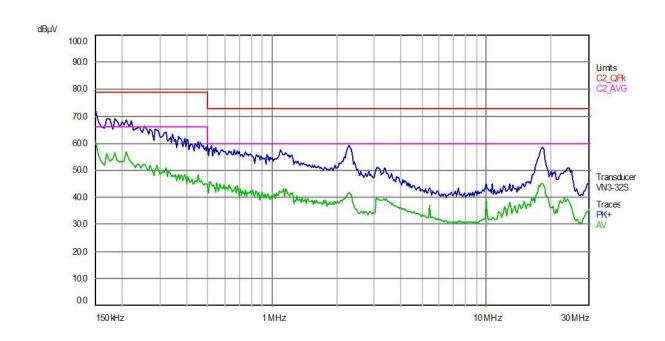
© 2013 by Eaton Industries GmbH

PowerXL™

DA1, DC1, DG1 Frequenzumrichter und DE1 Drehzahlstarter Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)



Level 1	 1 – Fundamental – keine weiteren Kenntnisse nötig 2 – Basic – Grundwissen empfehlenswert 3 – Fortgeschritten – Grundwissen notwendig 4 – Expert – Praxiserfahrung in dem Thema empfehlenswert
---------	--



Inhalt

1	Allgem	eines	5
2	EMV-g	erechter Aufbau – eine wichtige vorbeugende Maßnahme	7
	2.1 E	dverbindungen	7
	2.1.1	Übersicht	8
	2.1.2	Ausführung des Schaltschrankes	9
	2.1.3	Installation	10
	2.2 A	bschirmen von Leitungen	11
	2.2.1	Motorleitungen	11
	2.2.2	Steuerleitungen	11
	2.3 D	ie Netzversorgung	13
	2.3.1	Netzformen	13
	2.3.2	Betrieb an einem Notstromgenerator	13
3	EMV a	us Sicht von Richtlinien und Normung	14
	3.1 W	/elche EMV-Norm ist die richtige für meine Anwendung?	14
	3.2 W	/elche Grenzwerte sind für mich maßgebend?	15
4	Wann	sind EMV-Zusatzmaßnahmen erforderlich / sinnvoll?	19
	4.1 N	laßnahmen auf der Netzseite	19
	4.1.1	Netzdrossel	19
	4.1.2	EMV-Filter	20
	4.2 N	laßnahmen auf der Motorseite	21
	4.2.1	Motordrossel	21
	4.2.2	Sinusfilter	22
5	Checkl	iste EMV	25



Gefahr! - Gefährliche elektrische Spannung!

