

Kein Problem: RCD vor Frequenzumrichter (1)

Auswirkungen verschiedenartiger Ableitströme

Günter Grünebast

Dieser Beitrag befasst sich mit der komplexen Thematik, die sich rund um den Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD), angeordnet vor Frequenzumrichtern, ergeben. Es gilt bei Planung, Errichtung und Betrieb solcher Anlagen eine Reihe von Dingen zu beachten.

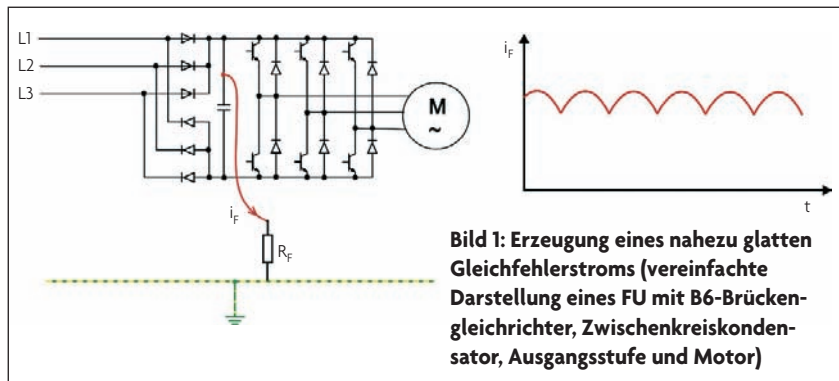


Bild 1: Erzeugung eines nahezu glatten Gleichfehlerstroms (vereinfachte Darstellung eines FU mit B6-Brückengleichrichter, Zwischenkreiskondensator, Ausgangsstufe und Motor)

Mehrphasig betriebene elektronische Betriebsmittel wie Frequenzumrichter (FU) oder Wechselrichter können im Fehlerfall einen glatten Gleichfehlerstrom erzeugen (Bild 1).

Dieser durch die B6-Schaltung im Eingang des FU hervorgerufene glatte Gleichfehlerstrom würde eine herkömmliche RCD vom Typ A oder AC nicht auslösen, da im Summenstromwandler der RCD keine zeitlich veränderliche Magnetisierung erfolgt. Diese wäre jedoch für eine induktive Energieübertragung auf das Auslöserelay der RCD notwendig.

Je nach Höhe bewirkt der Gleichfehlerstrom stattdessen eine Vormagnetisierung des Wandlerkerns und erhöht so noch die Auslöseschwelle der RCD für bezüglich möglicherweise noch vorhandener Wechselfehlerströme. Im ungünstigsten Fall löst eine RCD unter diesen Bedingungen überhaupt nicht aus.

Man unterscheide zwischen Fehler- und Ableitstrom

Fehlerströme weisen überwiegend ohmschen Charakter auf und entstehen durch Isolationsfehler zwischen spannungsführenden Teilen und Erde – beispielsweise aufgrund von Schmutz und Feuchtigkeit in einem Gerät (Bild 2). Ein anderes Beispiel wäre ein Stromfluss zur Erde, wenn eine Person direkt einen aktiven Leiter des Netzes berührt.

Ableitströme sind betriebsbedingte Ströme überwiegend kapazitiver Art

und fließen z.B. aufgrund von Entstörmaßnahmen durch Kondensatoren in EMV-Filtern oder über die Kapazität langer abgeschirmter Leitungen zur Erde (Bild 3).

Sowohl Fehlerströme als auch Ableitströme können – je nach Anwendung und elektrischer Anlage – mehrere, von der Netzfrequenz 50 Hz deutlich verschiedene Frequenzanteile gleichzeitig aufweisen. Die RCD kann Fehler- und Ableitströme nicht voneinander unterscheiden und bewertet sie deshalb gleichermaßen. So kann eine Auslösung bereits erfolgen, wenn die Summe aller fließenden Ableitströme die Auslöseschwelle der RCD überschreitet. Und dies, obwohl kein Fehler (Fehlerstrom) in der elektrischen Anlage vorliegt.

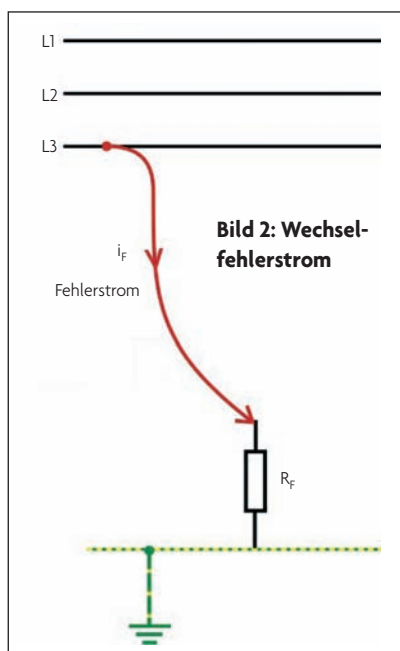


Bild 2: Wechselfehlerstrom

Fehlerströme in elektrischen Anlagen mit Frequenzumrichtern

Beim Betrieb einer Asynchronmaschine mit einem Frequenzumrichter hängt die Kurvenform des Fehlerstroms von der Fehlerstelle ab (Bild 4).

Isolationsfehler am Eingang des Frequenzumrichters

Kommt es zu einem Erdschlussfehler am Eingang des Frequenzumrichters, so fließt ein rein sinusförmiger 50-Hz-Fehlerstrom. Bei entsprechender Höhe des Fehlerstroms erfolgt eine Auslösung der RCD (Bild 5).

