

AUF EINEN BLICK

Die Kritik eines »de«-Lesers im Zusammenhang mit Ableitströmen an Frequenzumrichtern (FU) nahm der Autor dieses Beitrags zum Anlass, über die Bedeutung von Normen in der Realität nachzudenken. Technischer Fortschritt soll nicht behindert werden. Unterwegs kommt es aber in der Praxis oft zu Schwierigkeiten, die der Beitrag versucht zu erklären.

Ableitströme und Erdung an Maschinen

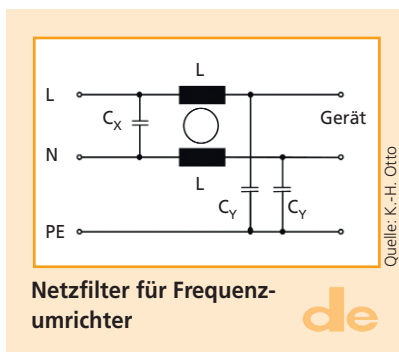
Frequenzumrichter, RCD und Ableitströme

Das hier betrachtete Problem stellen die Filterkondensatoren (Bild) dar, deren Sternpunkt von den FU-Herstellern an das FU-Gehäuse und damit an den PE angeschlossen wird und im PE Ströme hervorruft. Sie können zu Fehlauflösungen der RCD führen. Schließlich stellen Kondensatoren Blindwiderstände dar, die Ströme aufnehmen.

Der »de«-Leser K. T. aus Schleswig-Holstein bezieht sich mit einer Anfrage auf den Beitrag »Ableitströme und Erdung an Maschinen« in »de« 1-2/2008, S. 16. Er meint dazu: »Nun ist es uns Installateuren strikt verboten, hinter der Aufteilung des PEN noch irgendwelche Verbrauchsgeräte an den PE anzuschließen. Warum gilt hier zweierlei Recht? Warum dürfen die FU-Hersteller, was wir nicht dürfen? Weil die FU-Hersteller sich überhaupt nicht anstrengen wollen, sollen wir Installateure maßlose und teure Anstrengungen unternehmen. Wir sollen sechspolige Stecker und Steckdosen installieren mit zwei PE-Kontakten, mit dickerem und längeren PE-Stift, die es nirgends gibt. Weiterhin wären sechsdadrige Leitungen erforderlich, mit zwei gelb-grünen Leitern, die es ebenfalls nicht gibt. Wenn ich es recht verstanden habe, soll ein PE-Leiter mit dem Filtersternpunkt und der andere mit der Gehäusemasse verbunden werden. Das Ganze würde aber nur Sinn machen, wenn der PE, welcher die zu hohen Ableitströme des Filters führt, durch den FI-Wandler geleitet würde. Denn anders nützt der zweite PE bezüglich der Vermeidung von Fehlauflösungen gar nichts. Fünfpolige FI gibt es meines Wissens nirgends auf der Welt. Warum schließt man nicht einfach den Filtersternpunkt an den blauen N-Leiter an? Damit wären auf einfache Weise alle Probleme aus der Welt, denn der N-Leiter ist ja dazu da, Ausgleichströme zu führen.«

Erfassung der Problematik

Die Kritik des Anfragers trifft genau den Kern des Problems. Hier hat sich eine Gerätetechnik entwickelt, die mit den gängigen Konzepten zum Schutz



gegen elektrischen Schlag im Fehlerfall nicht kompatibel ist. Andererseits haben sich die Frequenzumrichter (FU) auf Grund erheblicher funktionaler und wirtschaftlicher Vorteile nahezu explosionsartig verbreitet. Viele Anlagen in der Industrie, aber auch in Haushalten, sind heute ohne diese Geräte gar nicht mehr denkbar. Die Auswirkung dieser Entwicklung geht sogar noch weiter, als es der Anfrager in seiner berechtigten Kritik darstellt.

Hierbei ist die Beeinträchtigung der Funktion der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) eigentlich nur ein Nebeneffekt, der noch relativ einfach in den Griff zu bekommen ist. Von größerer Tragweite kann u.U. sein, dass auch das Schutzniveau des Schutzleitersystems gegen elektrischen Schlag reduziert wird.

