



Isolationsfehlerschutz

Durch Isolationsfehlerschutz Brandrisiko effektiv mindern

Viele Versicherungsnehmer fragen sich, warum sie Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes beachten sollen, wenn sie eine Feuerversicherung und eventuell noch eine Betriebsunterbrechungsversicherung (BU) abgeschlossen haben. Hinter dieser Fragestellung verbirgt sich eine geringe Sensibilität gegenüber Brandschutzerfordernissen, die sich auch in der Mentalität ausdrückt „bei uns hat es noch nie gebrannt, das wird auch in Zukunft so bleiben“. Von diesen so genannten Argumenten könnten noch weitere aufgezählt werden. Es gibt aber einige überzeugende Argumente dagegen.

Argumente für einen wirkungsvollen Isolationsfehlerschutz

Etwa 66 % der feuerversicherten Firmenkunden haben eine Feuer-BU. Sieht man sich die verbleibenden 33 % genauer an, stellt sich die Frage, wie nach einem Großbrand und dem damit einhergehenden Produktionsausfall die laufenden Kosten für z. B. Löhne und Gehälter sowie Kreditraten beglichen werden sollen. Bei Versicherungsnehmern, die eine BU abgeschlossen haben, sind diese Kosten durch die Versicherung abgedeckt. Aber auch mit einer BU-Deckung können die entstehenden Schäden erheblich sein.

So können eventuell Vertragsstrafen für nicht gelieferte Waren das Firmenbudget belasten. Der schwerste Schaden entsteht durch verlorene Marktanteile, diese können auch durch eine Versicherung nicht ersetzt werden. Nach den Erfahrungen des Allianz Zentrum für Technik müssen rund die Hälfte

der Unternehmen nach einem Großschaden in den nächsten drei Jahren Insolvenz anmelden. Für große Konzerne dürfte interessant sein, dass die Börsennotierungen in den ersten Monaten nach dem Schadenereignis erheblich zurückgehen. Auch sollte man nicht vergessen, dass Brandschutz ebenfalls Personenschutz bedeutet.

Risikofaktor Elektrizität

Statistiken des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) e.V. weisen aus, dass pro Jahr zwischen 15 und 20 % des Gesamtschadens von Feuerversicherungen auf Elektrizität (ohne Blitz- und Überspannungsschäden) zurückzuführen sind. Aus der aktuellen Mängelstatistik (2005-07) der VdS Schadenverhütung GmbH geht hervor, dass unter den 20 häufigsten Mängeln gerade auch brandschutztechnisch relevante Fehler, z. B. mangelhafte Kabel- und Leitungsführung, mangelhafte Leiteranschlüsse und -verbindungen regelmäßig anzutreffen

sind. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Mängel besonders in Branchen anzutreffen sind, in denen feuergefährdete Bereiche, z. B. Papier- und Zellstoffherstellung, Chemische Fabriken oder diesen gleichzustellende Risiken, z. B. Sanatorien, Krankenhäuser und Versammlungsstätten, zu erwarten sind. Diese Zahlen belegen, dass ein wirkungsvoller Isolationsfehlerschutz die Schwächen zwar nicht beseitigen, aber wesentlich zum Brandschutz in elektrischen Anlagen beitragen kann. Diesem Sachverhalt wurde auch in der Norm für den „Brandschutz bei besonderen Risiken oder Gefahren“ (DIN VDE 0100-482) Rechnung getragen. In dieser Errichtungsnorm wird ein Isolationsfehlerschutz für feuergefährdete Betriebsstätten vorgeschrieben. In der GDV-Publikation VdS 2033 „Feuergefährdete Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken“ sind Tabellen mit Beispielen von Risiken dieser Art enthalten.



Ein letztes Argument für Maßnahmen zum Schutz bei Isolationsfehlern soll nicht unerwähnt bleiben. Werden die „Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt“ (VdS 2046) zwischen Versicherer und Versicherungsnehmer vereinbart, besteht die Möglichkeit, dass auf eine Isolationswiderstandsmessung unter Umständen verzichtet werden kann, wenn der Schutz bei Isolationsfehlern durch Abschaltung oder Meldung gewährleistet ist.

Isolationsfehlerschutz durch Abschaltung

Der Isolationsfehlerschutz teilt sich in Maßnahmen zum Schutz gegen Isolationsfehler und zum Schutz bei Isolationsfehlern. Erstere sind nicht Bestandteil dieses Beitrages, da sie schon ausführlich im Beitrag „Isolationsfehlerschutz – Voraussetzung für den Brandschutz in elektrischen Anlagen“ von Herrn Adalbert Hochbaum (Heft 4/2000) dargelegt wurden.

In den folgenden Abschnitten geht es um den Schutz bei Isolationsfehlern durch Abschaltung oder Meldung. Vorgeschaltete Überstromschutzvorrichtungen – wie z. B. Schmelzsicherung oder Leitungsschutzschalter – kommen für den Isolationsfehlerschutz nicht in

Frage, da sie bei widerstandsbehafteten Kurzschlüssen zu spät oder gar nicht auslösen. Erfahrungen belegen, dass in der Realität häufiger mit widerstandsbehafteten Kurzschlüssen zu rechnen ist, bei denen Fehlerströme in der Größenordnung von ca. 300 mA fließen können. Wie Untersuchungen ergaben, können diese bereits zum Brand führen (weitere Details siehe o. g. Beitrag Heft 4/2000).