Isolationsfehler am Zwischenkreiskondensator

Tritt z.B. ein Isolationsfehler vom Pluspol des Zwischenkreiskondensators zum Gehäuse des Frequenzumrichters auf. Dieser Fehler könnte z.B. durch Schmutz und Feuchteinwirkung verursacht sein. Hier fließt ein nahezu glatter Gleichfehlerstrom. Eine Auslösung bei Verwendung einer RCD vom Typ B ist bei entsprechender Höhe des Gleichfehlerstroms gewährleistet (Bild 6).

Isolationsfehler am Motoranschlusskabel

Beispiel: Der Motor wird mit einer Ausgangsfrequenz (auch als Maschinen- oder Motorfrequenz bezeichnet) von 30 Hz betrieben. Die Schaltfrequenz (auch als Chopper- oder Taktfrequenz bezeichnet) des FU beträgt 8 kHz. Aufgrund einer schadhafte Motorzuleitung entsteht ein Isolationsfehler. Es fließt jetzt ein Fehlerstrom, der aus sehr vielen Frequenzanteilen besteht. Dieser enthält neben der Ausgangsfrequenz 30 Hz mit

Dipl.-Ing. (FH) Günter Grünebast, Entwicklungsleiter Differenzstromschutztechnik, Doepke Schaltgeräte GmbH & Co. KG, Norden

geringerer Amplitude auch die Schaltfrequenz des FU mit 8 kHz und deren Oberschwingungen 16 kHz, 24 kHz, 32 kHz usw. mit erheblichem Anteil sowie einem geringen 150-Hz-Anteil, welcher durch die eingangsseitige Sechspuls-Brückengleichrichtung des FU generiert wird. Eine Auslösung durch eine RCD Typ B ist gewährleistet, wenn diese den Fehlerstrom bei hohen Frequenzen und ausreichender Empfindlichkeit erfasst (Bild 7).

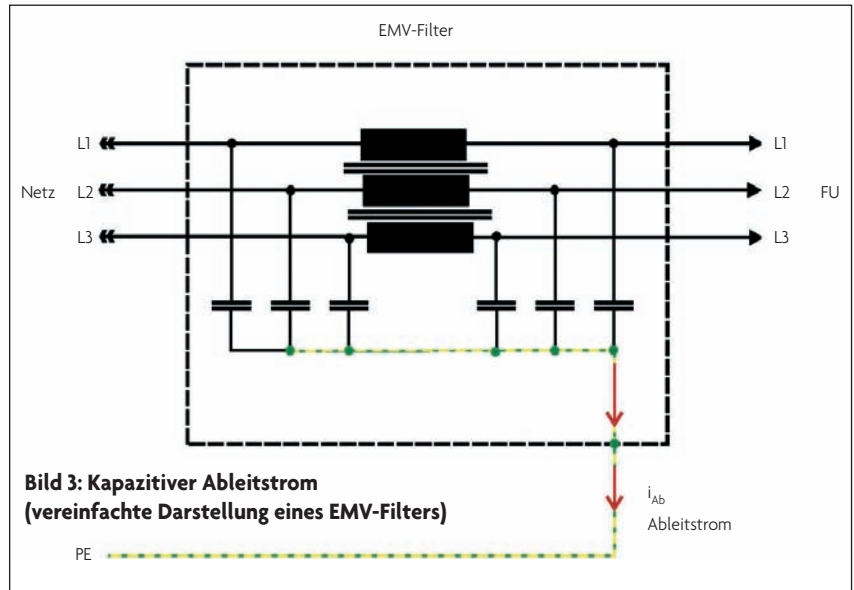
Ableitströme in elektrischen Anlagen mit Frequenzumrichtern

Man unterscheidet zwischen stationären, variablen und transienten Ableitströmen. Zur Erläuterung hierzu dient noch einmal das Beispiel einer Anlage mit einem Asynchronmotor, der mit einem Frequenzumrichter (FU) betrieben wird (Bild 4).

Zur Einhaltung der einschlägigen EMV-Vorschriften darf der FU nur über ein vorgeschaltetes EMV-Filter, welches auch schon im FU integriert sein kann, betrieben werden. Da die pulsweitenmodulierte Ausgangsspannung des FU äußerst steilflankig ist und somit Oberschwingungen hoher Amplituden und Frequenzen enthält, darf man den Motor, ebenfalls zur Einhaltung der EMV-Vorschriften, nur über eine abgeschirmte Leitung mit dem FU verbinden.

Stationäre Ableitströme

Das EMV-Filter besteht in der einfachsten Ausführung aus LC-Tiefpässen, deren Kondensatoren im Stern zum Schutzleiter geschaltet sind. In einem idealen Netz mit einer streng sinusförmigen



