04

Brandschutz in Niederspannungsanlagen
Einsatz allstromsensitiver FI-Schutzschalter, Typ B, bei Anlagen in Kombination mit elektronischen Betriebsmitteln

Zu den wesentlichen Eigenschaften des elektrischen Stroms zählt die Wärmeerzeugung und hier auch die einer Verlustwärme. Diese bei einer elektrischen Anlage in den Betriebsmitteln, d.h. in den Schaltgeräten und zugehörenden Verbindungsleitungen entstehende Verlustwärme ist bei bestimmungsgemäßem Einsatz unproblematisch, doch im Fehlerfall, z. B. bei einer Überlastung, muss mit brandgefährlicher Verlustwärme gerechnet werden.
Wärmestress in „dichten“ Schaltanlagen, Wärmestau, z. B. durch Staubablagerungen auf den Betriebsmitteln, unzulässige Montage kompakter Schaltgeräte und elektrischer Betriebsmittel, fehlerhafte (lose) elektrische Verbindungen, aber auch der vermehrte Einsatz elektronischer Geräte und Systeme mit ihren hier erzeugten Oberwellen verursachen eine hohe Verlustwärme; diese führt häufig zur Überlastung zugehörender elektrischer Leiter und Verbindungen und letztlich zu kritischen Isolationsfehlern, der häufigsten Brandursache in elektrischen Anlagen; Kabelschwelbrand, Lichtbogenzündungen und Brand sind die Folge.
Durch eine den Vorschriften entsprechende Planung und Errichtung der elektrischen Anlage unter Berücksichtigung und dem Einsatz geeigneter Schutzeinrichtungen lassen sich diese Brandursachen deutlich vermindern; es gilt, diese potenziellen Isolationsfehler zu überwachen!

Anforderungen
In diversen Errichtungsbestimmungen der VDE 0100 wie auch in den Richtlinien der Versicherungswirtschaft VdS und den Sicherheitsregeln des BGI werden Maßnahmen zum Schutz bei Isolationsfehlern durch den Einsatz einer Fehlerstrom-Überwachung gefordert und teilweise vorgeschrieben.
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen erkennen Erd- und Körperschluss-Fehlerströme und schalten den jeweils fehlerhaften Stromkreis innerhalb von 40 ms ab. Durch diese Überwachungsmaßnahme wird ein optimaler Personen-, Sach- und Brandschutz sichergestellt.
Stand der Technik ist jedoch auch, dass im gewerblichen und industriellen Bereich wie auch im Büro-, Verwaltungs- und Wohnbereich zunehmend elektronische Betriebsmittel, wie z. B. Wechselrichter und Frequenzumrichter (FU), USV-Anlagen, Aufzugs- und Rolltreppenanlagen, Batterieladegeräte, Schaltnetzteile, Audio- und Videogeräte, eingesetzt werden, die im Allgemeinen am Ausgang eine bipolare, pulsweitenmodu-lierte Spannung, die Schaltfrequenzen bis zu einigen 10 kHz aufweisen kann, eingesetzt werden. Im Fehlerfall erzeugen diese Betriebsmittel neben den 50-Hz-Wechsel- und Pulsgleichfehlerströmen auch glatte Gleichfehlerströme und Fehlerströme mit Mischfrequenzen (bei Frequenzumrichtern z.B. die Schaltfrequenz (2 bis 16 kHz) und Oberschwingungen (bis 100 kHz) zuzüglich der Ausgangsfrequenz). Diese nichtlinearen elektronischen Verbraucher verursachen außerdem Oberwellenströme, die das Stromversorgungssystem und damit die zugehörenden Betriebsmittel und Leitungen überlasten, stören und zerstören. Es gilt also, gerade auch diese Oberschwingungserzeugenden Betriebsmittel entsprechend zu überwachen.