Fehlerströme in dieser Größenordnung können nur von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD¹) oder Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM²) erkannt und abgeschaltet werden. Voraussetzung für einen wirkungsvollen Fehlerstromschutz ist, dass der Schutzleiter in allen Kabeln und Leitungen mitgeführt wird. Im IT-System wird eine Kombination von Isolationsüberwachungsgerät (IMD³) für den 1. Fehlerfall und RCD zur Abschaltung des 2. Fehlers empfohlen (siehe „Störungsarme Elektroinstallationen“ VdS 2349).

Funktionsbeeinträchtigung durch Ableitströme

Schon frühzeitig wurde in der Schadenverhütungsarbeit die o. g. Unzulänglichkeit der Überstromschutzvorrichtungen bezüglich des Brandschutzes erkannt. Um eine

bessere Schutzwirkung im Brandfall zu erreichen, wurde die Notwendigkeit erkannt, Schutzeinrichtungen zu entwickeln, die schon bei brandgefährlichen Fehlerströmen von 300 mA auslösen und somit die elektrische Anlage vom Netz trennen. Diese Entwicklung führte dazu, dass heute der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) zu der am meisten verbreiteten und von den Sachversicherern empfohlenen Maßnahme zum Schutz bei Isolationsfehlern gehört.

Durch den Einsatz von immer mehr elektronischen Betriebsmitteln im industriellen Bereich und im Wohnbereich – z. B. Frequenzumrichter, USV⁴-Anlagen, Schaltnetzteilen in Computern, Audio- und Videogeräten sowie elektronischen Vorschaltgeräten in Leuchten – werden immer häufiger Oberschwingungen erzeugt.

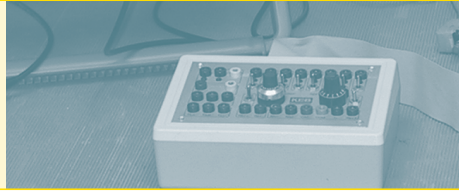
Zur Einhaltung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) werden die Oberschwingungsströme gefiltert. Ein „Abfallprodukt“ der EMV-Filter sind die Ableitströme. Diese gelangen zu einem großen Teil über den Schutzleiter zum Sternpunkt des Netzes zurück. Ableitströme sind demzufolge betriebsbedingte Ströme, die über den Schutzleiter oder andere leitfähige Teile, die ►

¹ RCD: Residual Current operated protective Device, früher FI-Schutzschalter

² RCM: Residual Current Monitor

³ IMD: Insulation Monitoring Device

⁴ USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgung



Bestandteil des Potentialausgleiches sind, zur Erde fließen.

Aufgrund ihrer hohen Leistung und der damit verbundenen hohen Ableitströme bereiten Frequenzumrichter, Stromrichter, Wechselrichter und USV-Anlagen hinsichtlich der Beeinträchtigung der Funktion der RCD/RCM die größten Probleme. Im **Bild 1** ist der typische Aufbau einer Frequenz-

umrichteranlage, mit den dort vorkommenden Ableitströmen, dargestellt.

Ableitströme werden über betriebsbedingte Kapazitäten, wie z. B. Y-Kondensatoren von Filtern, über parasitäre Kapazitäten und physikalisch vorhandene Isolationswiderstände der angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel zum Schutzleiter (PE) bzw. Poten-

tialausgleich (PA) geleitet. Parasitäre Kapazitäten sind für den Betrieb nicht benötigte Kapazitäten, die z. B. durch parallele Leiterführung in Kabeln und Leitungen sowie auf Leiterplatten entstehen. Die Funktionsweise der RCD oder RCM besteht darin, Ströme, die auf dem Schutzleiter fließen, zu erkennen und ab einer bestimmten Höhe abzuschalten oder zu melden. Der Strom, der über den Schutzleiter