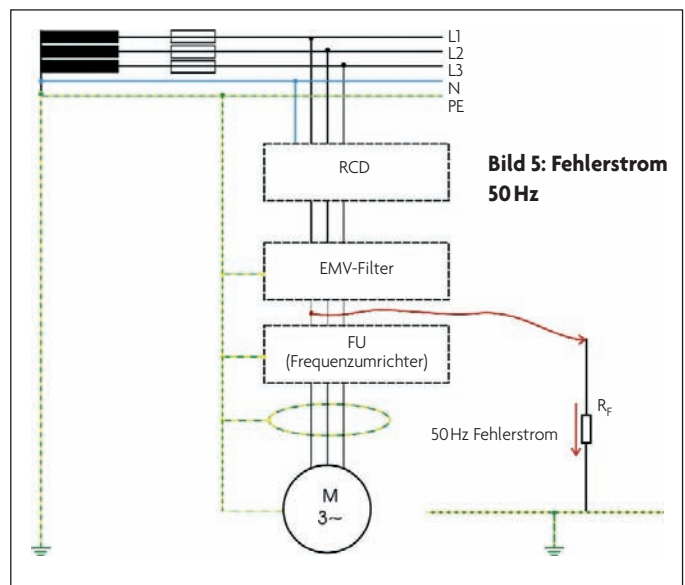
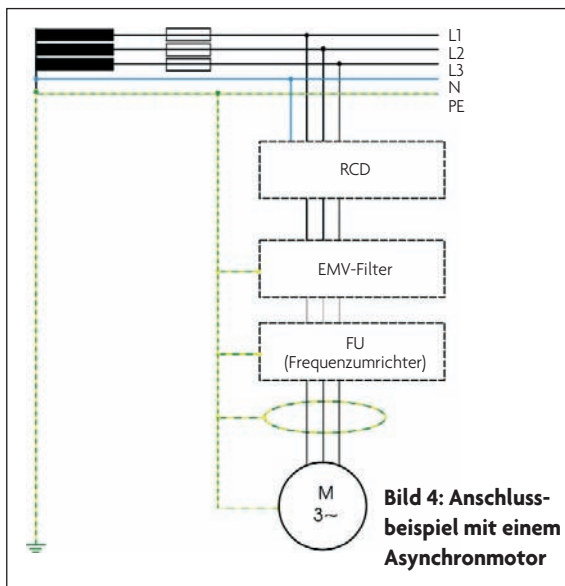
gen Spannung ergibt die Summe aller kapazitiven Ströme durch diese Kondensatoren null. Durch die mittlerweile starken Verzerrungen der Netzspannung ergibt sich jedoch in der Praxis ein kapazitiver Gesamtstrom ungleich null. Dieser fließt fortwährend über den Schutzleiter ab und wird daher als stationärer Ableitstrom bezeichnet.

Auch die Kommutierung der B6-Brückenschaltung im Eingang des FU führt zu Ableitströmen durch die internen Kondensatoren des EMV-Filters. Der stationäre Ableitstrom ist auch bei nichtlaufendem Motor vorhanden (Reglersperre des FU) und weist dann typischerweise Frequenzanteile von 100 Hz bis 1 kHz sowie Frequenzanteile im Bereich der Eigenresonanzfrequenz des EMV-Filters (typisch im Bereich von 2 bis 4 kHz) auf. Besonders einfache und preiswerte EMV-

Filter mit kleinen Induktivitäten und großen Kondensatoren bewirken hohe Ableitströme und können zur ungewollten Auslösung einer RCD führen.

Einsatz einphasig betriebener Frequenzumrichter

Einphasig betriebene FU statt der Hersteller oft mit einem integrierten EMV-Filter aus. Bei diesem Filter sind die Filterkondensatoren von L nach PE und N nach PE geschaltet. Dadurch entstehen hier nicht unerhebliche 50-Hz-Ableitströme. Bei Verwendung mehrerer FU muss der Planer bzw. Anlagenerrichter deshalb darauf achten, diese zur Kompensation der Ableitströme möglichst gleichmäßig auf die drei Außenleiter L1, L2 und L3 zu verteilen. So lässt sich i. d. R. eine Auslösung der RCD vermeiden.