FI-Schutzeinrichtungen Typ A erfassen nicht alle Fehlerströme

Handelsübliche pulsstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nach VDE 0664 Teil 10 bzw. EN 61008-1 sind für Fehlerströme des Typs A ausgelegt, d. h., sie reagieren bestimmungsgemäß auf sinusförmige Wechselfehlerströme und pulsierende Gleichfehlerströme mit Netzfrequenz 50 Hz.
Die Ansprechschwellen für Fehlerströme abweichender Frequenzen sind hier nicht definiert. Insbesondere bei Fehlerströmen sehr geringer und sehr hoher Frequenz oder bei glattem Gleichstrom werden sie bei FI-Schutzschaltern vom Typ A nicht exakt erfasst, so dass eine ordnungsgemäße Auslösung nicht gewährleistet ist.
Die normale Auslösung eines FI-Schutzschalters vom Typ A mit Wechselfehlerstrom oder pulsierendem Gleichfehlerstrom von 50 Hz kann sogar durch einen gleichzeitig vorhandenen glatten Gleichfehlerstrom negativ beeinflusst oder sogar verhindert werden.

Allstromsensitive FI-Schutzschalter Typ B übernehmen optimalen Schutz

Um bei Niederspannungsanlagen 50 Hz in Kombination mit elektronischen Betriebsmitteln einen größtmöglichen Fehlerstromschutz zu gewährleisten, muss der hier verwendete FI-Schutzschalter den Fehlerstrom über ein breites Frequenzband erfassen und mit einer Sensitivität ansprechen, die zum einen ausreichend hoch ist, um das gewünschte Schutzziel zu erreichen, und zum anderen möglichst niedrig ist, um durch Ableitströme bedingte Fehlauslösungen zu vermeiden. Dabei ist anzustreben, dass der Bemessungsfehlerstrom, wie bisher üblich, den Schutzpegel kennzeichnet, der mit dieser Fehlerstrom-Schutzeinrichtung zu erzielen ist.
Allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzschalter (RCD) vom Typ B nach VDE 0664 Teil 100 erfassen alle Fehlerstromarten entsprechend der Auslösecharakteristik B nach IEC 60755, d. h. auch glatte Gleichfehlerströme. Darüber hinaus sprechen diese FI-Schutzschalter auch auf Wechselfehlerströme mit allen Frequenzen und Mischfrequenzen bis 1 MHz an. Dabei ist die Auslöseempfindlichkeit nicht für alle FI-Schutzschalter über den gesamten Auslösefrequenzbereich konstant, sondern weist je nach Bemessungsfehlerstrom (30 oder 300 mA) einen unterschiedlichen Frequenzgang auf; vergleiche Abbildung 1.

Zur Vermeidung unerwünschter Auslösungen eines allstromsensitiven FI-Schutzschalters durch Ableitströme ist also neben seinem Bemessungsfehlerstrom der Frequenzgang des Auslösestromes von Bedeutung.

Damit ist der durch den Bemessungsfehlerstrom gekennzeichnete Schutzpegel, hier der Schutz bei indirektem Berühren oder auch der Schutz bei direktem Berühren und der geforderte Brandschutz, über bestimmte Frequenzbereiche – wie nachstehend – gegeben.