- Gerät spannungsfrei schalten.
- Gegen Wiedereinschalten sichern.
- Spannungsfreiheit feststellen.
- Erden und kurzschließen.
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken.
- Die für das Gerät angegebenen Montagehinweise (IL) sind zu beachten.
- Nur entsprechend qualifiziertes Personal gemäß EN 50110-1/-2 (VDE 0105 Teil 100) darf Eingriffe an diesem Gerät/System vornehmen.
- Achten Sie bei Installationsarbeiten darauf, dass Sie sich statisch entladen, bevor Sie das Gerät berühren.
- Die Funktionserde (FE, PES) muss an die Schutzerde (PE) oder den Potenzialausgleich angeschlossen werden.
- Die Ausführung dieser Verbindung liegt in der Verantwortung des Errichters.
- Anschluss- und Signalleitungen sind so zu installieren, dass induktive und kapazitive Einstreuungen keine Beeinträchtigung der Funktionen verursachen.
- Damit ein Leitungs- oder Aderbruch auf der Signalseite nicht zu undefinierten Zuständen führen kann, sind hard- und softwareseitig entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.
- Schwankungen bzw. Abweichungen der Netzspannung vom Nennwert dürfen die in den technischen Daten angegebenen Toleranzgrenzen nicht überschreiten, andernfalls sind Funktionsausfälle und Gefahrenzustände nicht auszuschließen.
- NOT-AUS-Einrichtungen nach IEC/EN 60204-1 müssen in allen Betriebsarten wirksam bleiben. Entriegeln der NOT-AUS-Einrichtungen darf keinen Wiederanlauf bewirken.
- Einbaugeräte für Gehäuse oder Schränke dürfen nur im eingebauten Zustand betrieben und bedient werden.
- An Orten, an denen auftretende Fehler Personen- oder Sachschäden verursachen können, müssen externe Vorkehrungen getroffen werden, die auch im Fehler- oder Störfall einen sicheren Betriebszustand gewährleisten beziehungsweise erzwingen (z. B. durch unabhängige Grenzwertschalter, mechanische Verriegelungen usw.).
- Während des Betriebs können die Frequenzumrichter heiße Oberflächen besitzen.
- Das unzulässige Entfernen der erforderlichen Abdeckung, die unsachgemäße Installation und falsche Bedienung von Motor oder Frequenzumrichter, kann zum Ausfall des Geräts führen und schwerste gesundheitliche Schäden oder Materialschäden verursachen.
- Bei Arbeiten an unter Spannung stehenden Frequenzumrichter sind die geltenden nationalen Unfallverhütungsvorschriften (z. B. BGV A3) zu beachten.
- Die elektrische Installation ist nach den einschlägigen Vorschriften durchzuführen (z. B. Leitungsquerschnitte, Absicherungen, Schutzleiteranbindung).
- Alle Arbeiten zum Transport, zur Installation, zur Inbetriebnahme und zur Instandhaltung dürfen nur von qualifiziertem
- Fachpersonal durchgeführt werden (IEC 60364 bzw. HD 384 oder DIN VDE 0100 und nationale Unfallverhütungsvorschriften beachten).
- Anlagen, in die Frequenzumrichter eingebaut sind, müssen ggf. mit zusätzlichen Überwachungs- und Schutzeinrichtungen gemäß den jeweils gültigen Sicherheitsbestimmungen, z. B. Gesetz über technische Arbeitsmittel, Unfallverhütungsvorschriften usw. ausgerüstet werden.
- Während des Betriebs sind alle Abdeckungen und Türen geschlossen zu halten.
- Der Anwender muss in seiner Maschinenkonstruktion Maßnahmen berücksichtigen, die die Folgen bei Fehlfunktion oder Versagen des Frequenzumrichters (Erhöhung der Motordrehzahl oder plötzliches Stehenbleiben des Motors) begrenzen, so dass keine Gefahren für Personen oder Sachen verursacht werden können, z. B.: Weitere unabhängige Einrichtungen zur Überwachung sicherheitsrelevanter Größen (Drehzahl, Verfahrweg, Endlagen usw.). Elektrische oder nichtelektrische Schutzeinrichtungen (Verriegelungen oder mechanische Sperren) systemumfassende Maßnahmen. Nach dem Trennen der Frequenzumrichter von der Versorgungsspannung dürfen spannungsführende Geräteteile und Leistungsanschlüsse wegen möglicherweise aufgeladener Kondensatoren nicht sofort berührt werden. Hierzu sind die entsprechenden Hinweisschilder auf dem Frequenzumrichter zu beachten.



Gewährleistungsausschluss und Haftungsbeschränkung

Die Informationen, Empfehlungen, Beschreibungen und Sicherheitshinweise in diesem Dokument basieren auf den Erfahrungen und Einschätzungen der Eaton Corp. Und berücksichtigen möglicherweise nicht alle Eventualitäten.

Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an ein Verkaufsbüro von Eaton. Der Verkauf der in diesen Unterlagen dargestellten Produkte erfolgt zu den Bedingungen und Konditionen, die in den entsprechenden Verkaufsrichtlinien von Eaton oder sonstigen vertraglichen Vereinbarungen zwischen Eaton und dem Käufer enthalten sind. Es existieren keine Abreden, Vereinbarungen, Gewährleistungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art, einschließlich einer Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Zweck oder der Marktgängigkeit, außer soweit in einem bestehenden Vertrag zwischen den Parteien ausdrücklich vereinbart. Jeder solche Vertrag stellt die Verpflichtung von Eaton abschließend dar.

