

RCM-überwachte Stromversorgungsnetze

Ein neuer Markt für innovative Elektrounternehmen

N. Sudkamp, Düsseldorf; A. Karrasch, Neuss

Seit etwa fünf Jahren beschäftigt man sich intensiv mit der RCM-Überwachung von Stromversorgungsnetzen. Insbesondere bei der Planung und Errichtung von elektrischen Anlagen für informationstechnische Einrichtungen gewinnt dieses Thema an Bedeutung. Die Auswirkungen vagabundierender Gebäudeströme sind hier besonders drastisch. Inzwischen liegen ausreichende Erfahrungen vor, wie störende Beeinflussungen und Brände in diesen Anlagen weitgehend verhindert werden können.

Vorteile der Überwachung durch RCM im Überblick

- Erdschlüsse werden in der Entstehungsphase erfasst.
- Versehentlich eingebaute Brücken zwischen N und PE werden sofort erkannt.
- Fehler sind schnell zu lokalisieren.
- Instandsetzungen können planmäßig erfolgen.
- Fehlerhafte Potentiale in sensiblen Einrichtungen werden vermieden.
- Der Einbau von RCD kann auf den Personenschutz beschränkt bleiben.
- Fehler in neu installierten Anlagen oder bei der Inbetriebnahme neuer Geräte werden sofort erkannt.
- Brandgefahren werden gemindert.

1 Grundfunktion eines RCM-Systems

Genau wie beim RCD werden beim Differenzstrom-Überwachungsgerät RCM (Residual Current Monitor) alle durch einen Summenstromwandler erfassten Ströme richtungsabhängig summiert und so vorhandene Differenzströme gemessen. Das heißt, alle aktiven Leiter (Außen- und Neutralleiter) werden durch den Summenstromwandler (Bild 1) geführt.

Ein Auswertegerät (Bild 2) erfasst den Differenzstrom, der vom Summenstromwandler gebildet wird, und wertet ihn aus. Je nach Fabrikat kann bei Überschreitung eines Schwellwerts ein Signal ausgelöst werden oder die Messwerte werden über eine Busleitung auf einen PC übertragen und dort in geeigneter Form dargestellt.

2 Einsatzgebiete RCD/RCM

RCM und RCD erfüllen unterschiedliche Aufgaben, obwohl sie ähnliche Funktionen aufweisen. Sie dienen dazu, Fehler- und Ableitströme in elektrischen Anlagen zu vermeiden, die zulässige Grenzwerte überschreiten.

2.1 FI-Schutzschalter

RCD dienen als Zusatzschutz für den Fall, dass Basis- und Fehlerschutz versagen. Nach DIN VDE 0100, Gruppe 700, wird der Einsatz von RCD beispielsweise gefordert in Räumen mit Badewannen, Duschen oder Schwimmbädern sowie in der Landwirtschaft. Weitere Einsatzorte sind medizinisch genutzte Räume (DIN

VDE 0107). Diesen auf den Personenschutz orientierten Zusatzschutz können RCM nicht übernehmen. Sie sind kein Ersatz und keine Konkurrenz für RCD.

2.2 RCM-Systeme

Diese Systeme überwachen Fehlerströme in elektrischen Anlagen. Sie erfassen die Entwicklung der Fehlerströme, geben Alarmmeldungen bei Überschreitung von Grenzwerten aus und können eine Abschaltung auslösen.

Da die Geräte über einen Datenbus mit einem PC als Zentrale verbunden sind, kommt es nicht zur unkontrollierten Abschaltung von Anlagenteilen (mit entsprechenden Folgekosten) wie dies bei unbeaufsichtigt arbeitenden RCD (für Brandschutzaufgaben) der Fall sein kann. Aufgrund der Messwerte können gezielte Instandhaltungsmaßnahmen eingeleitet werden. Die Einsatzgebiete derartiger Einrichtungen werden immer zahlreicher – einige Beispiele:

