

Ableitströme in elektrischen Anlagen

T. Bozem, B. Brand; Bruchköbel

Der Schutzleiter in elektrischen Anlagen oder Geräten ist längst nicht mehr stromlos. Besonders in Systemen mit elektrischen Antrieben entstehen immer wieder Probleme.

1 Normative Anforderungen

Das Thema Ableitströme an Geräten und Anlagen betrifft Hersteller und Betreiber gleichermaßen: Um die CE-Konformität und die damit verbindlichen Schutzziele der Niederspannungs-, EMV- und Maschinen-Richtlinie zu erfüllen, sind verschiedene Maßnahmen zu treffen. Unter anderem sind Hersteller und Betreiber dazu verpflichtet, Personen gegen einen elektrischen Schlag zu schützen und Gefahrenquellen, die Brände hervorrufen können, abzustellen. Da durch (betriebsbedingte) Ableitströme entsprechende Gefährdungen hervorgerufen werden können, müssen diese bei den Sicherheitsbetrachtungen zwingend mit einbezogen werden.

2 Begriffserläuterung

Unter Ableitstrom versteht man den betriebsbedingten Strom in Geräten oder Anlagen, der in einem fehlerfreien Stromkreis zur Erde oder zu einem fremden leitfähigen Teil fließt. Wenn durch Isolationsfehler Ströme über diesen Weg oder dem menschlichen Körper abfließen, spricht man hingegen von Fehlerströmen. Da der Ableitstrom nicht nur auf dem Schutzleiter, sondern auch über andere zum Erdpotential hin leitfähige Teile oder Parasitärkapazitäten (z. B. Leitungsschirme oder Funkentstörkondensatoren etc.) fließen kann, sind Schutzleiter- und Differenzstrom meist nicht identisch.

3 Ursachen für Ableitströme

Betriebsbedingte Ableitströme werden durch verschiedene elektrische Geräte und Bauteilschaltungen hervorgerufen. Zu den bekanntesten Verursachern, zählen Komponenten der Antriebstechnik (z. B. Frequenzumrichter (FU), Servoantriebe, Sanftanläufer, Thyristor-

steller), Stromversorgungen (z. B. Schaltnetzteile, USV-Anlagen, elektronische Vorschaltgeräte) und Entstörbaugruppen (z. B. Netzfilter, Überspannungsschutzeinrichtungen, Leitungsschirme, EMV-Komponenten).

Am Beispiel eines frequenzgeregelten Antriebes mit typischen EMV- und Filtermaßnahmen (Bild 1) lassen sich die Wege des Ableitstromes vereinfacht darstellen. Betrachtet man beispielsweise einen Netzfilter (Bild 2) genauer, so wird schnell deutlich, dass auch hier durch die vorhandenen Funkentstör-Kondensatoren, kapazitive Ströme mit erhöhtem Oberschwingungsanteil zum Schutzleiter fließen können (Bild 3).

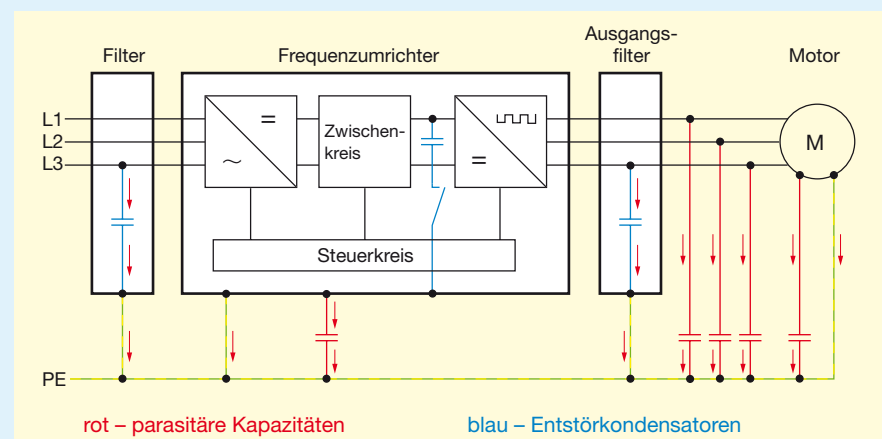
4 Einsatz von RCDs und das Problem Ableitströme

Fehlerstromschutzeinrichtungen sollen insbesondere den Brandschutz und den Personen-

schutz gewährleisten. Gemäß der DIN VDE 0100-530 und DIN EN 50178 ist für Anlagen, in denen Betriebsmittel eingesetzt werden, die neben 50-Hz-Wechsel- und Pulsfehlerströmen auch glatte Gleichfehlerströme erzeugen können, ein allstromsensitiver Schutz entsprechend der Auslösecharakteristik B (Publikation IEC 60755) vorgeschrieben.