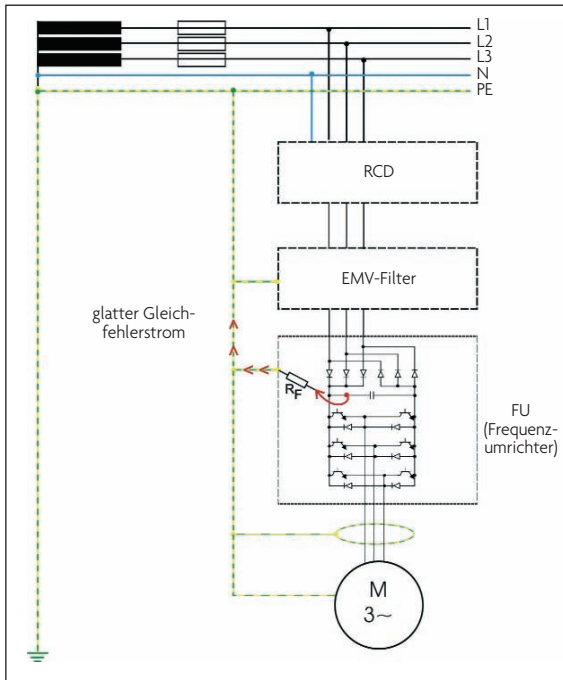


Bild 6: Gleichfehlerstrom

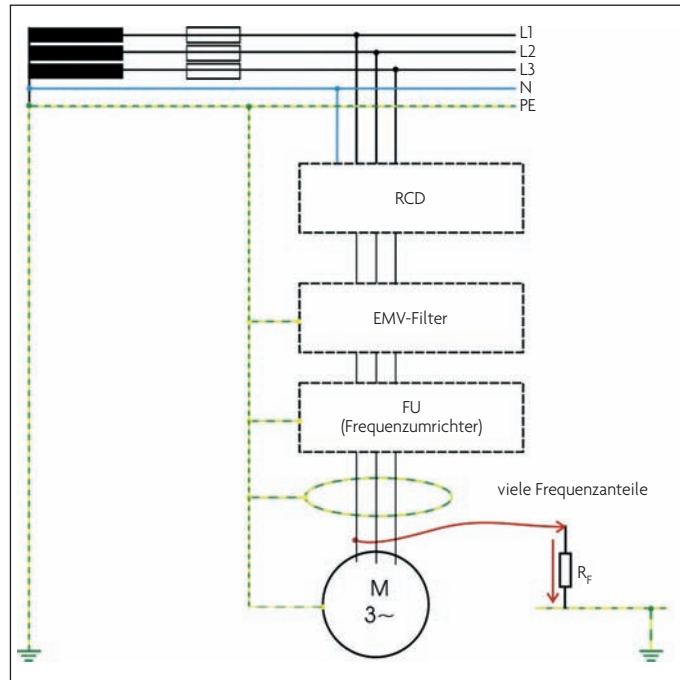


Bild 7: Fehlerstrom mit Frequenzgemisch

Variable Ableitströme

Wird der Motor durch den FU in seiner Drehzahl geregelt, so treten noch weitere Frequenzanteile oberhalb von 1 kHz im Gesamtableitstrom auf. Besonders die Schaltfrequenz des FU (typische Werte: 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz und 16 kHz) und auch die dazugehörigen Oberschwingungen sind mit sehr hoher Amplitude vorhanden. Eine lange Motorleitung mit einer geerdeten Abschirmung wirkt wie ein gegen Erde geschalteter Kondensator. Er leitet Ströme mit entsprechender Frequenz und deren harmonische Oberschwingungen dorthin ab.

Zudem können die Frequenzanteile im Bereich der Eigenresonanzfrequenz des EMV-Filters stark ansteigen, wenn die Schaltfrequenz des FU etwa gleich ist oder einem Vielfachen der Eigenresonanzfrequenz des EMV-Filters entspricht. Das EMV-Filter wird durch die Schaltfrequenz des FU zum Schwingen angeregt und kann sehr hohe Ableitströme im Bereich der Eigenresonanzfrequenz generieren.

Der FU kann bei niedrigen Ausgangsfrequenzen die Schaltfrequenz deutlich verringern. Das geschieht aufgrund seines geänderten Modulationsverfahrens und tritt etwa im Bereich unterhalb von 20 ... 30 Hz auf (auch beim Hoch- und Herunterfahren des Motors). Dies gilt auch dann, wenn am FU eine sehr hohe Schaltfrequenz eingestellt ist (z. B. 16 kHz). Im ungünstigsten Fall ist die dann verringerte Schaltfrequenz etwa

gleich oder ein Vielfaches der Eigenresonanzfrequenz des EMV-Filters, so dass sich der Ableitstrom stark erhöht und somit die Gefahr einer unerwünschten Auslösung einer RCD erheblich steigt.

Stationäre und variable Ableitströme verlaufen bei konstanter Drehzahl des Motors nahezu periodisch. Eine RCD reagiert auf diese Ableitströme mit einer Abschaltung, wenn sie in ihrer Höhe die Ansprechschwelle der RCD bei der jeweiligen Frequenz überschreiten. Veränderungen der Drehzahl bewirken auch eine Veränderung der variablen Ableitströme sowohl im Frequenzspektrum als auch in der Amplitude und können möglicherweise dann eine Auslösung der RCD bewirken.

Transiente Ableitströme

Bei Ausschaltvorgängen treten im Netz infolge der Induktivitäten in den Strompfaden Spannungsspitzen auf, die aufgrund der steilen Anstiegsflanken sehr hohe Frequenzanteile enthalten. Auch durch Einschaltungen bei ungünstigen Phasenwinkeln der Netzspannung enthält das Spektrum der Netzspannung kurzzeitig Hochfrequenzanteile infolge des schnellen Spannungsanstiegs. Diese hochfrequenten Spannungsanteile treiben, über die o. a. Kapazitäten der EMV-Schutzmaßnahmen, transiente Ströme zur Erde, die eine unerwünschte Abschaltung von RCDs bewirken können.

Bei Aufschaltung der Netzspannung mit Schaltern ohne Sprungschaltfunktion werden – je nach Schaltgeschwindigkeit – die drei Außenleiter zeitlich zueinander versetzt zugeschaltet. Solange nicht alle drei Leiter Spannung führen, fließt dann über die Filterkondensatoren des EMV-Filters der bereits zugeschalteten Leiter ein erhöhter Ableitstrom zur Erde.

Unerwünschte Auslösungen infolge transients Ableitströme kann man vielfach mittels des Einsatzes von RCD mit Ansprechverzögerung vermeiden. Um die Schutzwirkung nicht unzulässig zu beeinträchtigen, darf die Ansprechverzögerung nur in engen Grenzen wirken. Hieraus folgt, dass sich die RCD auch gegen transiente Ableitströme nicht beliebig immunisieren lässt. RCD vom Typ B weisen in der Regel eine erhöhte Ansprechverzögerung auf. Überschrei-

BUCHTIPP ZUM THEMA

Elektromaschinen und Antriebe 2007 de-Jahrbuch

Hrsg. P. Behrends
2006, 400 Seiten,
kartoniert, 19,80 EUR
ISBN 978-3-8101-0240-9
Hüthig & Pflaum Verlag



Seit mehr als drei Jahrzehnten das Basis- und Nachschlagewerk für Praktiker der Maschinen- und Antriebstechnik. Zu bestellen beim Hüthig & Pflaum Verlag, Tel. (0 62 21) 4 89 - 5 55, Fax (0 62 21) 4 89 - 4 10, E-Mail: de-buchservice@de-online.info, www.de-online.info

ten die transienten Ableitströme in ihrer Dauer jedoch die durch die Vorschriften vorgegebene höchstzulässige Abschaltzeit der RCD, so kommt es dennoch bei entsprechender Höhe zu deren Auslösung.