Der Inhalt dieses Dokumentes wird weder Bestandteil eines Vertrages zwischen den Parteien noch führt er zu dessen Änderung. Eaton übernimmt gegenüber dem Käufer oder Nutzer in keinem Fall eine vertragliche, deliktische (einschließlich Fahrlässigkeit), verschuldensunabhängige oder sonstige Haftung für außergewöhnliche, indirekte oder mittelbare Schäden, Folgeschäden bzw. –verluste irgendeiner Art – unter anderem einschließlich, aber nicht beschränkt auf Schäden an bzw. Nutzungsausfälle von Geräten, Anlagen oder Stromanlagen, von Vermögensschäden, Stromausfällen, Zusatzkosten in Verbindung mit der Nutzung bestehender Stromanlagen, oder Schadensersatzforderungen gegenüber dem Käufer oder Nutzer durch deren Kunden – infolge der Verwendung der hierin enthaltenen Informationen, Empfehlungen und Beschreibungen. Wir behalten uns Änderungen der in diesem Handbuch enthaltenen Informationen vor. Fotos und Abbildungen dienen lediglich als Hinweis und begründen keine Verpflichtung oder Haftung seitens Eaton.



1 Allgemeines

Antriebe mit variabler Drehzahl bringen viele Vorteile in der Anwendung, von den flexibleren Fertigungsmöglichkeiten über höhere Genauigkeiten beim zu fertigenden Produkt bis hin zu erheblichen Energieeinsparungen, z.B. bei Strömungsmaschinen. Die Drehzahlverstellung von Drehstrommotoren erfordert, dass aus dem Netz mit konstanter Spannung und Frequenz ein neues Netz mit variabler Spannung und variabler Frequenz erzeugt wird. Dies geschieht mit Hilfe von Drehzahlstartern und Frequenzumrichtern.

Das Netz wird gleichgerichtet, die Energie im Zwischenkreis des Gerätes gespeichert und der Wechselrichter zerhackt die so erzeugte Gleichspannung in einer Weise, dass am Ausgang ein Signal mit variabler Spannung und Frequenz zur Verfügung steht. Prinzipbedingt entstehen nicht sinusförmige Größen, die auch Anteile höherer Frequenzen enthalten. Standardmäßig vorhandene Filtermaßnahmen führen zwar zu einer gewissen Entstörung, erzeugen aber darüber hinaus auch nicht gewünschte parasitäre Effekte, wie z.B. Ableitströme.

Es gibt keine Konstellation von Maßnahmen, die auf der einen Seite die nicht gewünschten Effekte beseitigen, gleichzeitig aber auch energieeffizient sind (= keine/wenig Verlustleistung erzeugen), geringes Bauvolumen aufweisen und auch preislich akzeptabel sind.

Die in modernen Drehzahlstartern und Frequenzumrichtern vorhandenen Maßnahmen sind ein Kompromiss, ermöglichen Normenkonformität und decken den wesentlichen Teil der Anwendungen ab. Es soll aber nicht verschwiegen werden, dass beim Einsatz von drehzahlvariablen Antrieben Effekte auftreten können, die den Einsatz zusätzlicher Maßnahmen erforderlich machen, sei es, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten oder um Normenkonformität herzustellen.

