Informationsvorsprung, um spontane Anlagenabschaltungen zu vermeiden und rechtzeitig geplante Instandhaltungsmaßnahmen einzuleiten.