

Ableitströme und Fehlerstromschutzschalter

Allgemeines

Beim Betrieb von Frequenzumrichtern treten betriebsbedingt teils erhebliche Ableitströme gegen PE (Erde) auf, die von einer Fehlerstromschutzeinrichtung (FI-Schalter, RCD, RCCB) als „Fehlerstrom“ interpretiert werden. Als Folge kann es zu Fehlauflösungen kommen. Die spektrale Zusammensetzung des Gesamtableitstromes und die Amplituden der beteiligten Frequenzen werden maßgeblich von folgenden Einflussgrößen bestimmt:

- Pulsfrequenz
- Motor-Drehfrequenz
- Art und Länge des Motorkabels (geschirmt / ungeschirmt)
- Motoreigenschaften (kapazitive Kopplung der Statorwicklungen gegen PE)
- Kapazitive Zwischenkreisanbindung an PE (Position von Jumper ‚B‘ Motorabgang)
- Optionaler Einsatz von Netzeingangsfiltren und Ausgangsfiltren (Sinusfilter)

Grundsätzlich kann zwischen einem niederfrequenten, schmalbandigen (150 Hz bei 50 Hz Netzfrequenz bzw. 180 Hz bei 60 Hz, und zugehörige Oberschwingungen) und einem meist breitbandigen Anteil im Bereich der Pulsfrequenz unterschieden werden. Ein kleiner, netzfrequenter Anteil resultiert aus einer nicht ganz 100 %-tigen Symmetrie der 3 Netzphasen, wenn sich *Jumper ‚A‘* (Netzeingang) in normaler Position befindet. Auch asymmetrische Störspannungen auf den Netzphasen können zu weiteren Anteilen im Spektrum des Gesamtableitstromes führen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein typisches Spektrum des Ableitstromes eines Frequenzumrichters mit langer (30 m), abgeschirmter Motorleitung.

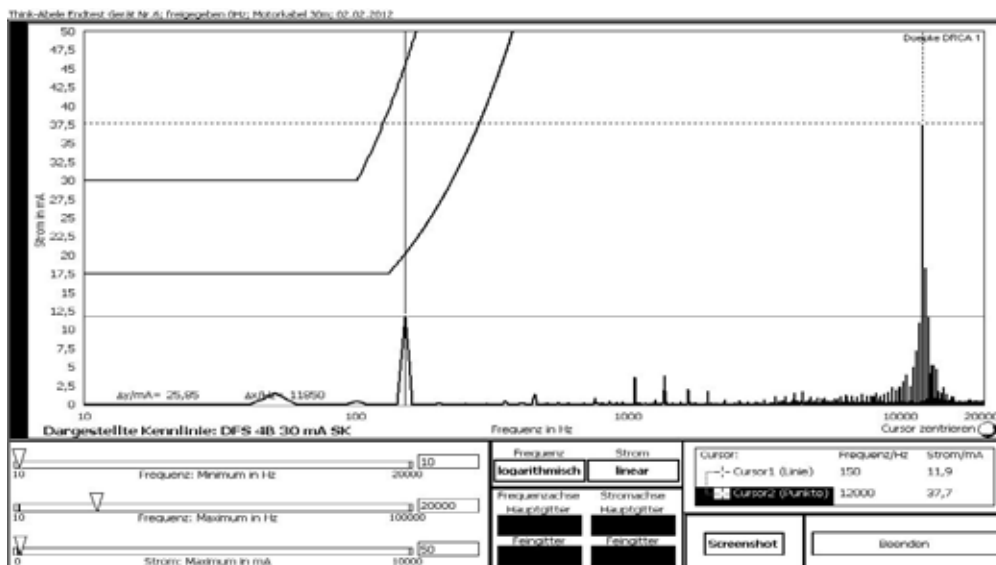


Abbildung 1: Typisches Spektrum des Ableitstromes eines Frequenzumrichters, Pulsfrequenz = 12 kHz, Motorkabel = 30 m geschirmt

Technische Information / Datenblatt		Ableitströme und Fehlerstromschutzschalter			
Frequenzumrichter		T1800_00000003	V 1.0	0313	DE

Interpretation der Angaben zum Ableitstrom im Handbuch

Angaben zum Ableitstrom im Handbuch basieren auf Messungen nach DIN EN 60990 (VDE 0106 Teil 102). Hierbei handelt es sich um *bewertete* Messungen für „Spürbarkeit oder Reaktion“, d.h. entsprechend der physiologischen Wirkung auf den menschlichen Körper werden *hochfrequente* Anteile des Ableitstromes, der im Fehlerfall zum „Berührungsstrom“ werden kann, *abgewertet*.

In erster Näherung beziehen sich die Angaben im Handbuch also auf den bereits erwähnten, *niederfrequenten* Anteil des Ableitstromes. Diese Angabe harmoniert nicht mit den Angaben von Fehlerstromschutzschaltern, da diese in Abhängigkeit vom gewählten Typ (Auslösefrequenzgang) auch *höherfrequente* Anteile in die Summenbildung einbeziehen.