Ableitströme reduzieren

Wie in den Kapiteln zuvor deutlich wurde, geht eine Ertüchtigung der RCD gegen Fehlauselösungen durch Ableitströme in den meisten Fällen zu Lasten der Schutzwirkung. Es ist daher immer zu empfehlen, Ableitströme durch die folgenden Maßnahmen kleinstmöglich zu halten.

Gemäß DIN VDE 0100-530 (Auswahl und Einrichtung elektrischer Betriebsmittel) Absatz 531.3.3 ist die elektrische Anlage so auszulegen, dass der Ableitstrom das 0,4fache des Bemessungsfehlerstromes der RCD nicht überschreitet.

Reduzierung stationärer Ableitströme

- Viele FU-Hersteller bieten mittlerweile auch sogenannte ableitstromarme EMV-Filter an. Bei diesem Filtertyp treten bauartbedingt deutlich niedrigere Ableitströme auf als bei Standardfiltern. Die Herstellerangaben bezüglich einer maximal zulässigen Länge der geschirmten Motorzuleitung sind zu beachten.
- In elektrischen Netzen, in denen der Neutralleiter vorhanden ist, kann ein Vier-Leiter-Filter eingesetzt werden. Dieser Filtertyp weist die geringsten Ableitströme auf. (Der Hauptanteil der Ableitströme wird jetzt über den Neutralleiter abgeführt.)
- Durch weitere Maßnahmen sollte gewährleistet werden, dass die Netzspannung möglichst unverzerrt bleibt.
- Auf gar keinen Fall darf am Ausgang eines dreiphasigen EMV-Filters (ohne Neutralleiteranschluss) ein einphasiger Verbraucher wie z.B. eine Glühlampe gegen den Neutralleiter angeschlossen werden. Durch die unsymmetrische Belastung des Filters werden die Ableitströme weiter erhöht und die Filterwirkung wird stark beeinträchtigt, so dass die zulässigen Grenzen zur Einhaltung der EMV-Vorschriften deutlich überschritten werden.
- Werden mehrere einphasig betriebene FU verwendet, sollten diese zur Kompensation der Ableitströme gleichmäßig auf alle Außenleiter verteilt werden.

Reduzierung variabler Ableitströme

- Die abgeschirmte Motorzuleitung ist möglichst kurz zu halten.
- Sinus-Filter, EMV-Sinus-Filter, du/dt-Filter oder Ausgangsdrosseln direkt hinter dem Ausgang des FU (vor der Motorzuleitung) installieren. Diese verringern durch eine Reduzierung der Flankensteilheit der Ausgangsspannung des FU die Ableitströme oberhalb von 1 kHz auf der Leitung zum Motor erheblich. Besonders niedrige Ableitströme lassen sich mit einem du/dt-Filter erreichen.
- Werden mehrere FU mit eigenem (integrierten) EMV-Filter eingesetzt, kann man durch ein zusätzlich vorgeschaltetes, gemeinsames Vier-Leiter-Filter die variablen Ableitströme erheblich reduzieren.

(Fortsetzung folgt)

Kein Problem: RCD vor Frequenzumrichter (2)

Elektrische Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln (EB)

Günter Grünebast

Mit fortschreitendem Einsatz elektronischer Betriebsmittel in elektrischen Anlagen gelangen viele Betreiber immer öfter zur Einsicht, dass allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) häufig unzugänglich sind.

Der erste Teil dieses Beitrags behandelte vor allem die Auswirkungen verschiedenartiger Ableitströme. An dieser Stelle setzen wir mit der bereits im ersten Teil begonnenen Betrachtung fort, wie sich Ableitströme reduzieren lassen.

Weitere Reduzierungsmöglichkeiten für stationäre und variable Ableitströme

- Netzdrosseln, welche noch vor das EMV-Filter gesetzt werden, reduzieren die Stromwelligkeit samt Oberschwingungen und erhöhen zudem die Lebensdauer von Bauelementen im FU.
- In elektrischen Anlagen mit mehreren FU sollte anstelle der einzelnen EMV-Filter eines jeden FU ein Sammelfilter verwendet werden. Die Ableitströme der einzelnen EMV-Filter addieren sich. Hierbei ist die Summe der Ableitströme aller Einzelfilter i. d. R. größer als der Ableitstrom eines größeren, gemeinsamen Filters. Die Angaben des Filterherstellers bezüglich der maximal zulässigen Längen der geschirmten Motorleitungen sind zu beachten.
- Verwendet der Betreiber mehrere FU in einer elektrischen Anlage, sollte er es vermeiden, diese gleichzeitig hochzufahren. Bei gleichzeitiger Reglerfreigabe mehrerer FU entstehen kurzzeitig hohe und sich addierende Ableitströme, welche zu einer ungewollten Auslösung führen können.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Filter sind in der Regel als Zubehör bei den Herstellern der elektronischen Betriebsmittel (Frequenzumrichter, Wechsel-

Dipl.-Ing. (FH) Günter Grünebast,
Entwicklungsleiter Differenzstromschutz-
technik, Doepke Schaltgeräte GmbH & Co.
KG, Norden

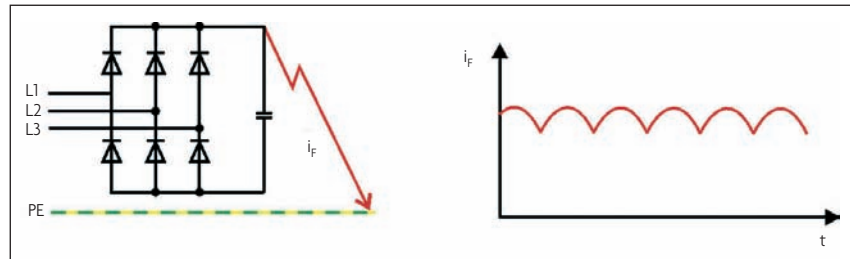


Bild 8: Sechspuls-Brückenschaltung (Drehstrom-Brückenschaltung)

richter usw.) erhältlich. Hier kann der Anwender ggf. nähere technische Einzelheiten erfragen.