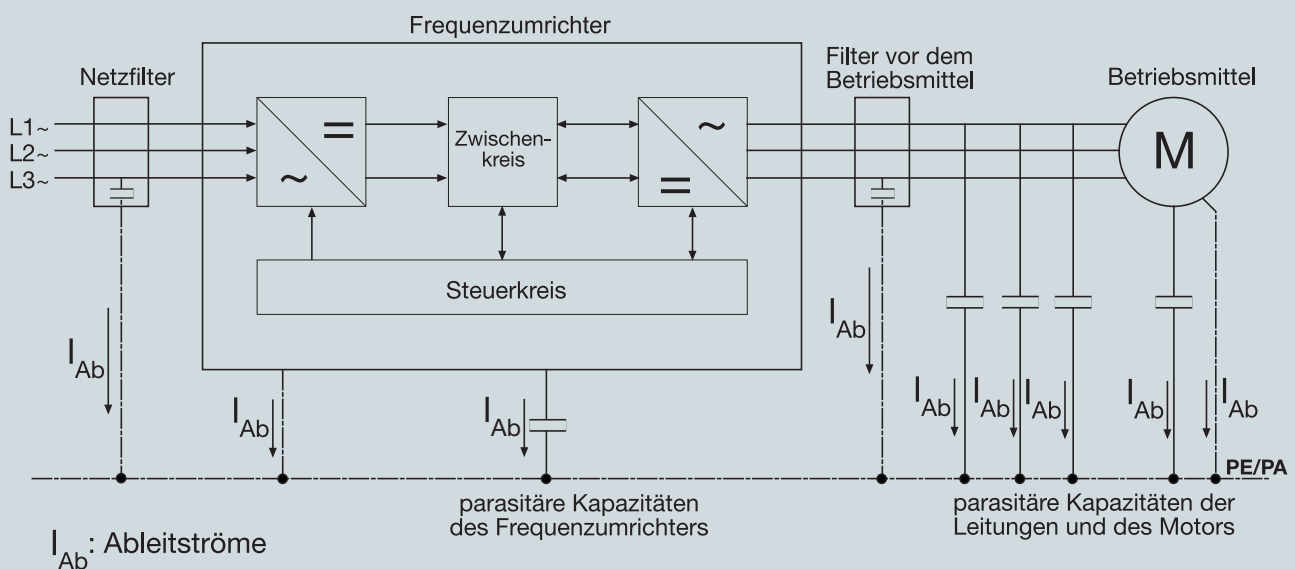


Bild 1: Ableitströme in Stromkreisen mit Frequenzumrichtern



fließt bzw. nicht über die aktiven Leiter zum Netz zurückfließt, wird als Bemessungsdifferenzstrom bezeichnet. Da Ableitströme und Fehlerströme auf den gleichen Strompfaden fließen, kann die RCD/RCM nicht zwischen diesen unterscheiden. Daraus folgt, dass wenn der Ableitstrom die Höhe des Bemessungsdifferenzstromes erreicht, die RCD/RCM abschaltet oder einen Fehler meldet, obwohl kein Fehler existiert. Die Verfügbarkeit der elektrischen Anlage ist somit nicht mehr gegeben. Dies kann dazu führen, dass die RCD oder RCM überbrückt oder ausgebaut wird. Um die Ableitströme zu verringern, werden in der Praxis zum Teil Netzfilter überbrückt. Dadurch wird zwar der Isolationsfehlerschutz aufrechtgehalten, aber es wird gegen das EMV-Gesetz verstoßen.

Was kann getan werden, damit die Ableitströme die Funktion der RCD oder RCM nicht mehr beeinträchtigen? In Fachkreisen wurden in letzter Zeit verschiedene Möglichkeiten diskutiert. Ein Weg ist, die Ableitströme so zu verringern, dass die Funktion der RCD/RCM nicht beeinträchtigt wird. Andere Überlegungen gehen davon aus, dass Ableitströme, da sie betriebsbedingt sind, nicht über den Schutzleiter fließen dürfen, sondern über den Neutralleiter oder über einen separaten Funktionserdungsleiter. Teilweise wird der Einsatz von anderen Schutzeinrichtungen für den

Isolationsfehlerschutz in den elektrischen Anlagen erwogen. Die praktikabelsten Lösungen werden in den demnächst erscheinenden neuen Richtlinien des GDV „Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln“ (VdS 3501) aufgezeigt. Diese Lösungen werden nachfolgend kurz vorgestellt.

Separater Funktionserdungsleiter bei Einsatz von Frequenzumrichtern

Dieses Konzept wurde in dem Arbeitskreis des GDV, der die Richtlinien VdS 3501 erarbeitet, lange Zeit diskutiert. Nachdem erkannt wurde, dass es in absehbarer Zeit keine Lösung geben wird, wurde die Idee des separaten Funktionserdungsleiters verworfen. Hier soll noch einmal die Grundidee des Funktionserdungsleiters (FE) erläutert und die damit zusammenhängenden Probleme aufgezeigt werden.

Der Grundgedanke des separaten Funktionserdungsleiters besteht darin, dass die betriebsbedingten Ableitströme nicht über den Schutzleiter, sondern auf einen separaten Funktionserdungsleiter zum Sternpunkt zurückfließen sollen. Der Funktionserdungsleiter wird dabei wie ein Neutralleiter behandelt, d. h., die auf diesem Leiter fließenden Ableitströme werden von der RCD/RCM mit erfasst. Es

muss sorgsam darauf geachtet werden, dass zwischen dem Funktionserdungsleiter und dem restlichen Erdungssystem sowie dem Schutzleiter (PE), nach dessen Auftrennung vom Schutzleiter oder PEN-Leiter, keine weiteren Verbindungen bestehen. Mit der Aufteilung der Ableitströme und Fehlerströme auf verschiedene Leiter wären die Probleme für die RCD/RCM behoben. Eine derartige Lösung wäre die konsequente Umsetzung des EMV-verträglichen TN-S-Systems auf die Frequenzumrichtertechnik.

Was macht die Sache so kompliziert, dass sie nicht verwirklicht werden kann? Ein EMV-gerechter Aufbau der Anlage würde eine niederimpedante Verbindung des Funktionserdungsleiters mit den elektronischen Komponenten erfordern, d. h., der Funktionserdungsleiters müsste großflächig, z. B. mit dem Gehäuse des Frequenzumrichters, verbunden werden. Am Gehäuse ist aber üblicherweise schon der Schutzleiter angebunden. Somit ist bei diesen Geräten ein **separater** Funktionserdungsleiter nicht möglich. Schutzisolierte Geräte sind zurzeit nur als Sonderlösungen vorhanden und werden, aufgrund der benötigten Erdung der Geräte, auch in naher Zukunft nicht serienmäßig auf dem Markt verfügbar sein. ▶



Welche Komponenten sollen bei dem Anschluss an den separaten Funktionserdungsleiter berücksichtigt werden? Wird der Motor mit einbezogen, muss dieser isoliert vom Rest der Maschine aufgebaut sein, damit die Auftrennung des Funktionserdungsleiters vom Erdungssystem erhalten bleibt. In den meisten Fällen ist dies unrealistisch.

Wie wird der Schirm des Motorkabels angeschlossen, wenn der Motor nicht isoliert aufgebaut wurde? Wird der Kabel- oder Leitungsschirm mit einem Ende am Gehäuse des Frequenzumrichters oder Ausgangsfilters angeschlossen und mit dem anderen am Motorgehäuse, ist der FE nicht mehr isoliert vom Schutzleiter aufgebaut. Wird der Kabel- oder Leitungsschirm dagegen mit beiden Enden an den Funktionserdungsleiter angeschlossen, ist die EMV-Wirkung, für die der Schirm gedacht ist, aufgehoben.