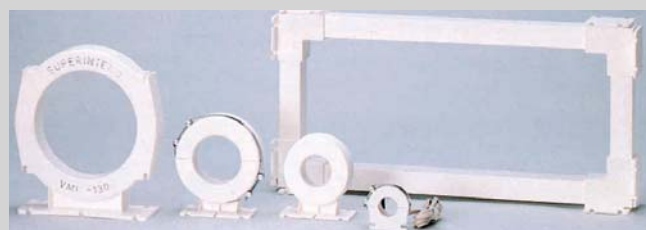
Großküchen. Hier erfolgt die Reinigung der Einrichtungen (auch der mit elektrischen Installationen) mit Hochdruckreini-

gungsgeräten. RCD sind für diese Bereiche nicht vorgeschrieben. Ihr Einsatz würde den Küchenbetrieb durch häufiges Abschalten stören. RCM melden die Abnahme der Isolationsfestigkeit. Instandsetzung oder Geräte austausch können rechtzeitig erfolgen. Ausfall und damit Störung des Betriebs werden vermieden.

Sicherheitseinrichtungen. Dazu zählen u. a. Alarmsysteme, Sicherheitsbeleuchtung, Kühleinrichtungen mit wertvollem Kühlgut und Steckdosenstromkreise für Geräte, die über längere Zeit unbeaufsichtigt betrieben werden und nicht ausfallen dürfen.

Versorgungsnetze. Die Nachfrage nach „sauberen Netzen“ wird immer größer. Das betrifft vor allem Gebäude, in denen informationstechnische Einrichtungen betrieben werden (Verwaltungen, Geldinstitute und Versicherungen). Ferner zählen dazu Gebäude, in denen sich medizinisch genutzte Räume, Forschungseinrichtungen oder Laboratorien befinden. Vagabundierende Fehlerströme durch leitende Gebäudeteile haben hier schwerwiegende Auswirkungen und sind deshalb zu vermeiden.

1 Geschlossene und auftrennbare Summenstromwandler für RCM-Systeme



2 Auswerteeinheit für die RCM-Technik 8 Kanäle können mit dieser Einheit überwacht werden. Eine Datenschnittstelle ermöglicht den Anschluss an ein Bussystem und einen PC

Fotos: Trafox/Finnland

Autoren

Dipl.-Ing. Norbert Sudkamp, Norbert Sudkamp GmbH, Düsseldorf; Dipl.-Ing. A. Karrasch, Neuss.

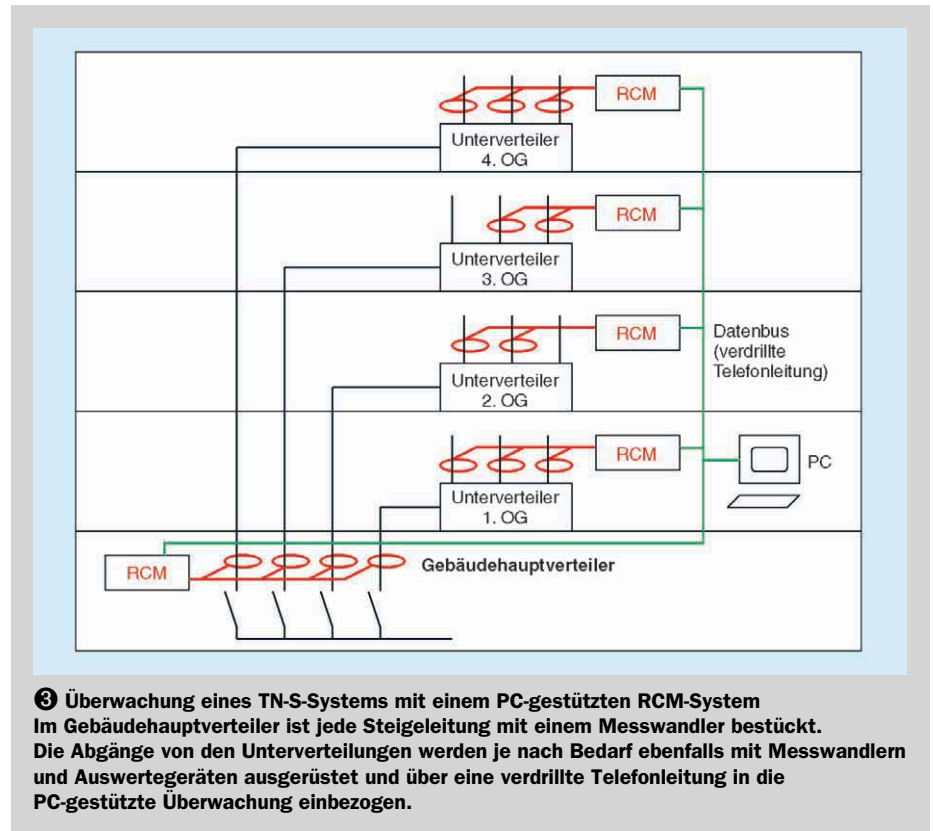
Industrieanlagen. Antriebe in Produktionsanlagen sind zwar durch Schutzschaltungen geschützt. Ihr unkontrollierter Ausfall kann aber zu schweren Störungen im Produktionsablauf führen, die mit entsprechenden Kosten verbunden sind. Auch hier bietet die Prophylaxe durch RCM Vorteile.