Transiente Ableitströme beim Ein- und Ausschalten

In einer elektrischen Anlage mit elektronischen Betriebsmitteln treten beim Ein- und Ausschalten transiente Ableitströme auf. Wie bereits weiter oben erwähnt, müssen beim Einsatz elektronischer Betriebsmittel zur Einhaltung der EMV-Vorschriften Filter verwendet werden. Diese Filter enthalten z. B. bei einem Drei-Leiter-Standard-EMV-Filter u. a. mindestens eine Sternschaltung dreier Kondensatoren gegen Erde.

Die meisten RCD enthalten ein einfaches Schaltwerk. Die zeitliche Schließung und Öffnung der einzelnen Strompfade hängt ab von der Schaltgeschwindigkeit des Bedieners und kann u. U. eine Zeitdifferenz von 10 ... 40 ms ergeben. Während dieser Zeit ist die Symmetrierung des Sternpunktes der drei Kondensatoren nicht mehr gegeben. So kann ein erheblicher kapazitiver Ableitstrom über den Schutzleiter fließen und die RCD sofort wieder zum Auslösen bringen. Daher sollte eine Zuschaltung und Trennung nur mit Hilfe eines zusätzlichen schnellschaltenden Schaltorgans – z. B. Trennschalter mit Sprungschaltfunktion oder allpolig schaltendes Schütz –, nicht aber mit der RCD selbst erfolgen.

In elektrischen Anlagen mit höherer Netzimpedanz oder stark verzerrter Netzspannung kann es in Ausnahmefällen besonders beim Einschalten von sehr vielen FU mit eigenem Filter trotz Zuschaltung mit einem schnellschaltenden Schaltorgan zu einer Auslösung kommen. In diesem Fall fließen – bedingt durch die ungeladenen Filterkondensatoren – sehr hohe Ableitströme

über einen Zeitraum, der die höchstzulässige Abschaltzeit der RCD überschreitet. Ein Sammel-EMV-Filter für mehrere FU kann somit auch den hohen Einschaltableitstrom deutlich reduzieren (siehe oben).

Resonanz eines EMV-Filters

Zu einer heftigen Erhöhung von Ableitströmen kann es infolge der Schwingneigung (Resonanz) eines EMV-Filters kommen. Wie bereits oben beschrieben, besteht die erhöhte Gefahr einer unerwünschten RCD-Auslösung (oft auch in Verbindung mit langen geschirmten Motorzuleitungen), wenn die Schaltfrequenz des FU etwa gleich oder ein Vielfaches der Eigenresonanzfrequenz des EMV-Filters beträgt.

Hierzu folgendes Beispiel: Die Eigenresonanzfrequenz des EMV-Filters beträgt 2,1 kHz. Eine möglicherweise gewählte oder vom FU selbsttätig reduzierte Schaltfrequenz von 2 kHz liegt in unmittelbarer Nähe der Eigenresonanzfrequenz und kann ggf. zu sehr hohen Ableitströmen führen. Selbst eine Schaltfrequenz von 4 kHz kann noch zu hohen Ableitströmen führen, da sie fast den zweifachen Wert der Eigenresonanzfrequenz beträgt. Höhere Schaltfrequenzen und besonders Nichtvielfache der Eigenresonanzfrequenz (in diesem Fall z. B. 6 kHz oder besser 7 kHz) verringern die Gefahr der Schwingneigung des EMV-Filters und die damit verbundenen hohen Ableitströme.

Nach Möglichkeit sollten hohe Schaltfrequenzen gewählt werden und eine selbsttätige Reduzierung der Schaltfrequenz vom FU deaktiviert sein. Zudem ist die vom FU- bzw. Filterhersteller maximal zulässige Länge der geschirmten Motorzuleitung zu beachten.

Weitere Einzelheiten bezüglich der Eigenresonanzfrequenz des EMV-Filters

sowie eine mögliche Deaktivierung der selbsttätigen Änderung der Schaltfrequenz eines FU bei niedrigen Ausgangsfrequenzen sollten ggf. bei den Herstellern dieser Betriebsmittel erfragt werden.

FU mit integrierten EMV-Filtern

Viele FU sind bereits mit einem internen EMV-Eingangsfiler ausgestattet, so dass die Verwendung eines externen Filters entfallen kann.

Wichtig ist es hierbei zu wissen, dass diese integrierten Filter oft nur eine maximale Länge der geschirmten Motorzuleitung von 5 ... 10 m zulassen. Die in den Bedienungsanleitungen der FU angegebenen Konformitätserklärungen zu den EMV-Richtlinien (z. B. EN 55011, Klasse A oder B) gelten meistens nur für diese relativ kurzen Leitungslängen. Häufig sind auch Leitungslängen von 50 ... 100 m angegeben. Diese Leitungslängen beziehen sich jedoch meist nicht auf die EMV-Konformität, sondern auf eine maximal zulässige kapazitive Last (Kapazität der geschirmten Motorzuleitung), welche die Ausgangsstufe des FU noch problemlos treiben kann.