Die Realisierung des Konzeptes eines separaten Funktionserdungsleiters erfordert ein vollständiges Umdenken der Entwicklungsabteilungen von Frequenzumrichterherstellern. Bei entsprechender Umsetzung dieses Konzeptes wäre die Lösung der vorgenannten Probleme denkbar. Dies ist mit erheblichen Kosten verbunden, die von den Herstellern nicht getragen werden. Ein vorhandener Markt für

diese Technik, z. B. für feuergefährdete Betriebsstätten, könnte ein Umdenken bei den Herstellern von Frequenzumrichtern bewirken. Dazu muss der Schutz bei Isolationsfehlern in Anlagen nach DIN VDE 0100-482 konsequent umgesetzt werden.

Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln (VdS 3501)

Alle Maßnahmen, die im Anschluss genannt werden, sind Bestandteil der neuen GDV-Publikation VdS 3501.

Wichtig bei dem Einsatz eines Isolationsfehlerschutzes mit RCD/RCM ist, dass die Problematik der Ableitströme schon in der Planungsphase erkannt und berücksichtigt wird. In Zusammenarbeit mit den Herstellern von z. B. Frequenzumrichtern und Filtern sollte deshalb eine Beurteilung der Ableitströme in Form einer Ableitstrombilanz erstellt werden.

Als Ergebnis erhält der Planer einen Überblick über die zu erwartenden Ableitströme. Dazu stellt er Angaben über z. B. den Funkentstörgrad und die Motorkabellänge bereit. Im Gegenzug gibt der Filterhersteller die Höhe der Ableitströme seines Netzfilters und eines eventuell Ausgangsfilters an. Der Hersteller des Frequenzumrichters sollte Anga-

ben zur Höhe der Ableitströme seines Umrichters, in Abhängigkeit der Taktfrequenz, sowie über den Ableitstrom je Meter Motorkabel, bei einem vorgegebenen Kabeltyp, zur Verfügung stellen. Der Ableitstrom des Motors muss mit einer einzuschätzenden Reserve berücksichtigt werden. Bei den Filterherstellern ist die Angabe des Ableitstromes in den Datenblättern schon gängige Praxis. Die Frequenzumrichterhersteller werden sich daran gewöhnen müssen, dass ihre Produkte auch nach der Höhe des Ableitstromes bewertet werden.

Nachdem der Planer die Höhe der Ableitströme ermittelt hat, muss er sich entscheiden, ob und welche Maßnahmen er treffen muss, um den Ableitstrom so zu verringern, dass die RCD oder RCM ohne Beeinträchtigung ihrer Funktion in die Anlage integriert werden kann. Bei dem Einsatz einer RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 300 mA sollte die Summe der Ableitströme $< 150 \text{ mA}$ sein, da die RCD schon bei der Hälfte des Bemessungsdifferenzstromes auslösen kann.

In den Richtlinien ist ein Ablaufdiagramm enthalten, welches die Auswahl der richtigen Maßnahme erleichtert. Es wird z. B. abgefragt, ob außer dem Brandschutz auch der zusätzliche Schutz durch RCD (Personenschutz) berücksichtigt



werden muss oder ob es zu Fehlauslösungen der Schutzeinrichtung während des Einschaltens kommen kann. Entsprechende Maßnahmen werden dann vorgeschlagen.

Die aufgezählten Punkte werden mit ihren Vorteilen und ggf. ihren Nachteilen erläutert. So wird z. B.

sind, dass diese von keiner RCD oder RCM beherrscht werden können. Als Beispiel werden hier Anlagen genannt, bei denen die Gleichrichterbrücke des Frequenzumrichters gesteuert wird. Allein die Netzfilter für solche Applikationen erzeugen einen Ableitstrom von ca. 300 mA. Bei Anlagen mit

Beispiel werden Hinweise gegeben, welche Isolationsüberwachungseinrichtungen bei geregelten Antrieben verwendet werden müssen.

Die permanente Isolationsüberwachung in TN-Systemen ist ein neu entwickeltes Verfahren, welches sich zurzeit in der Erprobung befindet. Laut Herstellerangaben soll die entsprechende Gerätetechnik im Jahr 2006 oder 2007 serienreif sein. Zurzeit werden noch Applikationen gesucht, in denen diese neuartige Isolationsüberwachung getestet werden kann.

Folgende Maßnahmen zur Verringerung der Ableitströme werden in diesen Richtlinien erläutert:

- ▶ Einsatz von ableitstromarmen Netzfiltern oder Netzdrotseln
- ▶ Einsatz von Eingangs-Sammelfiltern für mehrere Frequenzumrichter, Stromrichter oder USV-Anlagen
- ▶ Einsatz von Ausgangsfiltern
- ▶ Aufteilung der Stromkreise von mehreren elektronischen Betriebsmitteln auf mehrere RCD/RCM
- ▶ Schutz vor transienten Ableitströmen, die durch Schaltvorgänge entstehen

darauf hingewiesen, dass nicht mit allen ableitstromarmen Filtern der höchste Funkentstörgrad der Klasse B (Wohn- und Gewerbebereich) erreicht wird. Bei Sinusfiltern wird darauf hingewiesen, dass diese nicht für hochdynamische Antriebe geeignet sind.

Es gibt elektrische Anlagen, in denen die Ableitströme so groß

sehr hohen Ableitströmen werden die folgenden Schutzmaßnahmen empfohlen:

- ▶ Aufbau eines IT-Systems mit Isolationsüberwachung
- ▶ Permanente Isolationsüberwachung in TN-Systemen

Auch diese beiden Punkte werden in den Richtlinien erläutert. Zum

Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass es in den üblichen geerdeten Systemen arbeitet und vom Ableitstrom unabhängig ist. Der Aufbau der permanenten Isolationsüberwachung ist im **Bild 2** dargestellt.