Produktnormen versus Errichtungsbestimmungen

Die Technik der FU hat sich entwickelt, weil sie nicht verboten war. Bei den ersten Geräten auf dem Markt waren die Schutzleiterströme noch so gering, dass sie nicht weiter gestört haben.

Im Grunde haben dann zwei sich überlagernde Einflüsse zu der heutigen Situation geführt. Einmal die fast

explosionsartige Verbreitung dieser Technik wegen der schon erwähnten technischen und wirtschaftlichen Vorteile. Zum zweiten sind, wie auch der Anfrager richtig erkannt hat, die Filterkondensatoren das kritische Element, die in Kauf genommene Ableitströme im Schutzleiter verursachen. Dies sind aber nicht die einzigen Schutzleiterströme. Hinzu kommen zusätzliche parasitäre Ableitströme, die über die Kapazitäten der geschirmten Leistungskabel und der Motoren fließen. Mit Ausnahme der kapazitiven Ströme über die Motoren, die durch die Stromform der Umrichterströme entstehen, sind diese jedoch eine Folge der EMV-Richtlinie, die etwa im gleichen Zeitraum in Kraft trat und in ein deutsches Gesetz umgesetzt werden musste, und zu dessen Einhaltung die Hersteller gesetzlich gezwungen waren. Für die Lösung dieses Problems gibt es zwar auch andere technische Lösungen. Die sind aber kostenintensiver, und so etwas setzt sich nun mal am Markt schlechter durch, wenn nicht ein entsprechender Druck von anderer Seite kommt.

Im Prinzip eröffnen sich der Normung zwei Wege, um auf diese Situation zu reagieren. Einmal über die Produktnormen, indem bestimmte Baubestimmungen für diese Geräte erstellt werden. Zum zweiten über die Errichtungsbestimmungen, um das verloren gegangene Sicherheitsniveau wieder herzustellen. Beide Wege werden auch beschritten, aber das Letztere war das vordringlichere Problem, bei dem schneller reagiert werden musste.

Normen sind keine Gesetze

Zum besseren Verständnis der Vorgänge möchte der Autor hier einige

grundsätzliche Informationen zu Normen und zur Normungsarbeit einschleiben. Normen sind keine Vorschriften im Sinne eines Gesetzes. Sie sind ein **schriftlich dokumentierter anerkannter Stand der Technik**. Deswegen legen Normen auch überwiegend fest, wie ein bestimmtes Problem zu lösen ist. Mit Negativaussagen, also ob etwas zu verbieten, ist man in Normen sehr vorsichtig. Es gilt nämlich auch noch ein weiteres Prinzip: Normen sollen eine technische Weiterentwicklung nicht behindern. Daraus folgt, dass zunächst einmal jede technische Lösung erlaubt ist, soweit sie nicht irgendwelchen technischen Regeln widerspricht und nicht ausdrücklich verboten ist. Umgekehrt würde es ja schließlich bedeuten: Alles ist verboten, was nicht ausdrücklich erlaubt ist. Jede Neuentwicklung müsste erst durch ein Normungsgremium sanktioniert werden, was – weltweit abgestimmt – Jahre dauern würde, bis eine Neuentwicklung in die Praxis umgesetzt werden dürfte.

Dieses Prinzip birgt naturgemäß auch das Risiko in sich, dass es zu Entwicklungen kommen kann, die sich im Nachhinein als fehlerhaft erweisen und dann korrigiert werden müssen. Insgesamt handelt es sich aber um ein für den technischen Fortschritt positives Prinzip.

Die Anwendung einer Norm ist im Prinzip freiwillig, bzw. eine Frage der Vereinbarung zwischen den beteiligten Partnern, die sich für ein Projekt auf eine bestimmte technische Ausführung einigen. Deswegen legt man bei vielen Projekten die anzuwendenden Normen vertraglich fest. Die Macht der Normen beruht nicht auf einem zwangsweisen Mechanismus, sondern darauf, dass

- ihre Inhalte von der Fachwelt als richtig und sinnvoll anerkannt sind und
- ihre Anwendung zunächst einen eventuellen Vorwurf der Fahrlässigkeit entkräftet.