Längere Zuleitungen bewirken durch die Zunahme der asymmetrischen kapazitiven Ströme eine magnetische Sättigung der EMV-Filterdrossel. Extrem hohe Ableitströme und eine Filterresonanz sind die Folge. Eine gesättigte Filterdrossel führt zur Unwirksamkeit des Filters, so dass die zulässigen Grenzwerte der einschlägigen EMV-Richtlinien weit überschritten werden und der FU somit meist unbemerkt zur hochgradigen Störquelle für andere Verbraucher wird.

Verwendet man den FU mit integriertem EMV-Filter und langer geschirmter Motorzuleitung (> 10m), so ist das integrierte Filter nach Möglichkeit zu deaktivieren und ein externes EMV-Filter zu wählen, welches sich für den Betrieb mit langen Motorzuleitungen eignet. Das passende Filter muss man ggf. durch eine EMV-Messung an der gesamten elektrischen Anlage ermitteln.

Allstromsensitiver Fehlerstromschutz

Sind in elektrischen Anlagen glatte Gleichfehlerströme (keine Nullpunktberührung) – bedingt durch den Einsatz bestimmter elektronischer Betriebsmittel – zu erwarten, so fordern die Normen bereits in mehreren Bereichen den Einsatz von allstromsensitiven Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen. Auch wenn die

elektronischen Betriebsmittel der elektrischen Anlage fest (ohne Steckvorrichtung) angeschlossen sind, kann eine RCD vom Typ B gefordert sein.

Dieses trifft z. B. für dreiphasig betriebene FU zu, welche eingangsseitig in der Regel zur Gleichrichtung der Netzspannung eine Sechspuls-Brückenschaltung verwenden (Bild 8).

Folgende Forderungen finden sich in geltenden Normen:

- VDE 0160/EN 50178 »Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln«: Gemäß Abs. 5.2.11.2 und 5.3.2.3 ist zum Schutz bei direktem und indirektem Berühren eine RCD vom Typ B einzusetzen, wenn ein elektronisches Betriebsmittel einer elektrischen Anlage im Fehlerfall einen glatten Gleichfehlerstrom erzeugen kann.
- VDE 0100 Teil 530 »Errichten von Niederspannungsanlagen – Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte«: Die Abschnitte 531.3.2 und 532.2 fordern RCD vom Typ B, wenn auf der RCD-Lastseite ein elektronisches Betriebsmittel im Fehlerfall einen glatten Gleichfehlerstrom erzeugen kann. Das gilt auch dann, wenn das elektronische Betriebsmittel fest angeschlossen ist. Zum vorbeugenden Brandschutz ist eine RCD mit einem Bemessungsfehlerstrom von nicht mehr als 300 mA einzusetzen.

Schutzmaßnahmen beim Betrieb von EB auf Baustellen

Aus der Norm VDE 0100 Teil 704 »Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Baustellen« sowie der BGI 608 »Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen« lassen sich die nachstehenden Aussagen ableiten:

- Einphasig betriebene elektronische Betriebsmittel (AC 230 V/16 A) darf man über pulsstromsensitive RCDs mit $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ oder Schutztrenntransformatoren betreiben, wenn keine glatten Gleichfehlerströme zu erwarten sind. Über eine einphasige Brückengleichrichtung kann im Falle eines Erdschlusses kein glatter Gleichfehlerstrom fließen, auch wenn im Brückenweig ein Glättungskondensator angeordnet ist. Verfügt das elektronische Betriebsmittel jedoch eingangsseitig über eine Einweggleichrichtung mit Glättungskondensator, so kann dann im Falle eines

Erdschlusses ein glatter Gleichfehlerstrom entstehen.

- Dreiphasig betriebene elektronische Betriebsmittel mit Steckvorrichtungen $\leq 32\text{ A}$ dürfen nur über allstromsensitive RCD mit $I_{\text{AN}} \leq 30\text{ mA}$ oder Schutztrenntransformatoren betrieben werden.
- Dreiphasig betriebene elektronische Betriebsmittel mit Steckvorrichtungen von 32 bis 63 A dürfen nur über allstromsensitive RCD mit $I_{\text{AN}} \leq 500\text{ mA}$ oder mit Schutztrenntransformatoren betrieben werden.
- Dreiphasig betriebene elektronische Betriebsmittel mit Steckvorrichtungen von 63 A dürfen nur über allstromsensitive RCDs oder Schutztrenntransformatoren betrieben werden.
- Elektronische Betriebsmittel mit Festanschluss, ohne Steckverbindung, darf man ohne RCDs oder Schutztrenntransformatoren betreiben, jedoch sind hier die Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100-410 anzuwenden.

Weitere Einsatzgebiete der RCDs Typ B

Gemäß VDE 0100 Teil 712 »Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik (PV) Stromversorgungssysteme«, Abschnitt 712.413.1.1.1.2, muss der Errichter in elektrischen Anlagen mit PV-Stromversorgungssystemen eine RCD vom Typ B vorsehen, wenn

- durch die Bauart des Wechselrichters nicht mindestens eine einfache Trennung zwischen der Wechsel- und Gleichspannungsseite besteht und
- der Fehlerschutz durch automatische Abschaltung mit Überstromschutzeinrichtungen (Leitungsschutzschalter) aufgrund unzureichender Erdungsbedingungen (hohe Schleifenwiderstände) nicht gegeben ist.