Das System besteht aus einem Generator zur Einspeisung des Messstromes und den Auswerteeinheiten. Der Generator sollte vorzugsweise in den Sternpunkt der Anlage eingebunden werden. Wenn kein Sternpunkt vorhanden ist, wird er wie im **Bild 2** mit durchgehender Linie dargestellt eingebunden. Hinter dem Generator können mehrere Auswerteeinheiten angeordnet werden. Das Prinzip dieses Verfahrens basiert auf der induktiven Einspeisung eines kleinen Messstromes. In den Netzabgängen werden in speziellen ▶

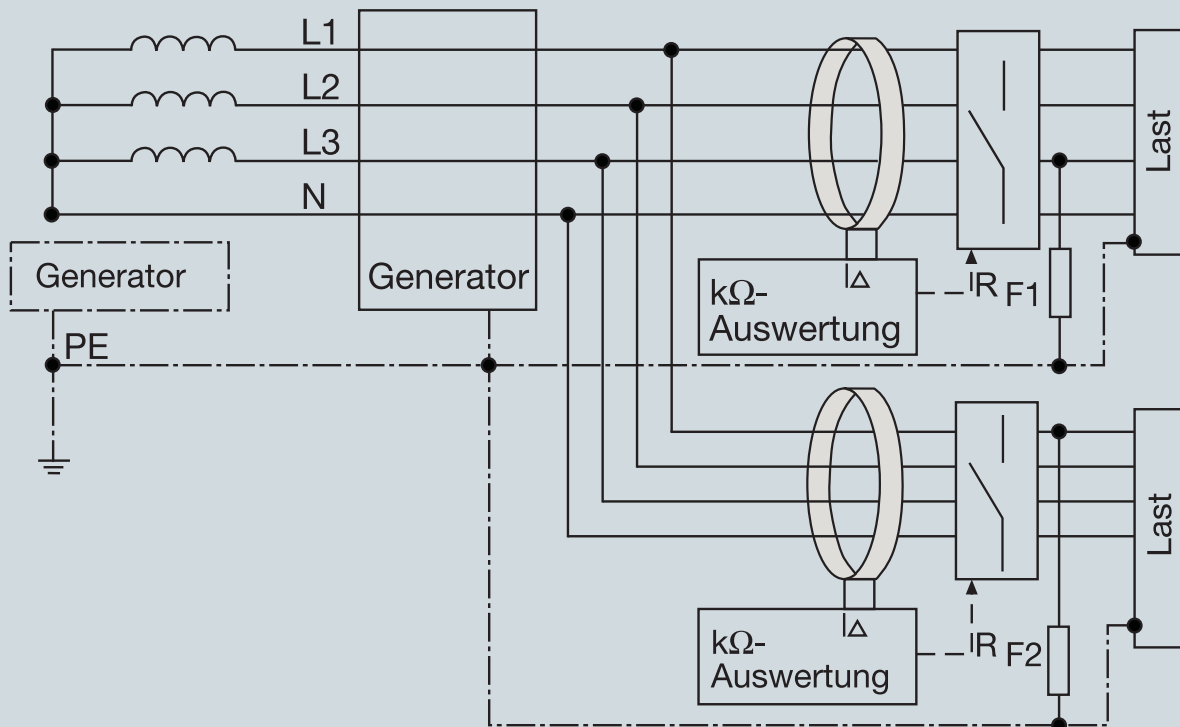


Bild 2: Aufbau der Isolationsüberwachung für geerdete Netze

Auswerteeinheiten die aus der Messquelle resultierenden Stromkomponenten erfasst und ausgewertet. Mit den im **Bild 2** dargestellten Kontaktausgängen können Abschaltvorrichtungen, z. B. Leistungsschalter, angesteuert werden.

Bei allen vorgenannten Maßnahmen ist es wichtig, dass Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln grundsätzlich so zu errichten sind, dass sie den Bestimmungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) entsprechen. Deshalb wurde in den Richtlinien ein Kapitel zur Errichtung von Frequenzumrichteranlagen gewidmet. Mittelpunkt dieses Kapitels ist der allumfassende zusätzliche Potentialausgleich. Ziel ist es, eine möglichst niederimpedante Potentialausgleichsverbinding zwischen dem umrichtergesteuerten Verbrauchsmittel und dem Schutzleiteranschluss des Gleichstrom-

Zwischenkreises des Umrichters herzustellen.

Bei der Planung und Errichtung elektrischer Anlagen mit elektronischen Einrichtungen ist ein hohes Maß an fachlicher Kompetenz notwendig. Aus diesem Grund sollten derartige Anlagen von Elektrofachkräften mit fundierten Kenntnissen in der EMV geplant und errichtet werden. Solche Fachkräfte sind beispielsweise VdS- anerkannte EMV-Sachkundige. Ein Verzeichnis mit diesen Sachkundigen enthält die Publikation VdS 2832.