Realisiert jemand eine von den geltenden Normen abweichende technische Lösung, muss er – z.B. nach einem Unfall – nachweisen, dass »sein Stand der Technik« mindestens so gut ist wie jener in den relevanten Normen.

Wie Normung funktioniert

Normen werden nicht von irgendwelchen praxisfremden Funktionären an einem grünen Tisch gemacht. In die Normungsgremien werden Fachleute aus der Praxis von den jeweils betroffe-

nen Interessengruppen delegiert. Dies können sein: Vertreter von Verbänden der Hersteller, Betreiber, Ausrüster, Installateure, Berufsgenossenschaften, Sachversicherer, technische Überwachungsorganisationen wie TÜV usw. Das Einbringen der Interessen geschieht heute kaum noch nur auf nationaler (deutscher) Ebene, sondern die Gremien sind meist weltweit international tätig (IEC und ISO), mindestens aber europäisch besetzt. Man kann sich vorstellen, dass hier die unterschiedlichsten Interessen aufeinander prallen.

Letztlich muss aber ein gemeinsamer Konsens gefunden werden, mit dem alle Beteiligten leben können und der dann in einen Normentwurf mündet. Dieser wird dann der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgestellt (international), damit auch die, die nicht mitgearbeitet haben, noch mal Gelegenheit bekommen ihr Fachwissen und ihre spezifischen Probleme in Form von Kommentaren einzubringen. Man kann sich vorstellen, dass hier viele Kompromisse gemacht werden müssen und dass dies ein langwieriger Prozess ist. Dieses Verfahren ist aber die Grundlage dafür, dass inhaltlich eine Norm entstanden ist, die von allen betroffenen Fachleuten akzeptiert wird und sich somit auch durchsetzt.

Bei einer Produktnorm liegt naturgemäß bei der Besetzung eines Gremiums der Schwerpunkt bei den Herstellern. Wie in dem Vorbericht erwähnt, wurde bereits eine deutsche Arbeitsgruppe installiert, die das Thema gesamtheitlich einer Lösung zuführen soll.

Was Sicherheit bedeutet

Bei einer Errichtungsbestimmung stehen Fragen der elektrischen Sicherheit im Vordergrund. Wenn man sich mit Sicherheitsthemen befasst, dann wird eins schnell klar: Es gibt keine absolute Sicherheit. Oder um es mit der Terminologie der EG-Richtlinien auszudrücken, bei denen die Risikobeurteilung eine dominierende Rolle spielt: Es gibt kein Nullrisiko, es bleibt immer ein Restrisiko. Neben der Schadensbegrenzung geht es immer nur darum die Wahrscheinlichkeit so gering wie möglich zu halten, dass der Risikofall eintritt.

Wenn man mal von hochsicherheitsrelevanten Systemen wie z.B. Atomkraftwerken absieht, erachtet man bei technischen Produkten die sog. »Einfehlersicherheit« als ausrei-

chend. D.h., ein einzelner Fehler in einem System darf noch keinen gefährlichen Zustand erzeugen. Erst wenn ein zweiter unabhängiger Fehler hinzukommt, darf die Sicherheit beeinträchtigt sein und das Risiko wird höher. Fehler in einem an sich funktionierenden System haben ihre Ursache in der Regel in einem Ausfall eines Systemelements. Es geht letztlich also um Ausfallwahrscheinlichkeiten.

Bei der Beurteilung der Ausfallwahrscheinlichkeiten muss man zwischen aktiven und passiven Elementen unterscheiden. Aktive Elemente, dies sind z.B. Schalter, elektronische Schaltungen usw., haben naturgemäß eine höhere Ausfallwahrscheinlichkeit als passive Elemente wie z.B. ein Draht oder eine Klemme, richtige Dimensionierung in beiden Fällen vorausgesetzt. Bei mit Verschleiß behafteten Elementen wie Schützkontakten ist die Ausfallwahrscheinlichkeit noch höher.