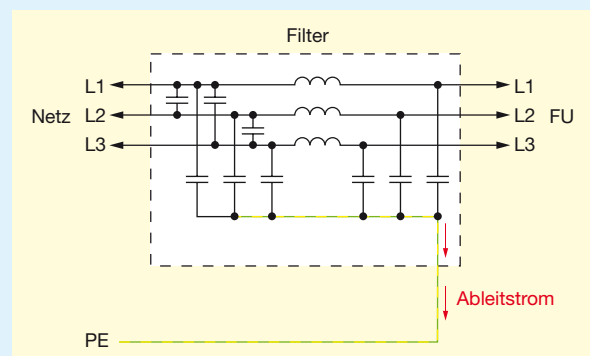
4.1 Hintergrund des Einsatzes von RCDs Typ B

Ein Problem stellt das Erfassen der Fehlerströme mit hohen Frequenzen und Mischfrequenzen (z. B. aus Betriebs- und Taktfrequenz) dar. Frequenzumrichter, Wechselrichter, Schaltnetzteile, USV-Anlagen etc. gehören mit zu dieser Gruppe, die derartige Fehlerströme und Ableitströme verursachen können. Hier fließen u. U. im Fehlerfall (Isolationsfehler oder direktes Berühren) über den DC-Zwischenkreis oder die Ausgangsseite, gefährliche Ströme, die von herkömmlichen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs, residual current device) und Fehlerstrom-Schutzschaltern (z. B. RCCB, residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection oder RCBO, residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection) mit Auslösecharakteristik A oder AC nicht erfasst werden können. Ein glatter Gleichfehlerstrom kann das Auslöseverhalten dieser Geräte negativ beeinflussen oder sogar verhindern (Gleichstromsättigungseffekte in



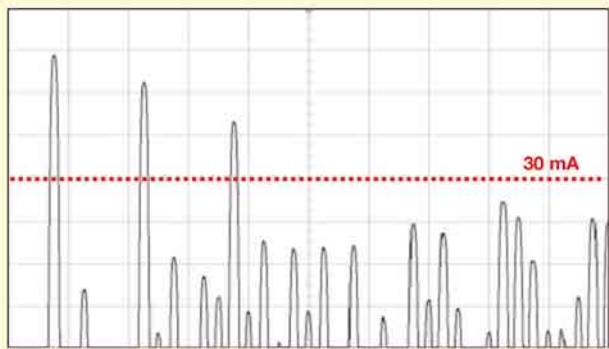
1 Ableitströme in Stromkreisen mit Frequenzumrichtern