Anforderungen an Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) und Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM)

Der Einsatz von elektronischen Betriebsmitteln hat nicht nur Auswirkungen bezüglich der Ableitströme, sondern auch auf die

Stromform im Fehlerfall. So können bei einem Einsatz von Frequenzumrichtern glatte Gleichfehlerströme auftreten. Deshalb dürfen nach der Norm zur „Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln“ (DIN EN 50178 VDE 0160) und der Norm zur „Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte“ (DIN VDE 0100-530) bei diesen Anwendungen nur RCD des Typ B (DIN VDE 0664-100 oder -200) eingesetzt werden. In der Norm für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) DIN VDE 0664-100/-200 ist die Brandchutzgrenze von 300 mA für hohe Frequenzen nicht definiert, da der Schwerpunkt in dieser Norm auf dem Personenschutz liegt. Beim Personenschutz wird die Herzkammerflimmergrenze, die bis ca. 1000 Hz bekannt ist, als Grundlage genommen. Nach dieser Herzkammerflimmergrenze nimmt die Gefährdung für Personen mit steigen-

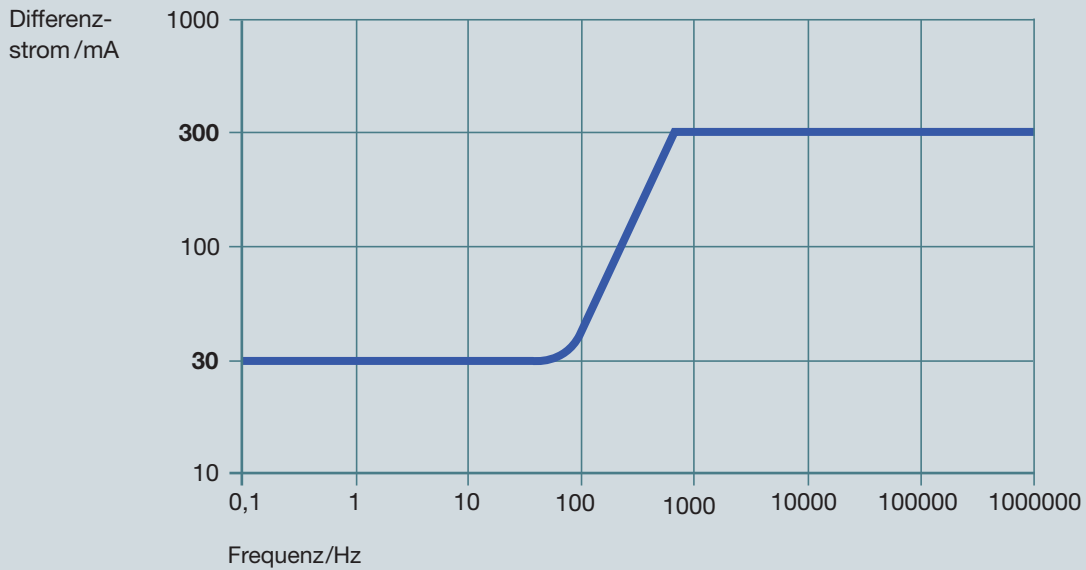


Bild 3: Gerätekurve einer RCD mit einem $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$, geeignet für zusätzlichen Personenschutz und umfassenden Brandschutz

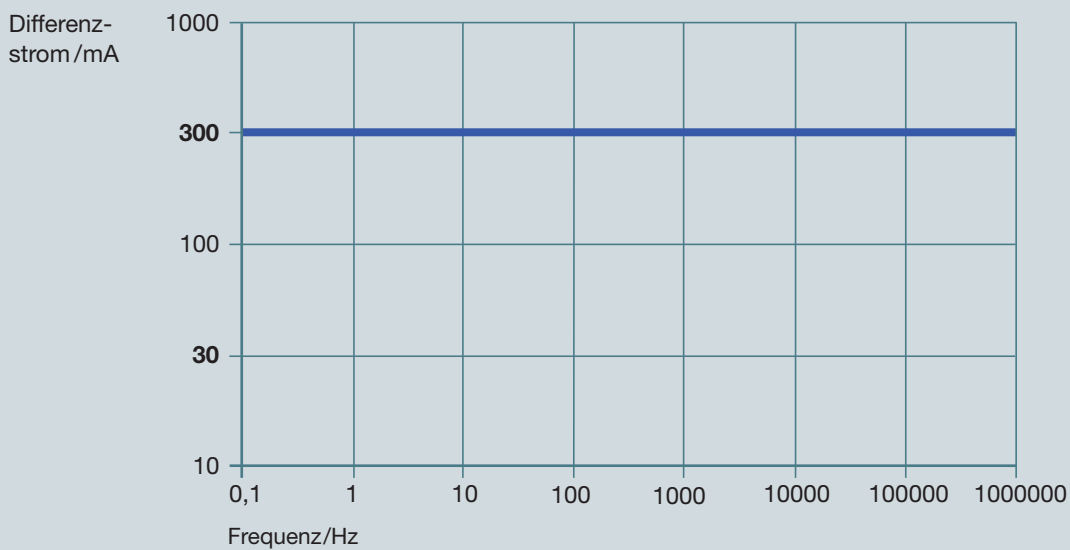


Bild 4: Gerätekurve einer RCD mit einem $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$, geeignet für umfassenden Brandschutz

der Frequenz ab und liegt bei 1000 Hz schon weit über 300 mA.

Durch Beachtung des Personenschutzes war der Brandschutz bei Frequenzen von ca. 50 Hz mit berücksichtigt. Nach dem Entwurf DIN VDE 0664-100 ist die Obergrenze, bei der die RCD auslösen muss, bei einer Frequenz von 1000 Hz mit $11 I_{\Delta n}$ und bei 2000 Hz mit 20

$I_{\Delta n}$ definiert. Bei einer RCD mit einem $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ liegt der Strom, bei der sie auslösen muss, ab 1000 Hz, also über 300 mA. Versuche ergaben, dass die von elektronischen Betriebsmitteln erzeugten hohen Frequenzen schon bei ca. 300 mA brandgefährlich sind (siehe nächster Absatz). Für die Gewährleistung des Brandschutzes müssen deshalb die Anforderungen in

den Richtlinien noch weitergehen. Wie in den **Bildern 3 und 4** dargestellt, darf im Bereich von 0 bis mindestens 1 MHz die Auslöseschwelle der RCD nie über 300 mA liegen. Nur in diesem Fall ist ein umfassender Schutz bei feuergefährdeten Betriebsstätten nach DIN VDE 0100-482 gegeben. ▶