Vorschriften zum Elektrischen Anschluss und zur Erdung

Geräte mit betriebsbedingt erhöhten Ableitströmen ($\geq 3,5$ mA Wechsel- oder ≥ 10 mA Gleichstrom), zu denen auch NORD-Frequenzumrichter zählen, unterliegen besonderen Vorschriften bzgl. elektrischem Anschluss und Erdung (**DIN EN 61800-5-1**). Folgende Bedingungen nach 1 oder 2 müssen erfüllt sein:

1. **Ortsfester Anschluss und:**

- ein Querschnitt des Schutzerdungsleiters von mindestens 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al
oder
- automatische Abschaltung des Netzes bei Unterbrechung des Schutzerdungsleiters
oder
- Anbringen einer zusätzlichen Anschlussklemme für einen zweiten Schutzerdungsleiter mit demselben Querschnitt wie der ursprüngliche Schutzerdungsleiter
oder

2. **Anschluss mit einem Steckverbinder** für industrielle Anwendungen nach IEC 60309 und ein Mindestquerschnitt des Schutzerdungsleiters von $2,5 \text{ mm}^2$ als Teil eines mehradrigen Versorgungskabels. Eine angemessene Zugentlastung muss vorhanden sein.

Von großer Wichtigkeit ist auch eine gute Erdung des Motors (diese muss in jedem Fall mindestens über den Schutzleiter des Motorkabels erfolgen, damit hochfrequente Ableitströme auf möglichst direktem Wege zum Umrichter zurückfließen können).

Bei Verwendung von geschirmten Motorkabeln muss die Schirmung beidseitig (am Motor und Umrichter bzw. Schaltschrank) großflächig und gut leitend aufgelegt werden.

Auf keinen Fall darf ein Motor bzw. Motorkabelschirm **ohne** Kontaktierung an PE betrieben werden, da der dann im Falle der Berührung über den menschlichen Körper geführte, betriebsbedingte Ableitstrom lebensgefährlich sein kann!

Einsatz von Fehlerstromschutzschaltern (RCD, RCCB) in Verbindung mit NORD-Frequenzumrichtern

Durch den Einfluss der internationalen Normung wird seit 2002 allgemein das Kürzel „RCD“ für die englische Bezeichnung Residual Current protective Device (sinngemäß Reststromschutzgerät) in den deutschsprachigen Normen verwendet. Auch die Bezeichnung „**RCCB**“ (Residual Current Circuit Breaker) ist gebräuchlich.

Folgende Punkte sollen bei der Auswahl eines geeigneten Fehlerstromschutzschalters beachtet werden:

- **Konventionelle Fehlerstromschutzschalter vom Typ A oder AC sind als Schutzeinrichtung nicht zulässig!**
- In Verbindung mit Frequenzumrichtern dürfen ausschließlich allstromsensitive RCDs (**Typ B bzw. B+**) eingesetzt werden. Hier ist zu beachten, dass es Schalter mit unterschiedlichen Auslösecharakteristiken bzw. Frequenzgängen gibt (z.B. Doepke DFS 4B **NK**, DFS 4B **SK**).

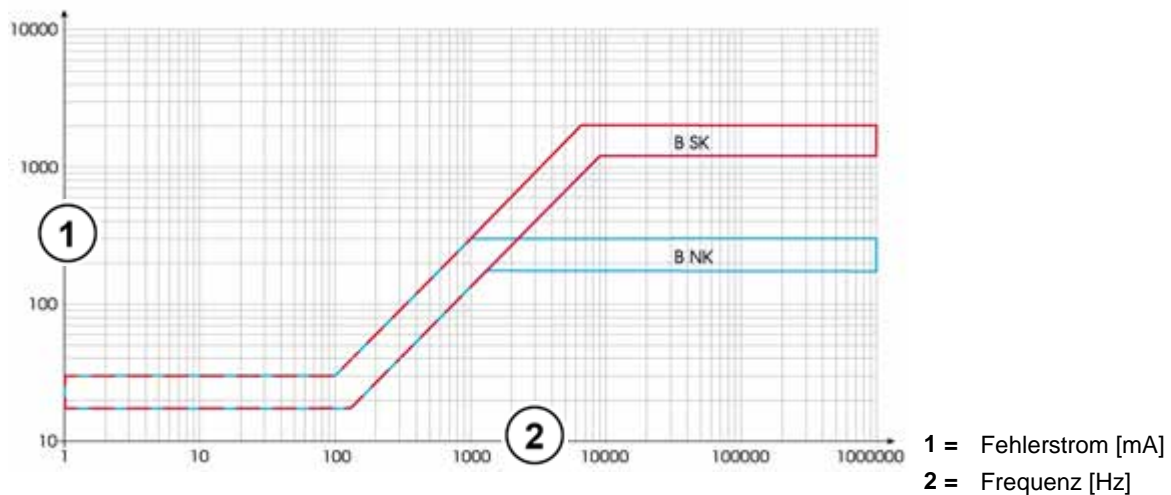


Abbildung 2: Frequenzgang Doepke Fehlerstromschalter Typ DFS 4B NK / SK 30 mA

Der Unterschied zwischen den Typen **B NK** und **B SK** liegt in der Auslöseempfindlichkeit für Frequenzen ab 1 kHz. Während die Ansprechschwelle der NK-Typen bei 300 mA liegt, wird sie für SK-Typen erst bei 2 A erreicht.