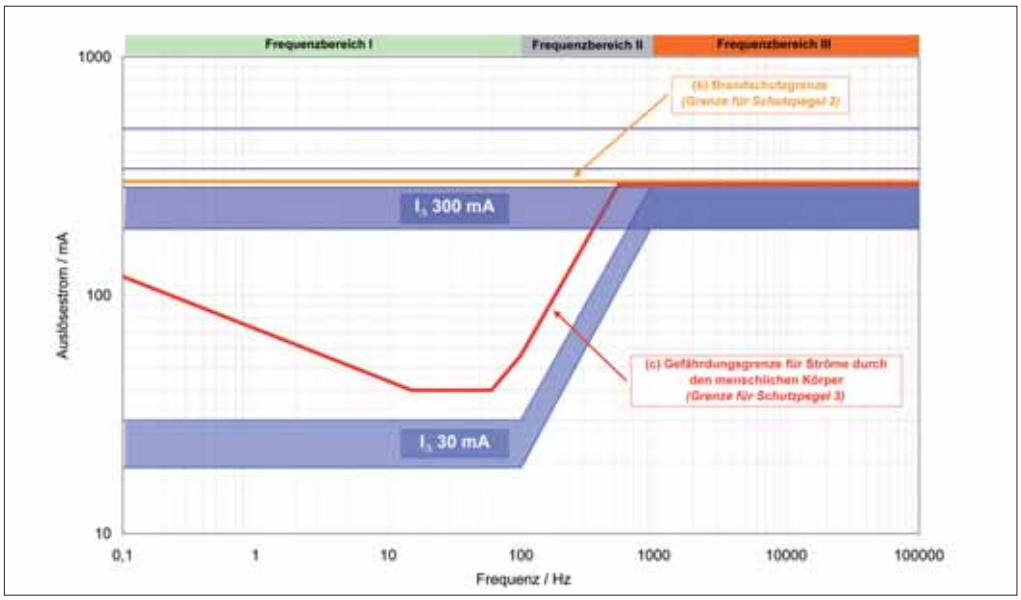

Abbildung 1:
Frequenzgänge des Auslösestromes der FI-Schutzschalter Typ 4BNK in Bezug auf die Gefähr-dungsgrenzen für den Personen- und Brandschutz. Quelle: Allstrom - Handbuch der Firma Doepke, Seite 25, Anwendungshinweise und technische Informationen

Die Anforderungen

an den Frequenzgang des Auslösestromes sind für diese Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B in der Bestimmung VDE 0664 Teil 100 (Entwurf 2002-05) *„Fehlerstromschutzschalter Typ B zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen"* gegeben.

In dieser Bestimmung sind einige Auslösestromwerte für einen Frequenzbereich von 0 bis 2000 Hz festgelegt. Die Anforderungen wurden aus einer Gefährdungskurve abgeleitet, die im technischen Report nach VDE V 0140-479-1 bzw. IEC/TS 60479-1 über die Gefahren des tödlichen elektrischen Schlages, d. h. des Risikos für Herzkammerflimmern infolge einer Körperdurchströmung für die Dauer von mehr als einer Herzperiode, angegeben ist.

Allstromsensitive FI-Schutzschalter vom Typ B erfassen lückenlos auch noch Fehler-stromanteile mit Frequenzen bis zu 1 MHz mit ausreichender Empfindlichkeit.

Entsprechend vorgenannter Abbildung 1 verläuft der Frequenzgang des Auslösestroms unterhalb der im Report IEC/TS 60479-1 definierten Gefährdungskurve, die die Stromgrenzwerte für das Risiko eines tödlichen elektrischen Schlags in Abhängigkeit von der Frequenz angibt. Die Extrapolation dieser Kurve über 1 kHz hinaus und die Angaben zur thermischen Wirkung des Stromes auf den menschlichen Körper lassen den Schluss zu, dass die Grenze der Strombelastung bei höheren Frequenzen oberhalb von I∆N 300 mA liegt.

Der Erdungswiderstand ergibt sich hierbei nicht wie bei normalen FI-Schaltern vom Typ A aus der zulässigen Berührungsspannung und dem für 50 Hz definierten Bemessungsfehlerstrom, sondern aus der maximal zulässigen Berührungsspannung UB und dem Maximal-wert des Auslösestromes I∆N max im gesamten erfassten Frequenzbereich. Eine definierte obere Auslöseschwelle und ein lückenloser Auslösefrequenz-gang sind daher für die Festlegung des maximalen Erdungswiderstandes Voraussetzung; (RB = UB / I∆N max) UB = 50 V bzw. 25 V

Schutz vor Bränden bei Isolationsfehlern/ Vorbeugender Brandschutz

Bei der Betrachtung des Brandschutzes ist insbesondere der widerstandsbehaftete Erd-/ Körperschluss aufgrund von Isolationsfehlern von Bedeutung.
Bei diesem Fehlerfall können aufgrund des höheren Widerstandes an der Fehlerstelle Fehlerströme auftreten, die Überstrom-Schutzeinrichtungen zu spät oder gar nicht zum Auslösen bringen. Die dann möglichen, auf elektrische Isolierungen und andere brennbare Stoffe einwirkenden Fehlerleistungen bedeuten Brandgefahr; bereits Fehler-ströme ≥ 100 mA können Brände entzünden.