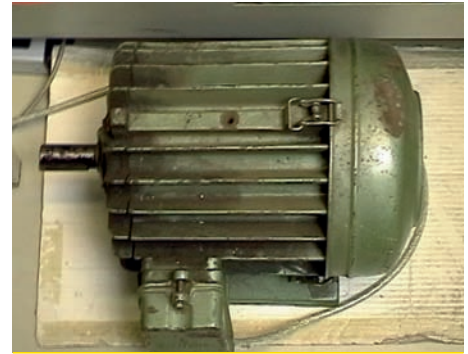
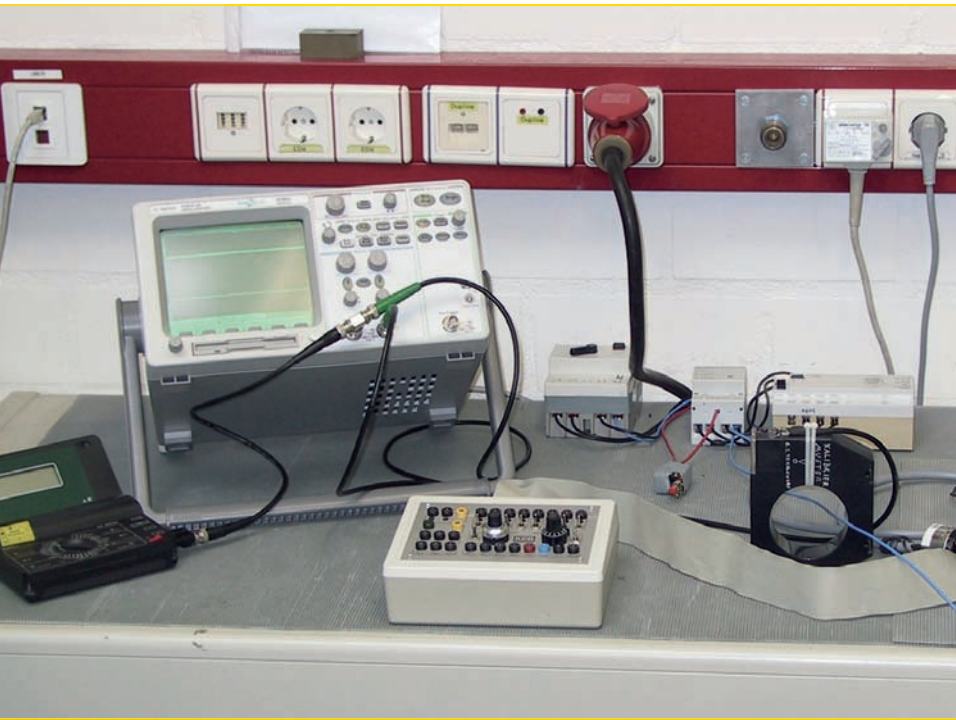


Bild 5: Versuchsaufbau im Labor

Diese Anforderungen sind sinngemäß auch auf Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM) zu übertragen, wenn sie zur Sicherstellung des Brandschutzes eingesetzt werden.

Sind hohe Frequenzen brandgefährlich?

Schon vor vielen Jahren wurde durch Versuche nachgewiesen, dass Fehlerströme schon im Bereich von ca. 300 mA brandgefährlich sind. Diese Versuche wurden bei einer Frequenz von 50 Hz durchgeführt. In letzter Zeit kamen von verschiedenen Seiten Zweifel auf, ob auch Fehlerströme im höheren Frequenzbereich brandgefährlich sind. Fachleute vom GDV, VdS und verschiedenen Firmen sind der Meinung, dass für die Brandgefährdung der Effektivwert des Stromes maßgeblich ist und die Frequenz eine untergeordnete Rolle in diesem Punkt spielt. Um dies nachzuweisen, wurden zusammen mit der Fa. Doepke Schaltgeräte GmbH & Co. KG Versuche mit Frequenzumrichtern durchgeführt.

Bild 5 zeigt den Versuchsaufbau im Labor und **Bild 6** zeigt den prinzi-

piellen Aufbau der Versuchsreihe. Die Versuche wurden mit zwei unterschiedlichen Fabrikaten von Frequenzumrichtern durchgeführt. Die Fehlerstelle wurde durch einen Holzsplit (mit Brandspuren von vorhergehenden Versuchen) oder künstlich gealterten Holzplättchen simuliert. Der Fehlerstrom (Messwandler Ch. 2) wurde mit Hilfe von einstellbaren Widerständen (ohne Holzsplit) auf ca. 300 mA eingestellt. Der Motor lief mit einer Frequenz von ca. 1 Hz. Die Taktfrequenz des Frequenzumrichters betrug 8 kHz. Die gemessenen Ableitströme lagen bei ca. 40 mA.