Diese Effekte sind zum Beispiel:

- Abschalten des Gerätes bei langen Motorleitungen
- Die Motorleitung ist länger als die maximal angegebene zur Einhaltung einer bestimmten EMV-Kategorie (C1...C3 nach EN 61800-3)
- Der FI-Schalter löst aus.
- Der Motor ist für diesen Betrieb nicht geeignet
 - Die entstehenden Spannungsspitzen an den Motorklemmen sind h\u00f6her als f\u00fcr den Motor zul\u00e4ssig.
 - o Die Zusatzverluste im Motor führen zu einer zu hohen thermischen Belastung.
 - Der Motor macht Geräusche.
 - Es entstehen Lagerströme
- Zur Einhaltung der Normenkonformität sind abgeschirmte Motorleitungen notwendig. Es gibt aber Fälle, in denen eine Abschirmung nicht möglich ist.
- Beim Einsatz am öffentlichen Netz sind die Harmonischen auf der Netzseite h\u00f6her als die Norm vorschreibt.

Die Ursachen für die ungewünschten Effekte sind meist im Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) zu suchen. Sie werden weitestgehend hervorgerufen durch

- Leitungsgebundene Störungen
- Gestrahlte Störungen
- Verzerrung der Netzspannung durch Harmonische
- Ableitströme durch Filtermaßnahmen oder die Abschirmung der Motorleitung



• Reflektionen auf der Motorleitung durch die Ausgangsspannung des Drehzahlstarters / Frequenzumrichters.

Diese Application Note ist nicht als wissenschaftlich fundiertes Werk zu verstehen. Sie soll den Leser in die Lage versetzen, die Zusammenhänge der EMV einzuordnen. Sie beschreibt die einzelnen Phänomene und welche Maßnahmen erforderlich sind, um damit umzugehen. Viel wichtiger ist jedoch die Aussage, dass der Anwender vieles vorbeugend tun kann/muss, um sein System EMV-gerecht aufzubauen. Dies ist eine Grundvoraussetzung zur Reduzierung der nicht gewünschten Effekte und auch für die Wirksamkeit eventuell erforderlicher Zusatzmaßnahmen.



2 EMV-gerechter Aufbau – eine wichtige vorbeugende Maßnahme

Für viele Anwender ist die elektromagnetische Verträglichkeit so etwas wie der "mystische Bereich der Elektrotechnik".

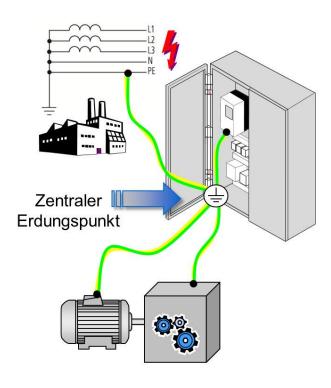
- Die Effekte sind nachweislich da.
- Man kann sie nur schlecht messen.
- Selbst nach dem gleichen Schaltbild gebaute Anlagen zeigen unterschiedliches Verhalten.
-

Das hört sich zunächst einmal ziemlich unwahrscheinlich an und ist begründet darin, dass es prinzipbedingt höherfrequente Anteile in Strom und Spannung gibt, die das Verhalten des Antriebssystems beeinflussen. Man ist gut beraten, die Grundsätze eines EMV-gerechten Aufbaus zu beachten, um die meisten der möglicherweise auftretenden Effekte von vorne herein auszuschließen oder zumindest zu reduzieren.