Das trifft beispielsweise zu, wenn ein transformatorloser PV-Wechselrichter in einem TT- oder TN-System mit hohen Schleifenwiderständen verwendet wird. Das gilt auch dann, wenn eine externe oder im Wechselrichter integrierte selbsttätige Schaltstelle mit Fehlerstrom-Überwachungseinheit (RCMU) zum zusätzlichen Personenschutz nach VDE V 0126-1-1 vorhanden ist.

Häufig verwendet man einphasig einspeisende Wechselrichter. In diesem Fall genügt der Einsatz eines zweipoligen Fehlerstromschutzschalters vom Typ B.

Die Norm VDE 0100 Teil 723 »Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten,

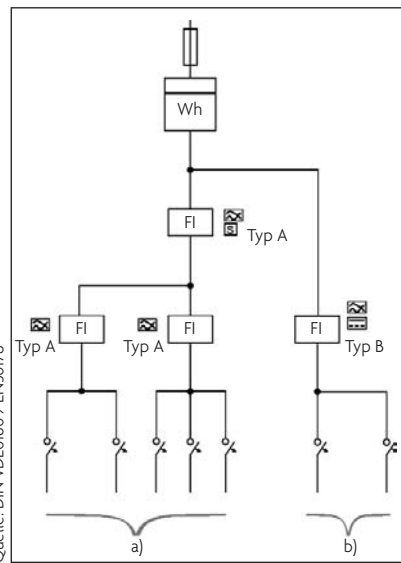


Bild 9: Aufteilung der Stromkreise

Räume und Anlagen besonderer Art – Unterrichtsräume mit Experimentiereinrichtungen« fordert in ihrem Abschnitt 723.412.5 für Stromkreise von Experimentiereinrichtungen in einem TN- oder TT-System zum zusätzlichen Schutz RCD vom Typ B mit einem Bemessungsfehlerstrom $\leq 30\text{ mA}$. In der Richtlinie zur Schadenverhütung VdS 3501 »Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln – RCD und FU« findet man im Abschnitt 4.4 die Forderung, dass zum Sachschutz in feuergefährdeten Betriebsstätten eine RCD vom Typ B vorzusehen ist. Diese muss Fehlerströme in einem Frequenzbereich von 0 bis mindestens 100kHz erfassen und eine maximale Auslösegrenze von 300mA aufweisen, welche im gesamten Frequenzbereich nicht überschritten werden darf.

Anmerkung: Die bisher genannten Einsatzgebiete allstromsensitiver Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Aufteilung der Stromkreise

Stromkreisen mit elektronischen Betriebsmitteln – z. B. FU – dürfen nach VDE 0160/EN 50178 Abschnitt 5.3.2.3 keine pulsstromsensitiven Schutzeinrichtungen vorgeschaltet sein, da diese, wie bereits oben beschrieben, durch einen glatten Gleichfehlerstrom in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Dieses Phänomen ist konkret auf die Vormagnetisierung des Wandlerkerns zurückzuführen. Das Bild 9 zeigt folgende verschiedene Beschaltungsmöglichkeiten der Stromkreise mit RCD:

- a) Stromkreise mit elektrischen Betriebsmitteln, bei denen im Fehlerfall Wech-

selfehlerströme und/oder pulsierende Gleichfehlerströme auftreten können.

- b) Stromkreise mit elektronischen Betriebsmitteln, bei denen im Fehlerfall Wechselfehlerströme und/oder pulsierende und/oder glatte Gleichfehlerströme auftreten können.

Schutz durch automatische Abschaltung

Nur wegen der Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit ist eine Überwachung eines Stromkreises bzw. eine Fehlermeldung ohne Abschaltung mit Hilfe eines RCM (Differenzstrom-Überwachungsgerät) als Schutzeinrichtung in TT- und TN-Systemen gemäß VDE 0100-530 nicht zulässig. Diese sind oft mit einer Anzeigefunktion ausgestattet, so dass der Anwender eine Information über den aktuell vorhandenen Differenzstrom erhält. Jedoch verfügen sie nicht über ein eigenes Schaltorgan. Für Brandschutzzweck darf man RCM in Verbindung mit einem Schaltgerät mit Trennfunktion ausnahmsweise nur dann verwenden, wenn sich eine RCD aufgrund eines zu hohen Betriebsstroms nicht mehr einsetzen lässt. Eine Abschaltung des zu überwachenden Stromkreises muss jedoch erfolgen, wenn es zum Ausfall der Hilfsspannung des RCM kommt. Dies reduziert die Anlagenverfügbarkeit. Eine RCD schaltet hingegen i. d. R. bei Ausfall der Netzspannung nicht ab.

In elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln, in denen glatte Gleichfehlerströme zu erwarten sind, ist zum Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung nur eine RCD vom Typ B zulässig. Dies gilt z. B. für Fehlerstrom-Schutzschalter (RCCB des Typs B). RCM sind generell für Überwachungsaufgaben bestimmt und zum Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung nicht zulässig. Prinzipiell steht der Anlagenschutz durch Abschaltung im Fehlerfall vor der Anlagenverfügbarkeit.

Die Grundsaltungen elektrischer Betriebsmittel und daraus resultierende mögliche Fehlerströme sind in einer umfassenden Übersicht im Anhang B der Norm DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530):2005-06 dargestellt. Dieser informative Anhang stellt für elektrische Betriebsmittel mit verschiedenen Basischaltbildern (Schaltungen mit Halbleiter-Bauelementen) den zeitlichen Verlauf des Last- und Fehlerstroms grafisch dar und benennt die für einen umfassenden Schutz geeigneten RCD-Typen.

(Ende des Beitrags)

www.doepke.de