Bei den ersten Versuchen wurde die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) überbrückt. Die am Messwandler Ch. 2 gemessenen Fehlerströme betragen 285 mA. Diese setzen sich aus den folgenden Strömen zusammen:

- ▶ 1-Hz-Komponente vernachlässigbar klein,
- ▶ 150-Hz-Komponente ca. 60 mA,
- ▶ 450-Hz-Komponente vernachlässigbar gering,
- ▶ Frequenzanteile über 1000 Hz, bestehend aus Oberschwingungen und Taktfrequenz, ca. 220 mA

Aus diesen Messungen geht hervor, dass der größte Anteil der Fehlerströme bei Frequenzen über 1000 Hz lag. Dieser Fehlerstrom floss von den Versuchselektroden über das Holz und entzündete dieses (**s. Bild 7**). Bei einem weiteren Versuch wurde anstelle des Holzsplittes künstlich gealtertes Holz verwendet. Wie in **Bild 7** zu sehen, entstand erst ein verkohlter Strompfad und nach anfänglichem Glühen des Holzes bildete sich eine sichtbare Flamme. Damit wurde nachgewiesen, dass Frequenzen über 1000 Hz brandgefährlich sind.

Die gleichen Versuche wurden mit – im Stromkreis integrierten – RCD ($I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$) durchgeführt. Es zeigte sich, dass RCD mit einer Brandschutzgrenze ab 700 Hz (**s. Bild 4**) bei ca. 260 mA auslösten. Eine kurzzeitige Flamme verlöschte nach Auslösung der RCD selbstständig. RCD ohne Brandschutzgrenze ab 700 Hz lösten bei diesen Versuchen nicht aus. Dies geschah erst bei sehr hohen Motordrehzahlen. Bei solch hohen Motordrehzahlen kann davon ausgegangen werden, dass die Frequenzanteile unterhalb 700 Hz ausreichen, um die RCD auszulösen.

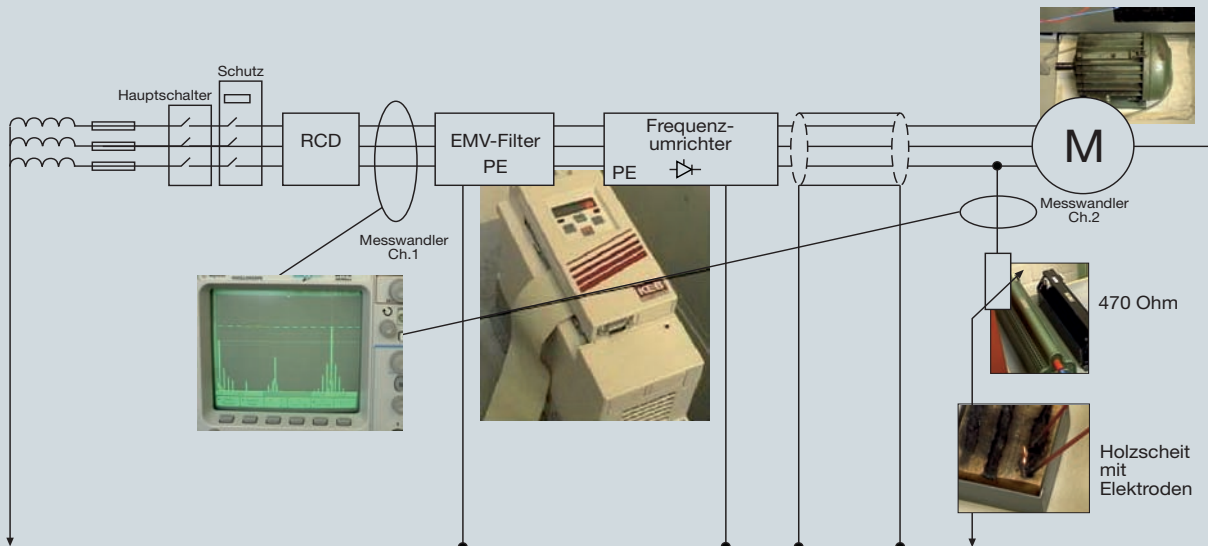


Bild 6: Prinzipieller Aufbau der Versuchsreihe RCD mit Frequenzumrichter



Bild 7: Durch Ströme < 300mA entflammtes Holz (Frequenzen ≠ 50 Hz) Bilder 1-3: künstlich gealtertes Holz. Bilder 4-5: Holzseite mit alten Brandspuren

Literatur

- ▶ Störungsarme Elektroinstallation
Dipl.-Ing. Adalbert Hochbaum
Schadenprisma 4/2003
- ▶ Isolationsfehlerschutz – Voraussetzung für den Brandschutz in elektrischen Anlagen
Dipl.-Ing. Adalbert Hochbaum
Schadenprisma 4/2000
- ▶ Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen als Brandschutz
Dipl.-Ing. Adalbert Hochbaum
Schadenprisma 4/1996
- ▶ Methoden der konstanten Isolationsüberwachung
K.-H. Kaul
Elektropraktiker 2/2005
- ▶ **VdS 2033** Feuergefährdete Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken
- ▶ **VdS 2349** Störungsarme Elektroinstallation

- ▶ **VdS 2832** VdS-anerkannte EMV-Sachkundige, Verzeichnis
- ▶ **VdS 2046** Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen bis 1000V
- ▶ **VdS 2837** Mängelstatistik Elektrische Anlagen 2000 bis 2003
- ▶ **DIN VDE 0100** Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt
- ▶ **Teil 482** Brandschutz bei besonderen Risiken oder Gefahren
- ▶ **Teil 530** Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte
- ▶ **E DIN VDE 0664 -100** Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen – RCCB

- ▶ **E DIN VDE 0664 -200** Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen – RCBO
- ▶ **DIN EN 50178 VDE 0160** Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln

Herausgeber der GDV-Publikationen ist der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). Die Richtlinien zur Schadenverhütung können bezogen werden über:

- ▶ **VdS Schadenverhütung, Verlag**
Amsterdamer Straße 174
50735 Köln
Tel.: 02 21 – 77 66-0
Fax: 02 21 – 77 66-341 ■

Dipl.-Ing.(FH) Karsten Callondann
GDV
Sachversicherung/Schadenverhütung