2.1 Erdverbindungen

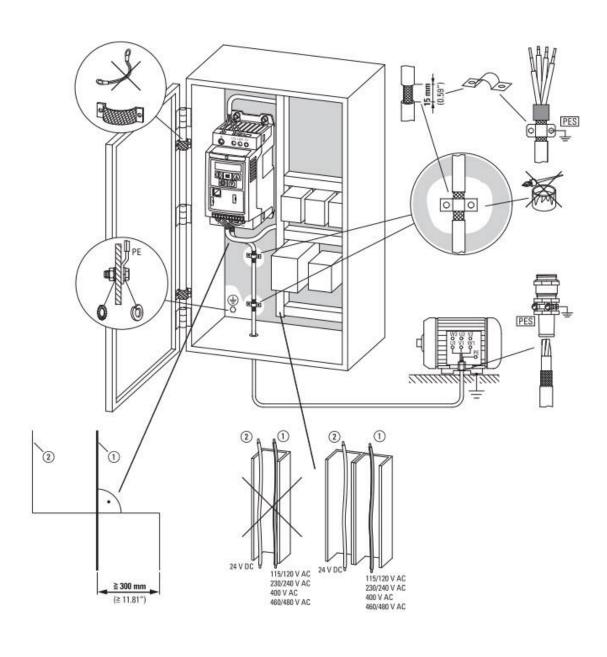
Der ordnungsgemäße Aufbau des Erdungssystems ist das A und O in der EMV. Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Die Erdung im Schaltschrank muss an einem zentralen Punkt erfolgen.
- Der Querschnitt des Erdungsleiters im Netzanschluss muss mindestens so groß wie der Querschnitt der Außenleiter sein. Empfehlung: ≥ 10 mm²
- Die zu erdenden Geräte im Schaltschrank müssen sternförmig mit dem zentralen Erdungspunkt verbunden werden. Ein Durchschleifen des Erdleiters von Gerät zu Gerät ist nicht erlaubt.
- Die Erdschleifenimpedanz muss den regional geltenden Vorschriften entsprechen.





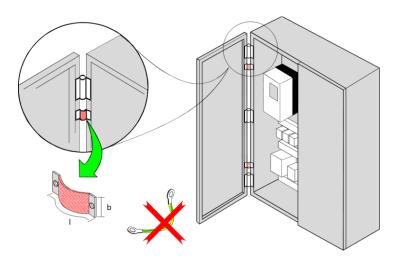
2.1.1 Übersicht



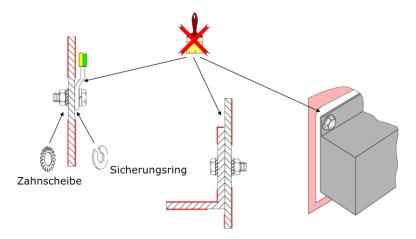


2.1.2 Ausführung des Schaltschrankes

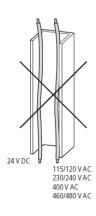
Ein Schaltschrank aus Metall bietet eine zusätzliche Abschirmung von gestrahlten Störungen in der Größenordnung von 10 dB μV .

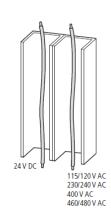


Die Erdverbindung zwischen Schaltschrank und Tür soll mit einem Erdungsband (Längen- / Breitenverhältnis I / b < 3) und nicht mit einer normalen Leitung erfolgen, um auch Störungen höherer Frequenzen ableiten zu können.



Die verwendete Montageplatte sollte möglichst NICHT lackiert oder beschichtet sein. In Fällen, in denen die Montageplatte doch lackiert oder beschichtet ist, ist an den Stellen an denen eine Erdverbindung aus EMV-Gründen erforderlich ist, die Lackierung bzw. Beschichtung zu entfernen, damit ein großflächiger metallischer Kontakt sichergestellt ist.





Leistungsleitungen und Steuerleitungen sind in getrennten Kanälen zu verlegen, wobei auch die Einspeisung und die Motorleitungen der Drehzahlstarter und Frequenzumrichter voneinander zu separieren sind, um eine Einkopplung der Störungen auf die jeweils andere Leitung zu vermeiden. Müssen Leistungs- und Steuerleitungen gekreuzt werden, sollte dies möglichst rechtwinklig geschehen, um so wenig parallele Leitungsführung wie möglich zu haben.



2.1.3 Installation

Die Maschinenteile sind in die EMV-technische Betrachtung ebenfalls einzubeziehen. Auch hier gilt: möglichst großflächiger, metallischer Kontakt, um die Übergangswiderstände so klein wie möglich zu halten.