2 Ableitströme bei dreiphasigen Netzfiltern



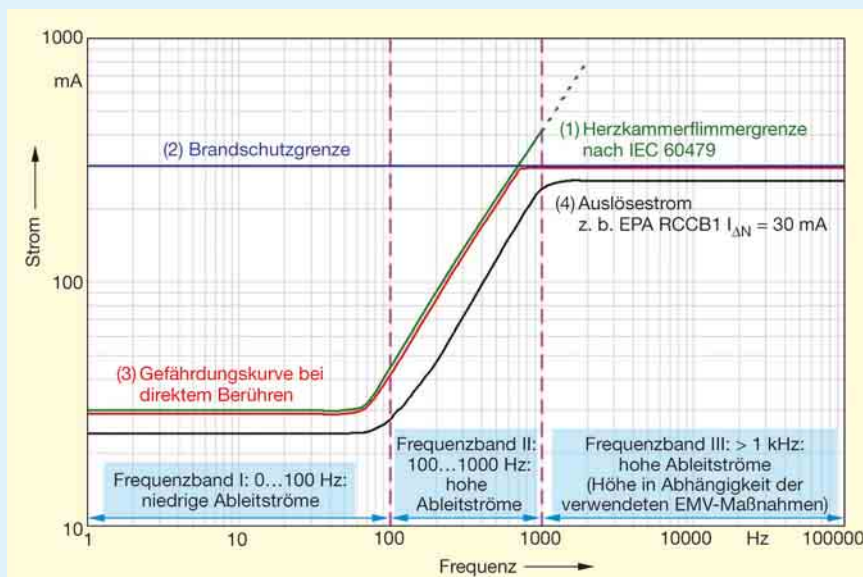
Autoren

Tobias Bozem und Dipl.-Ing. Bruno Brand sind Mitarbeiter der EP Antriebstechnik GmbH, Bruchköbel.



③ Beispiel für die Frequenzanteile eines Ableitstromes

④ Vergleich Gefährdungsgrenzen und Auslösefrequenzgang eines allstromsensitiven Fehlerstromschalters mit Auslösecharakteristik B ▼



der Wandlerpule). Außerdem können die auftretenden hohen Frequenzen (bis in den kHz- oder MHz-Bereich) mangels zusätzlicher Wandler vom „Standard-Fehlerstromschutzschalter“ nicht richtig erkannt und ausgewertet werden.

Eine sichere Abschaltung im Fehlerfall ist somit nicht möglich und kann deshalb nur bei Verwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen und Schaltern mit der Auslösecharakteristik B gewährleistet werden. Dieser besitzt eine frequenzabhängige Auslösung und kann auch glatte Gleichfehlerströme sicher erkennen (Bild ④) und auswerten.

4.2 Problembeschreibung

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen und Fehlerstrom-Schutzschalter sind nicht in der Lage zwischen Ableit- und Fehlerstrom zu unterscheiden. So können beispielsweise notwendige EMV-Entstörmaßnahmen zum Auslösen der Schutzeinrichtung und somit zur Abschaltung einer Anlage führen, obwohl nachweislich kein Isolationsfehler vorhanden ist. Dies geschieht, wenn der Ableitstrom den Ansprechwert (Bemessungsdifferenzstrom ($I_{\Delta N}$)) der Fehlerstromschutz-Einrichtung erreicht oder übersteigt.

5 Mögliche Lösungsansätze

Um Ableitströme zu minimieren gibt es eine ganze Reihe effektiver Maßnahmen, die bereits in der Planungsphase in Erwägung gezogen werden sollten. Ein paar Lösungsansätze werden nachfolgend genannt:

- Verwenden eines Vierleiternetzes mit Neutralleiter (ermöglicht die Entstörung gegen den Neutralleiter; Schutzleiter wird entlastet);
 - Einsatz von ableitstromarmen Netzfiltern;
 - Einsatz von Sammel-Entstörfiltern anstatt Einsatz einzelner Entstörfilter;
 - Verwenden kurzer Motorleitungslängen (keine „Angstschleifen“);
 - Berücksichtigen integrierter Filter (z. B. in Antrieben);
 - Einsatz von Sinusausgangsfiltren oder Motordrosseln (bei Umrichtern);
 - Anpassung der Schaltfrequenz.
- Kostenintensivere Lösungsansätze können sein:
- Anbringen eines separaten Funktionserders (Behandlung wie Neutralleiter);
 - Aufbau eines IT-Netzes mit Isolationsüberwachung (Trenntrafo);

Berücksichtigt die neue DIN VDE 0701-0702!

TIPP



■ Das Fachbuch vermittelt Ihnen das für das Prüfen notwendige rechtliche und technische Know-how. Sie erfahren, welche Vorgaben bei der Umsetzung in der betrieblichen Praxis zu beachten sind.

■ Den Schwerpunkt bildet die ausführliche Darstellung der ordnungsgemäßen Vorbereitung und normgerechten Durchführung der Prüfungen.

■ Die DVD enthält u. a. Software-Testversionen, Mustervorlagen und sämtliche TRBS (Technische Regeln für Betriebssicherheit).