Überträgt man diese Gedanken auf den üblichen Schutz gegen elektrischen Schlag durch automatische Abschaltung bei indirektem Kontakt durch das Schutzleitersystem, so erfüllt dieses das Prinzip der Einfehlersicherheit mit passiven Elementen, hat also ein hohes Sicherheitsniveau. Ein Fehler im aktiven Teil – ein Körperschluss – führt über den Schutzleiter zu einer Abschaltung oder zu einer Begrenzung der Berührungsspannung auf ungefährliche Werte. Die Anlage geht also in einen sicheren Zustand. Ein Fehler nur im Schutzleitersystem – eine Unterbrechung – führt nicht direkt zu einem gefährlichen Zustand. Erst wenn jetzt ein zweiter Fehler – Körperschluss im aktiven Teil – hinzukommt, entsteht eine gefährliche Berührungsspannung und die Sicherheit ist nicht mehr gewährleistet.

Frequenzumrichter und RCD

Das Problem mit Fehlauflösungen der RCD ist nicht neu. Das hat es auch frü-

her schon in ausgedehnten Kabelanlagen durch die kapazitiven Ableitströme gegeben. Der Einsatz leistungselektronischer Schaltungen, auch ohne EMV-Maßnahmen, hat bereits zur Entwicklung verschiedener RCD geführt, um die unterschiedlichen Stromformen und Oberschwingungen zu beherrschen. Man kommt aber jetzt wegen der Summierung von immer mehr und höheren Ableitströmen an die Grenzen. Das bedeutet, der Einsatz von RCD muss u.U. gezielter auf einzelne Stromkreise hin erfolgen, um unzulässige Summierungen zu vermeiden.

Der Einsatz von RCD ist als zusätzliche Ergänzung zu den üblichen Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag anerkannt, sie dürfen diese aber nicht ersetzen. D.h., man darf sich nicht auf den Schutz durch eine RCD verlassen (VDE 0100-410, Abschnitt 415.1). Dies hängt damit zusammen, dass RCD aktive Elemente sind. Deshalb sollte ihre Funktion auch prüfbar sein. Obligatorisch ist der Einsatz von RCD nur an solchen Stellen, wo eine höhere Wahrscheinlichkeit für ein Versagen des Schutzleitersystems besteht oder eine sonstige Erhöhung des Risikos wahrscheinlich ist. Dies sind Steckdosen für den allgemeinen Gebrauch bis 20A, die also auch elektrotechnischen Laien zugänglich sind, und Außenanschlüsse für tragbare Betriebsmittel bis maximal 32A (VDE 0100-410, Abschnitt 411.3.3). In der Industrie sind dies noch zusätzlich die feuergefährdeten Betriebsstätten. In all diesen Fällen wird auch dringend empfohlen, jedem Stromkreis seinen eigenen RCD zuzuordnen, um eben Fehlauflösungen durch die Aufsummierung der Ableitströme zu vermeiden.

Man kann also das Problem der Fehlauflösungen der RCD z.T. dadurch in den Griff bekommen, indem man die Anlage so aufbaut, dass eine Summierung von Ableitströmen in einem RCD vermieden wird.



Ableitströme auf dem Schutzleiter

Der Anfrager hat natürlich Recht, wenn er bezweifelt, ob die Verdoppelung des Schutzleiters das Problem mit den Fehlauslösungen der RCD löst. Das kann diese Maßnahme natürlich nicht. Der Grund für diese Maßnahme liegt jedoch auch auf einer ganz anderen Ebene.

Das oben geschilderte Prinzip der Einfehlersicherheit des Schutzleitersystems zum Schutz bei indirektem Berühren kann nur funktionieren, solange der Schutzleiter im Normalbetrieb stromlos ist. Führt dieser aber betriebsmäßig einen Strom und es kommt zu einem Bruch des Schutzleiters, steigt an ihm das Potential auf das der Spannungsquelle an, die diesen Strom treibt. D. h., es entsteht jetzt bereits bei diesem ersten Fehler an allen angeschlossenen Gehäusen eine Berührungsspannung, die durchaus gefährliche Werte annehmen kann. Hierbei spielt es keine Rolle, ob der Schutzleiterstrom von einem Betriebsmittel herührt, welches zwischen Phase und einem PEN angeschlossen wird, oder ein »Ableitstrom« von einer EMV-Maßnahme auf einen PE ist. Nun war es Aufgabe der Errichtungsbestimmungen, dieses verloren gegangene Sicherheitsniveau durch andere geeignete Maßnahmen wieder anzuheben.