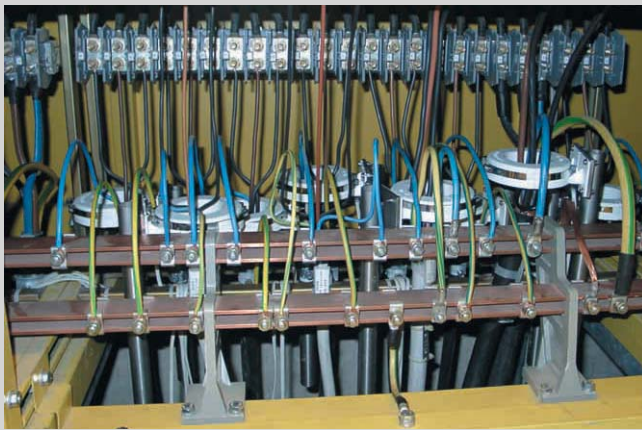
3 Aufbau des RCM-Systems

Der Aufbau eines RCM-Überwachungssystems ist unkompliziert. Bild 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau. Die wesentlichen Komponenten sind:

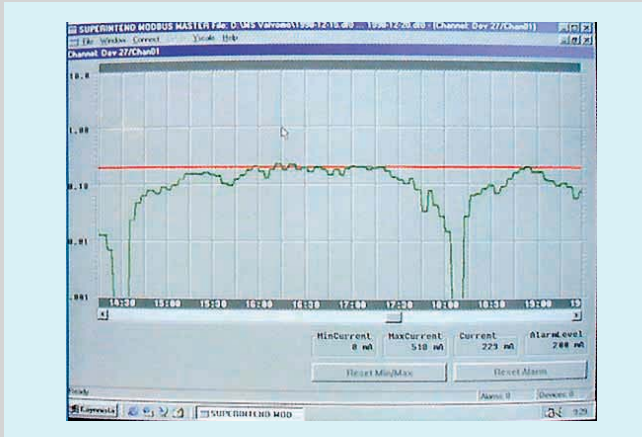
- Messwandler
- Auswertegerät
- Schnittstellengerät und
- Personal Computer.

Messwandler. Die Wandler sind mit verschieden großen Lochdurchmessern erhältlich. Durch die Wandleröffnung werden die aktiven Leiter (Außen- und Neutralleiter) geführt. Deshalb ist die Größe dem Kabelquerschnitt entsprechend auszuwählen. Damit die Summenstromwandler überall positioniert werden können, sind sie in der Regel vom Auswertegerät getrennt. Einige Hersteller bieten beide Funktionen in