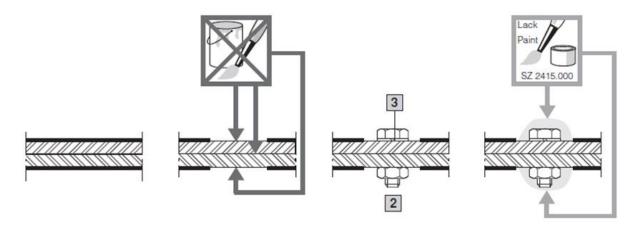


Bild: Rittal

Die einzelnen Maschinenelemente sind möglichst mit Kupferbändern zu verbinden. Werden anstelle dessen Leitungen verwendet, sollten diese nicht länger als 50 cm sein und müssen einen Querschnitt von mindestens 10 mm² Cu haben. Die Stellen, an denen die Verbindungen an den Maschinenteilen befestigt sind MÜSSEN lackfrei bzw. ohne Beschichtung sein.

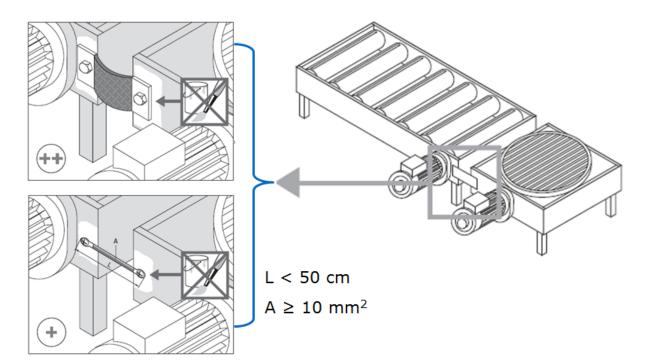


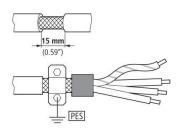
Bild: Rittal



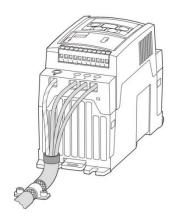
2.2 Abschirmen von Leitungen

2.2.1 Motorleitungen

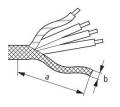
Drehzahlstarter und Frequenzumrichter sind aufgrund des Arbeitsprinzips Störer in einem Antriebssystem. Zur lokalen Begrenzung der Störungen und zum Verhindern von Beeinflussungen anderer Geräte sind die Motorleitungen abzuschirmen und beidseitig zu erden. Entscheidend sind hierbei die Art der Schirmanbindung an Erde, sowie die Wahl des richtigen Motorkabels.



Um eine großflächige Erdung des Schirms zu erreichen ist die Isolation des Motorkabels auf einer Länge von etwa 15 mm abzuschälen. Durch das Verwenden einer entsprechenden Schelle erreicht man eine 360° Erdung des Schirms. Die Erdanbindung sollte möglichst nahe am Drehzahlstarter bzw. Frequenzumrichter sowie im Motorklemmbrett erfolgen.



Der Schirm des Kabels ist am Ende mit einer Tülle zu versehen, damit die Abschirmung nicht aufgeflochten wird. Dies ist zum einen aus EMV-Sicht sinnvoll und verhindert zum anderen einen unabsichtlichen Kurzschluss bzw. Erdschleifen.



In der Praxis ist es durchaus üblich, den Kabelschirm zu verdrillen und dieses verdrillte Ende zu erden anstatt die oben beschriebene Schelle zu benutzen. Dies ist aus EMV-Sicht möglichst zu vermeiden. Örtliche Gegebenheiten ermöglichen aber manchmal die optimale Lösung nicht und man muss auf das verdrillte Ende (Pigtail) zur Erdung zurückgreifen. Ist dies der Fall, sollte die Länge "a" des Pigtail möglichst kurz und der Querschnitt "b". möglichst groß sein. Eine Daumenregel heißt: b ≥ 1/5 a.

Eine nicht unerhebliche Rolle spielt auch die Art des verwendeten Motorkabels. Die Kabelhersteller, z.B. Helu oder Lapp, bieten spezielle Typen für die Verwendung mit geregelten Antrieben an. Sie sollten eine Schirmabdeckung von mindestens 80 % aufweisen, damit die Schirmung auch im gestrahlten Bereich wirksam ist.