Praktisch möglich ist dies nur, indem die Wahrscheinlichkeit für einen Totalausfall des Schutzleiters verringert wird. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten:

- Die mechanische Verstärkung des Schutzleiters. Das ist die Forderung nach dem Mindestquerschnitt von 10 mm².
- Vorsehen von Redundanz. Das ist die Verdoppelung des Schutzleiters wenn der Querschnitt kleiner als 10 mm² ist.

Was lag näher, als diese Maßnahmen, die man für einen PEN schon hatte, auch auf den PE zu übertragen, der mit

MEHR INFOS

Bücher zum Thema

Schmolke, Chun, Soboll, Walfort: Elektromagnetische Verträglichkeit in der Elektroinstallation – das Handbuch, ISBN 978-3-8101-0222-5 (im Online-Shop von »de« erhältlich)

Fachbeiträge zum Thema

- Otto, K.-H.: Gerätehersteller und Anwender erreichen EMV nur im Miteinander, »de« 15-16/2004, S. 54 f.
- Otto, K.-H.: Y-Kondensatoren beeinflussen PE-Leiter, »de« 22/2003, S. 38

»Ableitströmen« durch EMV-Maßnahmen verseucht ist (VDE 0100-540, Abschnitt 543.7; VDE 0113-1, Abschnitt 8.2.8).

Konsequenzen für den Aufbau von Anlagen

Außer bei den oben bereits erwähnten Stromkreisen, wo RCD vorgeschrieben sind, sollte man diese gezielt nur dort einsetzen, wo ihre Verwendung einen Sicherheitsgewinn bedeutet, und sie so anordnen, dass eine Summierung von Ableitströmen mehrerer FU vermieden wird. Alle Anlagenteile, bei denen die Anschlussquerschnitte des Schutzleiters ohnehin schon 10 mm² oder mehr betragen, bedürfen keiner weiterer Maßnahmen.

Bei den Anlagenteilen, wo eine Verdoppelung des Schutzleiters notwendig wird, hat der Anfrager natürlich Recht mit seiner Kritik, dass das z.Z. zur Verfügung stehende standardmäßige Produktspektrum nicht optimal auf diese Situation vorbereitet ist. Deswegen muss man aber nicht gleich das Kind mit dem Bade ausschütten. Es ist richtig, dass es keine Kabel mit zwei gelb-grün gekennzeichneten Leitern gibt. Aber es ist bei mehradrigen Kabeln durchaus zulässig, einen weiteren Leiter an seinen Enden mit gelb-grünem Klebeband als zusätzlichen PE zu kennzeichnen (VDE 0113-1, 13.2.2).

Steckverbindungen sollten, wenn irgend möglich, vermieden werden. Die

Verwendung des unbenutzten N-Stiftes einer fünfpoligen CEE-Steckverbindung kann nicht als allgemeine Lösung empfohlen werden, solange die Beschaltungskondensatoren in den Geräten nicht auf eine isolierte Klemme geführt werden. Damit würde in einer Steckdose, in der der N-Stift ordnungsgemäß verdrahtet ist, über das Gerät aus dem PE und dem N wieder unzulässigerweise ein PEN gemacht. Außerdem würde man mit dieser Maßnahme nur die »bewussten Ableitströme« der Filterkondensatoren erfassen, die oft nur etwa 1/3 der gesamten Schutzleiterströme ausmachen, nicht jedoch die übrigen »parasitären Ableitströme« der geschirmten Leistungskabel und Motoren. Darüber hinaus gibt es in der Industrie viele Netzsysteme, in denen der N nicht zur Verfügung steht.

Es gibt aber genügend industrietaugliche vielpolige Steckverbindungen am Markt, bei denen ein Stift als der zweite PE genommen werden kann. Es ist nirgendwo vorgeschrieben, dass dieser zweite PE-Stift auch verstärkt und verlängert sein muss. Das Schutzziel, welches mit der Verlängerung erreicht werden soll, nämlich dass die volle Schutzwirkung des Schutzleiters auch während des Steckens und Ziehens an einem fehlerhaften Gerät gegeben ist, ist auch bei nur einem verlängerten PE-Stift gewährleistet.

Dieter Lenzkes,
freier Autor der Rubrik Praxisprobleme