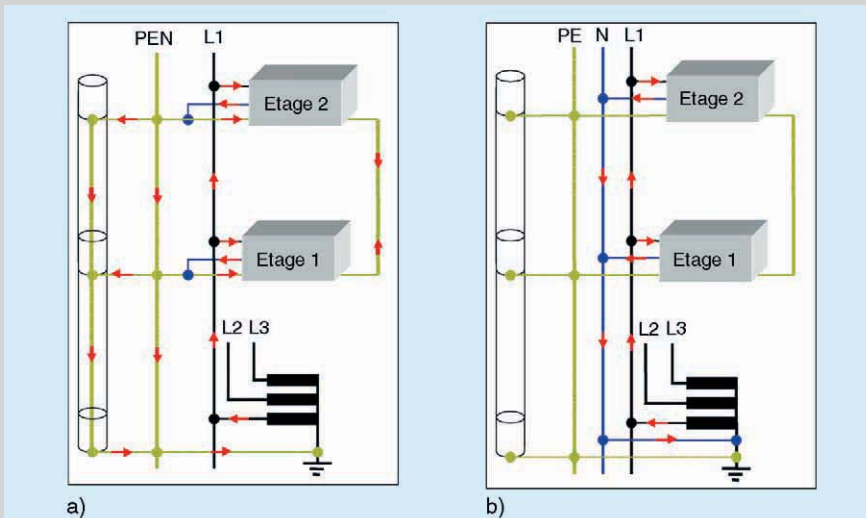




4 Einbau von Klappwandlern in eine vorhandene Verteilung ohne Betriebsunterbrechung



5 Darstellung des Fehlerstromverlaufs für einen Kanal auf dem PC-Monitor. Mit dem Cursor kann der Stromwert an einem beliebigen Punkt angezeigt werden. Langzeitmessungen sind möglich.



6 EMV-gerechter Netzaufbau – a) TN-C-System (ungeeignet); b) TN-S-System (geeignet)

einem Gerät an, meistens aber nur für kleinere Leitungsquerschnitte.

In bestehenden Anlagen können die Wandler ohne Ablegen der Kabel und Leitungen eingebaut werden. Für diese Fälle stehen Klappwandler zur Verfügung (Bild 4).

Auswerteeinheit. Auf dem Markt sind Einheiten für den Anschluss von einem bis zu 12 Messwandlern erhältlich. Für den gewerblichen Bereich kommen überwiegend die mit mehreren Anschlüssen in Frage. Die Verbindungsleitungen Wandler – Steuereinheit sind zum Teil konfektioniert und steckbar. Die Einheit wertet die Messdaten aus.

Datenbusleitung und PC. Über den Datenbus und den Schnittstellenkonverter werden die Daten dem PC zugeführt. Bauseits ist dazu ein verdrehtes Aderpaar einer Telefonleitung zur Verfügung zu stellen.

Ein handelsüblicher PC reicht aus, ein separater Rechner ist nicht erforderlich. Für die Installation der Software und die Inbetriebnahme halten die Hersteller Unterlagen und persönliche Unterstützung bereit. Auf dem Bildschirm sind die momentan fließenden Fehlerströme als Zahlenwert oder in ihrem Verlauf zu sehen. Die Alarmgrenze kann beliebig und für jeden Messkreis separat, eingestellt werden (Bild 5).

Dargestellt werden auch die zurückliegenden Maximal- und Minimalwerte der Fehlerströme. Neben der Alarmgrenze sind weitere Parameter, wie verzögerte Alarmmeldung und Hysterese, am PC einstellbar.

4 Fehlerströme durch defekte elektrische Anlagen und Geräte

4.1 Ursachen

Fehlerströme werden überwiegend durch fehlerhafte Isolierung verursacht:

- Die interne Verdrahtung von festmontierten Leuchten kann durch ständige Wärmeeinwirkung brüchig werden.
- Feuchtigkeit und Schmutz rufen in ortsveränderlichen elektrischen Geräten Fehlerströme von den aktiven Teilen zum geerdeten Gehäuse hervor.
- Anschlussleitungen von Geräten können mechanisch beschädigt sein oder die Isolierung dieser Leitungen ist so brüchig, dass Fehlerströme auftreten.

Beispiele in festinstallierten Anlagen sind

- der berühmte Nagel in der Elektroleitung
- Kabel und Leitungen, die auf mangelhaft thermisch isolierten Heizungsleitungen liegen
- Fehler, die durch Überlastung von elektrischen Leitungen entstehen.

Durch diese Fehler kommen aktive Leiter allmählich mit leitfähigen Gehäuseteilen oder Rohrleitungen in Verbindung. Über eine unter Umständen sehr lange Zeit können so Fehlerströme fließen.

Bei den regelmäßig durchzuführenden Wiederholungsprüfungen werden die Mängel in bestehenden Anlagen entdeckt. Erfahrungsgemäß gibt es kaum Prüfungen, bei denen keine derartigen Fehler entdeckt werden. Eine Vielzahl von Fehlern ist deshalb besonders in Anlagen zu vermuten, die nicht in den vorgeschriebenen Intervallen geprüft werden.