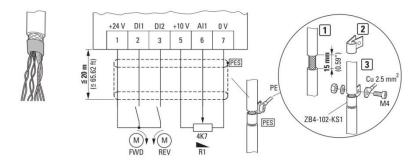
2.2.2 Steuerleitungen

Im Gegensatz zu den Motorleitungen erfolgt die Schirmung der Steuerleitungen nicht aus Gründen der Störaussendung (Emission), sondern aus Gründen der Immunität. Störungen von außen sollen die Steuersignale nicht beeinflussen. In einer "normalen" Umgebung ist es durchaus denkbar, auf diese Schirmung bei kurzen Steuerleitungen zu verzichten, da die Filter in den Eingängen die meisten Störungen herausfiltern. Es wird aber trotzdem eine Schirmung empfohlen und in zwei fällen ist sie sogar zwingend:



- In einer verseuchten Umgebung, wo die EMV-Störpegel hoch sind
- Wenn die Einhaltung der EMV-Kategorie C1 nach EN 61800-3 gefordert ist (siehe 3.2)

Der Leitungsschirm wird einseitig am Drehzahlstarter bzw. Frequenzumrichter geerdet. Das Leitungsende ist mit einer Tülle vom Verhindern Aufflechten zu versehen. Die im Kapitel "Motorleitungen" getroffene Aussage bezüglich der Verwendung von "Pigtails" gilt auch hier: möglichst vermeiden und wenn sie dann doch erforderlich sind, sind sie kurz zu halten.



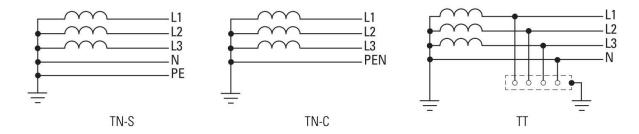
Beispiel für den Anschluss der Steuerleitungen an einem Frequenzumrichter der Reihe DC1



2.3 Die Netzversorgung

2.3.1 Netzformen

Drehzahlstarter und Frequenzumrichter dürfen an sternpunktgeerdeten Netzen (TN-S, TN-C, TT) betrieben werden. Die Wirksamkeit der in den Geräten vorhandenen Filter ist nur beim Anschluss an eine dieser Netzformen gegeben, da die Bauelemente die entstehenden Störströme über die Erde ableiten.



Bei den Drehzahlstartern der Reihe DE1 und vielen Frequenzumrichtern ist die Verbindung des Filters zur Erde durch Entfernen von Schrauben bzw. Brücken lösbar. Man nutzt dies, wenn die Geräte an ungeerdete Netze (IT-Netze) angeschlossen werden. Zu beachten ist, dass in diesem Fall die Filterwirkung stark reduziert ist. Der Anschluss an ein IT-Netz ist eines der Kriterien, um die EMV-Kategorie C4 nach IEC/EN 61800-3 zu nutzen. Diese Kategorie schreibt nicht die Einhaltung bestimmter Störgrenzwerte vor. Es ist aber die Erstellung eines EMV-Plans erforderlich, worin niedergelegt ist, wie man erreicht, dass andere Verbraucher nicht gestört werden (siehe auch 3.2)

2.3.2 Betrieb an einem Notstromgenerator

In manchen Applikationen, zum Beispiel in Krankenhäusern, kann es erforderlich sein, die Antriebe auch bei Netzausfall zu betreiben. In diesem Fall wird auf ein Notstromaggregat umgeschaltet. Ein solcher Generator sollte symmetrisch belastet werden. Das heißt, der Anschluss von einphasigen Verbrauchern ist möglichst zu vermeiden. Durch die höhere Netzimpedanz verglichen mit dem Festnetz wirken sich die durch Drehzahlstarter und Frequenzumrichter erzeugten Oberschwingungen auf der Netzseite stärker aus. Beachtet werden muss, dass nur ein bestimmter Prozentsatz der Generatorlast aus Verbrauchern wie Drehzahlstarter und Frequenzumrichter bestehen darf. Als Richtwert kann man einen Prozentsatz von etwa 20 % annehmen, der bei der Verwendung von Netzdrosseln auch etwas höher bis ca. 30 % sein kann.