Brände durch Isolationsfehler können durch eine kurz- und erdschlusssichere Betriebsmittelmontage und Leitungsverlegung oder durch die Abschaltung der fehlerhaften Anlagenteile mittels Erfassung der Fehlerströme vermieden werden. Dazu werden im Allgemeinen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem maximal zulässigen Bemessungsdifferenzstrom von I∆N ≤ 300 mA installiert.

Zum Schutz von Kabel- und Leitungsanlagen bei Isolationsfehlern wird nach VDE 0100 Teil 482 eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung speziell als „Brandschutz

bei besonderen Risiken oder Gefahren“ gefordert.

Ebenso im Bereich der Energieversorgung feuergefährdeter Betriebsstätten ist der Schutz bei Isolationsfehlern durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Bemessungsdifferenzstrom IΔN ≤ 300 mA entsprechend der genannten VDE-Bestimmung wie auch der Richtlinie VdS 2033 (2007-09) vorgeschrieben.

Hier ist jedoch nicht nur Feuergefährdung der Betriebsstätten, sondern auch gleichzustellende Risiken oder Gefahren wie Betriebsunterbrechung, Produktionsausfall, Sachwertgefährdung etc. zu berücksichtigen.

Allstromsensitive FI-Schutzschalter Typ B gewährleisten sicheren Brandschutz

Zusätzlich durch den Einsatz elektronischer Betriebsmittel, insbesondere von drehzahlgeregelten Antrieben in Halbleitertechnik und den dazu notwendigen EMV-Maßnahmen, steigt infolge von Ableitströmen – auch im ungestörten Betrieb – die Strombelastung des Schutzleiters stark an. Ein hoher Anteil dieser Ableitströme wird durch parasitäre Kapazitäten, z. B. in geschirmten Motorleitungen und in den Filterkapazitäten, verursacht.

Der Brandschutz als Schutz gegen elektrisch gezündete Brände muss bei Niederspannungsanlagen 50 Hz in Kombination mit elektronischen Betriebsmitteln durch den Einsatz eines FI-Schutzschalters vom Typ B in einem Frequenz-bereich von 0 bis mindestens 100 kHz sicher Fehlerströme ≥ 300 mA abschalten.

Dazu wird in der Errichterbestimmung für Niederspannungsanlagen *„E VDE 0100 Teil 530 (2005-12), Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern”* für den Fehlerstromschutz bei Anlagen in Kombination mit elektronischen Betriebsmitteln, die einen glatten Gleichfehlerstrom verursachen können, der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen Typ B, also allstromsensitiven FI-Schutzschaltern, verbindlich vorgeschrieben und diese sind zum vorbeugenden Brandschutz entsprechend einzusetzen. Ein Brandschutz, wie er durch handelsübliche FI-Schutzschalter vom Typ A nur bei 50 Hz gewährleistet ist, wird durch FI-Schutzschalter vom Typ B mit einem Bemessungsfehlerstrom IΔN ≤ 300 mA bei Fehlerströmen aller Frequenzen bis 1 MHz gewährleistet.

Die Auslösekennlinien verlaufen unterhalb der zugehörenden Gefährdungskennlinie („Brandschutzgrenze“) und bieten damit den vollen Brandschutz, bei hohen Frequenzen ebenso wie bei der Bemessungsfrequenz. *„VdS 3501, Richtlinie zur Schadenverhütung Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln”* empfiehlt ebenso den Einsatz dieser FI-Schutzschalter vom Typ B zum Sach- und Brandschutz bei elektrischen Anlagen in Kombination mit elektronischen Betriebsmitteln.