Diese Fehler können mit RCM-Systemen rechtzeitig erkannt und behoben werden.

4.2 Netzsystem und Fehlerströme

TN-C-System. Im TN-C-System sind Neutralleiter (N) und Schutzleiter (PE) im Verteiler des Verbraucherbereichs miteinander verbunden. Diese in das Stromverteilungssystem vorverlegte Verbindung verursacht eine Aufteilung der zurückfließenden Betriebsströme auf den PEN-Leiter und auf fremde leitfähige Teile (Gebäudekonstruktionen, Rohrleitungssysteme). Es treten unkontrollierbare (vagabundierende) Ströme auf (Bild 6a). Da z. B. parallellaufende Kupfer- oder Stahlrohre der Gas- oder Wasserversorgung einen kleineren Widerstand haben können als der PEN-Leiter, fließt der größere Teilstrom über fremde leitfähige Teile bis zur Stromquelle.

Zusätzlich fließende Fehlerströme der Betriebsmittel bleiben in diesem System unerkannt.

Sie können im Amperebereich liegen und u. a. Brände verursachen.

TN-C- und TN-C-S-System sind normkonforme Schutzmaßnahmen. Probleme zeigen sich allerdings beim Betrieb informationstechnischer Einrichtungen. Vagabundierende Gebäudeströme können

- die Schirme von Datenleitungen belasten, den Datenfluss verlangsamen oder zu Abbränden an den Leitungen führen
- Korrosion an Leitungen verursachen
- magnetische Felder hervorrufen, die in Leitungsschleifen Ströme induzieren, Bildschirme zum Flackern bringen oder Unwohlsein bei exponierten Personen verursachen.

Inzwischen gibt es Normen, die Anforderungen an einen EMV-gerechten Netzaufbau enthalten, z. B.:

- EN 50174-2
- EN 50310
- DIN VDE 0100 Teil 444
- DIN VDE 0100 Teil 510
- DIN VDE 0100 Teil 540
- DIN VDE V 0800-2-548
- DIN VDE 0107.

Bis zur Änderung der Basisnorm gelten die enthaltenen Forderungen als Empfehlungen. Erwartet wird ein deutlicher Hinweis auf ein Verbot der TN-C- und TN-C-S-Systeme für Gebäude mit informationstechnischen Einrichtungen.

TN-S-System. Im TN-S-System fließen die Betriebsströme über den Neutralleiter (N) zur Quelle zurück. Unkontrollierte Ströme über Rohrleitungen oder Gebäudekonstruktionen werden vermieden. Der Schutzleiter (PE) übernimmt die ihm zugedachte Funktion: Schutz im Fehlerfall bei Körper- und Erdschlüssen. Damit ist neben Vorteilen, wie Vermeidung unzulässig hoher Potentiale oder der Bildung von magnetischen Feldern, ein wesentlicher Schritt zur Vermeidung von Brandursachen getan (Bild 6b).

Die Fehlerströme sind in TN-S-Systemen mit RCM eindeutig messbar.

Bei Neubauten, Erweiterungen und Änderungen bestehender Anlagen sollten deshalb Vierleiternetze schrittweise durch Fünfleiternetze ersetzt werden. Bei Erneuerung von Verteilern ist auf die saubere Trennung zwischen N- und PE-Leiter zu achten (s. Bild 6b).

Fehlerwiderstand entsteht. Ein Isolationsfehler bzw. der resultierende Fehlerstrom kann sich in Monaten oder Jahren entwickeln. Wird die Zündtemperatur erreicht, kommt es zum Brand. Ein Wert von 60 W Fehlerwärmeleistung wird als kritischer Wert angesehen (DIN VDE 0100-420A2). Bei entsprechenden Fehlerströmen von 300 bis 500 mA können Funkenbrücken entstehen, die sich schlagartig zu Lichtbögen ausbilden und brennbare Materialien in Brand setzen.