Auswahlkriterien und Hinweise für den Anwender

Dem Anwender stehen heute Fehlerstromschutzschalter mit unterschiedlichen Charakteristiken (Frequenzgängen) des Auslösestromes zur Verfügung. In Abhängigkeit von Anwendung und Anforderung kommt es darauf an, den am besten geeigneten Typen auszuwählen.

- Der Bemessungsfehlerstrom gibt den *maximal* zulässigen Wert an, bei dem der Schalter auslöst. Diese Angabe ist mit einer *Toleranz von bis zu – 50 %* behaftet. Für einen *30 mA - FI* z.B. bedeutet dies, dass der Ableit- bzw. Fehlerstrom für einen störungsfreien Betrieb *nicht größer als 15 mA* sein darf!
- Im Interesse einer hohen Anlagenverfügbarkeit sollte der Schutzzumfang einer Fehlerstromschutzeinrichtung nicht strenger als gefordert ausgelegt werden. D.h., der Bemessungsfehlerstrom sollte nach Möglichkeit nicht kleiner als 300 mA sein, und im Auslösefrequenzgang sollten Anteile oberhalb 1 kHz aufgrund der gewählten Auslösecharakteristik durch Anhebung der Ansprechschwelle niedriger bewertet werden. Hier muss der Anwender die für seine konkrete Anwendung relevanten Vorschriften (*Fragen des Personen- und Brandschutzes*) beachten.
- Nur Fehlerstromschutzschalter mit einem Bemessungsfehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$ können Schutz bei direktem Berühren bieten. In Abhängigkeit vom eingesetzten Typ kann dieser aber in einem bestimmten Frequenzbereich eingeschränkt sein.
- Je nach Pulsfrequenz ist beim Betrieb von NORD-Frequenzumrichtern mit relevanten Ableitströmen im Bereich bis ca. 20 kHz zu rechnen.
- Pro Umrichter soll möglichst ein separater Schutzschalter vorgesehen werden.
- Die allstromsensitiven Fehlerstromschutzschalter **DFS 4B SK**, **DFS 4B NK** und **DFS 4B+** der Firma **Doepke** sind unter bestimmten Einschränkungen für den Einsatz mit NORD-Frequenzumrichtern geeignet und zu empfehlen:

- In Anlagen, in denen **Brandschutz nicht gefordert** ist, ist der **DFS 4B SK** die beste Wahl. Bedingt durch die größere Unempfindlichkeit im oberen Frequenzbereich (ab 1 kHz) werden unerwünschte Auslösungen weitestgehend vermieden.

Zu beachten ist, dass ein **DFS 4B SK 30 mA** im Frequenzbereich $> 1 \text{ kHz}$ nur Schutz bei indirektem Berühren (Erdungswiderstand $\leq 25 \text{ Ohm}$) bietet.

- Der Einsatz des **DFS 4B NK**, insbesondere mit einem Bemessungsfehlerstrom von 30 mA, ist in Verbindung mit langen ($>5 \text{ m}$) bzw. geschirmten Motorkabeln und/oder bei Mehrmotorenbetrieb problematisch bzw. nicht möglich.
- Ein Kompromiss zwischen den SK- und NK- Typen ist die Ausführung **B+**. Diese bietet einen Schutz für Fehlerströme bis 20 kHz bei einer Auslöseobergrenze von 420 mA. Damit werden auch Vorgaben der Sachversicherer erfüllt (vorbeugender Brandschutz).

Die Frage, ob dieser Typ eingesetzt werden kann, muss im Einzelfall, ggf. durch Messung der real auftretenden Ableitströme, beantwortet werden.

- Nur bei Anwendungen mit sehr kurzen, ungeschirmten Motorkabeln ($< 5 \text{ m}$) kann es sinnvoll sein, den niederfrequenten Anteil des Ableitstromes zu senken, in dem der *Jumper ‚B‘* in die Position „*reduzierter Ableitstrom*“ gebracht wird. Der Grund hierfür ist, dass im Gegenzug der höherfrequente Anteil in Abhängigkeit von der angeschlossenen Motorperipherie und gewählten Pulsfrequenz ansteigt. Daher wird diese Maßnahme nur in Verbindung mit Schutzschaltern, deren Empfindlichkeit im hohen Frequenzbereich herabgesetzt ist, den erwünschten Erfolg bringen.
- Die Position des *Jumper ‚A‘* (Netzeingang) hat bei symmetrischen Netzbedingungen eine untergeordnete Bedeutung für die Höhe des Ableitstromes und sollte nach Möglichkeit in der *Normalstellung* (hohe Filterwirkung) verbleiben.