Bödeker, **Prüfung ortsfester und ortsveränderlicher Geräte**, 6., aktual. Aufl. 2008, 264 S., mit DVD, Broschur, Bestell-Nr. 3-341-01546-9, € 29,80

ep 10% Preisvorteil für ep-Abonnenten

huss **shop** **HUSS-MEDIEN GmbH**
10400 Berlin
Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim **huss-shop**, **HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin**

KUNDEN-NR. _____ Ich bin ep-Abonnent ☐
(siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Titel	€/Stück
	3-341-01546-9	Bödeker, Prüfung ortsfester und ortsveränderlicher Geräte	29,80

Firma/Name, Vorname _____

Branche/Position/z. Hd. _____

Telefon/Fax _____

E-Mail _____

Straße, Nr./Postfach _____

Land/PLZ/Ort _____

Datum/Unterschrift _____ 0904 ep

- Permanente Isolationsüberwachung in TN-Netzen.

Eine so genannte Ableitstrombilanz mit allen möglichen Verursachern kann hierbei sehr hilfreich sein.

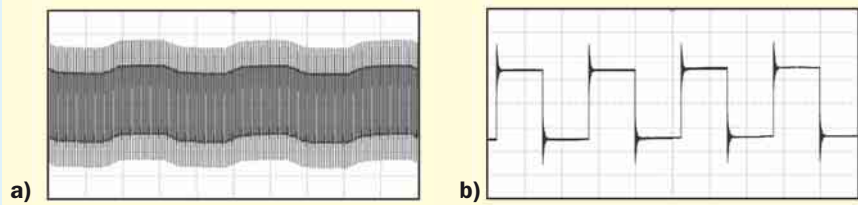
6 Breites Frequenzband von Ableitströmen

Ableitströme bestehen längst nicht mehr aus nur 50-Hz-Wechselströmen (Bild 3). Aufgrund moderner Technik mit immer schnelleren Schaltzeiten und Signalen, die mit einer sehr hohen Flankensteilheit einhergehen, resultiert ein Ableitstrom, dessen breites Frequenzband sich unter Umständen sogar bis in den MHz-Bereich erstreckt (Bilder 5 a) und b)).

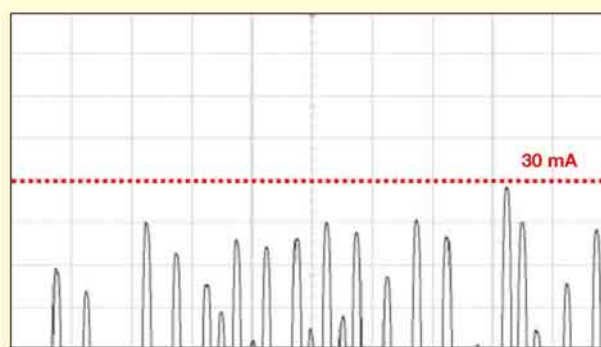
Aus Untersuchungen ging hervor, dass insbesondere beim Einsatz von Frequenzumrichtern und anderen nichtlinearen Verbrauchern mit B6-Brückenschaltung im Ableitstrom enthaltene Oberschwingungen (< 1 kHz) entscheidend für das Auslösen einer Fehlerstromschutzeinrichtung sind. Besonders die 3. Oberschwingung (150 Hz), aber auch die 9. (450 Hz) und die 15. Oberschwingung (750 Hz) weisen häufig sehr hohe Werte auf, die ggf. zum Ansprechen der Fehlerstromschutzeinrichtung führen. Als besonders kritisch ist auch der Einschaltmoment zu betrachten, da sich in diesem Zeitraum vorhandene Kondensatoren, aber auch parasitäre Kapazitäten aufladen bzw. kurzzeitig einen Kurzschluss gegen Erde darstellen. Des Weiteren spielt hier die exakt gleichzeitige Zuschaltung aller Phasen eine Rolle, da der maximale Ableitstrom auftritt, wenn nur eine von drei Phasen zugeschaltet ist („unsymmetrisches Netz“).