Das Hager-Angebot zum Brandschutz in Niederspannungsanlagen

- Allstromsensitiver Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B bei Anlagen in Kombination mit elektronischen Betriebsmitteln
- Brandschutz und Sicherheit durch Erkennung glatter Gleichfehlerströme und Wechselfehlerströme bis 1 MHz
- Prüfzeichen genehmigt nach VDE 0664-10 und E VDE 0664-100
- Große Unempfindlichkeit gegenüber transienten Ableit- und Fehlerströmen durch eine Stoßstromfestigkeit > 5 kA
- Geringe Empfindlichkeit gegenüber stationären Ableitströmen
- Elektromagnetische Verträglichkeit entsprechend VDE 0664-30 sowie VDE 0839-6-2 (Störfestigkeit – Industriebereich)
- Bemessungsströme: 40 und 63 A
- Bemessungsfehlerströme: 30 und 300 mA
- Geringe Baugröße: 4 PLE für beide Bemessungsströme

Abbildung 2:
FI-Schutzschalter Typ B CDB440D

Empfehlung

- Bei FU-gesteuerten Antrieben in Krananlagen, Aufzügen, Rolltreppen, in Pumpenstationen und bei Werkzeugmaschinen sowie drehzahlgeregelten Motoren in Klima- und Lüftungsanlagen, aber auch bei
- elektronisch geregelten Stromversorgungen großer Leistungen, z. B. für Schweißanlagen, für medizinische Geräte wie Röntgengeräte und CT-Anlagen, bei USV- und Photovoltaikanlagen, Galvanisierungsanlagen und weiteren Anlagen,
- in Einkaufszentren, Schwimmbädern, Krankenhäusern, Kläranlagen, landwirtschaftlichen Betriebsstätten, im Baustelleneinsatz, bei Batterieladestationen, in Labors und Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen und weiteren Anwendungsbereichen,

also überall dort, wo elektronische Betriebsmittel der Leistungselektronik ohne galvanische Netztrennung – zumeist am Drehstromnetz – betrieben werden, muss ein FI Schalter Typ B eingesetzt werden.

Normen, Bestimmungen und Richtlinien auf einen Blick

- **VDE 0100 Teil 410**

Errichten von Niederspannungsanlagen (2007-06) Teil 4-41 Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag

- **VDE 0100 Teil 482**

Errichten von Niederspannungsanlagen (2003-6) Teil 4: Schutzmaßnahmen Kapitel 48: Auswahl von Schutzmaßnahmen Hauptabschnitt 482: Brandschutz bei besonderen Risiken oder Gefahren

- **VDE 0100 Teil 530**

Errichten von Niederspannungsanlagen (Entwurf 2005-12) – Teil 530:
Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte

- **VDE 0160/EN 50178**

Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln (1998-04) – insbesondere die Abschnitte 5.2.11.2 und 5.3.2.3 „Einsatz allstromsensitiver Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen“

- **VDE 0664 Teil 10/EN 61008-1**

Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter (2008-04) ohne eingebauten Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen

- **VDE 0664 Teil 100**

Fehlerstromschutzschalter Typ B (Entwurf 2002-05) zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen

- **VDE V 0140-479-1/IEC/ TS 60479-1**

Technischer Report (2007-05) Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere „Gefährdungskurven Strom/mA zu Frequenz/1 Hz … 100 kHz“

- **IEC 60755**

Zusätzliche Anmerkungen zu Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen speziell zu Auslösecharakteristik A und B

- **VdS 2033 (2007-09)**

Elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebsstätten und diesen gleichzustellenden Risiken; Richtlinien zur Schadenverhütung

- **VdS 2046 (2008-01)**

Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt; Richtlinien zur Schadenverhütung

- **VdS 3501 (2006-04)**

Vorbeugender Brandschutz-Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln – RCD- und FU-Richtlinien zur Schadenverhütung

- **BGI 608 (2004-06)**

Sicherheitsregeln der Berufsgenossenschaft Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen; speziell Abschnitt 3.2.3.6: Schutzmaßnahmen für frequenzgesteuerte Betriebsmittel

Technische Änderungen vobehalten. Stand: 01/2009