Im fehlerfreien Fall fließen die Betriebsströme im TN-S-System über den Neutralleiter zur Quelle zurück, bei Körper- und Erdschlüssen aber auch über Gebäudekonstruktionen und Rohrleitungen.

In diesen Stromkreisen (ohne RCD) schaltet das zugeordnete Schutzorgan erst dann ab, wenn der Nennstrom der Sicherung oder des LS-Schalters überschritten wird. Ein LS-Schalter darf innerhalb einer Stunde bei einer Überschreitung des Nennstroms von 13 % nicht ausfallen. Das Schutzorgan muss abschalten, wenn der Strom 45 % des Nennstroms übersteigt und zwar innerhalb einer Stunde. Bei einem LS-Schalter mit Nennstrom 16 A, kann bei Vernachlässigung der Eigenleistung des Geräts im Endstromkreis somit ein Fehlerstrom von 23,2 A über eine Stunde fließen. Weit höhere Erdschlussströme entstehen in Verteilerstromkreisen.

Diese Ströme liegen weit oberhalb der kritischen Werte. Mit einem RCM-System können sie schon in der Entstehung erfasst und lokalisiert sowie entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.

Ungewollte Verbindung N-PE. Eine weitere Fehlerquelle sind ungewollte Verbindungen zwischen N- und PE-Leiter. Diese Fehler entstehen zum Beispiel bei Nachinstallations- bzw. Instandsetzungsarbeiten in Anlagen/an Geräten. Auch hier fließen nicht kontrollierbare Fehlerströme über Gebäudekonstruktionen und Rohrleitungen.

Zur frühzeitigen Erkennung dieser Fehler sind gründliche Erstprüfungen nach DIN VDE 0100 Teil 610 für neuerrichtete Anlagen sowie für Änderungen und Erweiterungen vorgeschrieben. Elektrische Geräte sind nach der Instandsetzung gemäß DIN VDE 0701 zu prüfen. Problematisch sind die Erdschlussfehler, die während des Betriebs auftreten. Diese können erst bei den Wiederholungsprüfungen festgestellt werden. Das bedeutet, akute Brandquellen können über einen langen Zeitraum vorhanden sein. Auch diese Fehler werden von RCM-Systemen erkannt.

Praxis der Einsatz einer mobilen RCM-Messeinrichtung bewährt. Die Einrichtung besteht aus den in Abschn. 3 genannten Komponenten. Als PC eignet sich ein handelsübliches Notebook. Die erste Messung sollte möglichst nahe der Quelle erfolgen. Das wird in der Regel der Hauptverteiler der Umspannanlage oder der Gebäudehauptverteiler sein. Die Messeinrichtung wird im elektrischen Betriebsraum aufgebaut. Die Verbindungen werden mit beweglichen Leitungen hergestellt. Als Ergebnis erhält man Messdaten der gesamten Stromversorgungsanlage, die Aussagen zu weiteren Maßnahmen zulassen.

Schrittweiser Ausbau. Die Realisierung eines RCM-überwachten TN-S-System sollte in folgenden Schritten vorgenommen werden:

- Sichtprüfung der Netzsysteme
- Umstellung der Versorgung auf TN-S-Systeme
- Errichten eines funktionsfähigen Potentialausgleichs
- Instandsetzung und Komplettierung der Erdungsanlagen
- Einbau einer RCM-Erdschlussüberwachung.

Auch hier ist an der Quelle (Transformator, Aggregat, Zentralbatterie) zu beginnen. Die Erdschlussüberwachung wird zunächst an einem zentralen Punkt, z. B. im Gebäudehauptverteiler vorgesehen (s. Bild 3). Liegen aussagekräftige Messergebnisse vor (z. B. auch von einem mobilen RCM-System aus Unterverteilungen), ist eine Ausdehnung auf sensible Gebäudeteile möglich. ■

5 Brände durch Fehlerströme

Die Statistiken der Versicherer zeigen: Fehler in elektrischen Anlagen sind eine der häufigsten Brandursachen.

Physikalische Brandursache ist eine Wärmequelle, die durch Verringerung der Isolierfähigkeit und die Verlustleistung am

6 Realisierung von RCM-Systemen

Mobiles RCM-System. Werden in vorhandenen Stromversorgungsanlagen Erdschlussströme vermutet, so hat sich in der