6.1 Spezielle Schaltung zur Ableitstromkompensation

Aus diesen Gründen wurde LEAKCOMP entwickelt, eine neuartige patentierte Kompensationsschaltung, die es ermöglicht, gezielt die Oberschwingungsanteile des Ableitstromes zu kompensieren (Vergleich Bilder 3 und Bild 6) und zusätzlich im Einschaltmoment die Ableitströme zu begrenzen. Betriebsbedingte Ableitströme und Fehlerströme werden dabei präzise differenziert (derzeit sind bis zu 400 mA kompensierbar). Die Schaltung stellt



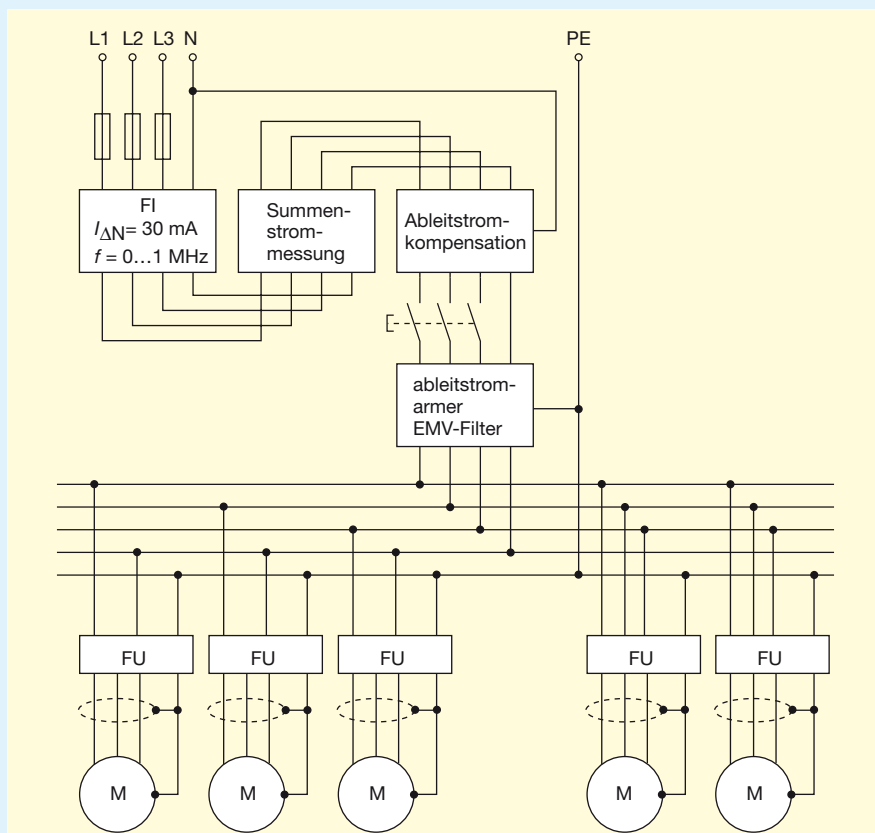
5 Beispiele für Spannungen am Ausgang eines Frequenzumrichters (gemessen zwischen Phase und Schutzleiter)



6 Frequenzanteile des Ableitstromes unter Verwendung einer speziellen Kompensationsschaltung

7 Beispiel für den Personenschutz in einer elektrischen Anlage mit Frequenzumrichter

Quellen: EP Antriebstechnik



eine Ergänzung zum allstromsensitiven Fehlerstromschutzschalter dar und wird durch Montage auf einer Hutschiene leicht zu montieren sein. Das Beispiel für den Personenschutz in einer elektrischen Anlage mit Frequenzumrichter und vorgestellter Kompensationsschaltung zeigt Bild 7.

Mit dieser neuen Schaltung von EP Antriebs-

technik wird es möglich sein, den Ableitstrom der gesamten Anlage so zu reduzieren, dass dem Einsatz eines Fehlerstromschutzschalters (RCCB) vor elektrischen Antrieben nichts mehr im Wege steht.

Die Kompensationsschaltung wird voraussichtlich Mitte 2009 auf dem Markt erhältlich sein.

Anzeige

megacom

ist ein deutscher Hersteller für

Funkfinger

kompatibel mit allen gängigen Schwesternrufanlagen ohne zusätzliche Installationskosten, zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.

Nähere Infos unter Telefon 04191 90850 oder www.megacom-gmbh.de