3 EMV aus Sicht von Richtlinien und Normung

Die EMV beschreibt die Fähigkeit eines Gerätes oder Systems in einer bestimmten Umgebung ordnungsgemäß zu funktionieren ohne dabei selbst Störungen zu verursachen, die für andere Betriebsmittel in derselben Umgebung unannehmbar wären.

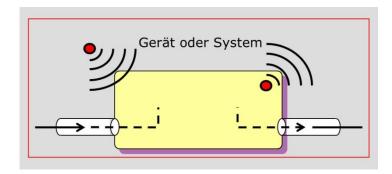


Bild: ZVEI

Neben einem zuverlässigen Betrieb ist auch die Normen- und Richtlinienkonformität ein wichtiges Thema der elektromagnetischen Verträglichkeit.

Dabei kann die Erklärung zur Konformität mit der EMV-Richtlinie 2014/30/EU auf verschiedenen Wegen erfolgen:

- durch Konformität zu mandatierten Normen, die im "Official Journal" der EU unter der EMV-Richtlinie gelistet sind (zum Beispiel EN 61800-3 für drehzahlveränderbare Antriebssysteme (PDS = Power Drive Systems))
- auf Basis der Erklärung einer "zuständigen Stelle"
- durch Eigenzertifizierung des Herstellers, wobei die Risikobewertung und die Prüfungen dokumentiert werden müssen.

Verstöße sind strafbar.

3.1 Welche EMV-Norm ist die richtige für meine Anwendung?

Es gibt Normen unterschiedlicher Hierarchie:

- anwendungsbezogene Normen
 - o beschreiben anwendungsspezifische Anforderungen
- produktbezogene Normen (Produktnormen)
 - o berücksichtigen produktspezifische Anforderungen
- Fachgrundnormen
 - Sie werden dort benutzt, wo keine anwendungsspezifische oder Produktnorm existiert.
 - o Produktnormen und anwendungsspezifische Normen referenzieren häufig Fachgrundnormen.

Die Priorität ist dabei wie folgt:

- 1. Priorität: anwendungsbezogene Norm
- 2. Priorität: Produktnorm
- 3. Priorität: Fachgrundnorm



Existiert eine anwendungsbezogene Norm (z.B. für Aufzüge oder bestimmte Typen von Maschinen)?

- Ja → anwendungsbezogene Norm nutzen
- Nein → prüfen, ob es eine Produktnorm gibt

Existiert eine Produktnorm?

- Ja → Produktnorm benutzen
- Nein → Fachgrundnorm benutzen

Die EMV-Produktnorm für geregelte Antriebssysteme ist die IEC/EN 61800-3. Diese Norm verfolgt in Sachen EMV den Systemansatz, betrachtet also das Antriebssystem (PDS = Power Drive System) von der Einspeisung bis zur Motorwelle. Letztendlich ist der Betreiber der Anlage für die Einhaltung der EMV-Richtlinie verantwortlich, da zu einem ordnungsgemäßen Aufbau aus EMV-Sicht auch die Art der Verkabelung usw. gehört, auf die der Hersteller von Drehzahlstartern und Frequenzumrichtern nur bedingt Einfluss hat. Der Hersteller ist jedoch verpflichtet, Angaben darüber zu machen, welche Maßnahmen im Normalfall (typisches Antriebssystem) notwendig sind, damit das PDS letztendlich normenkonform betrieben werden kann.

In der Praxis wird meist so verfahren, dass der Errichter bzw. der Betreiber der Anlage sich an die Angaben des Geräteherstellers hält und vor Ort keine separate Messung mehr erfolgt, da dies oft nicht sinnvoll möglich ist, da hier auch Störungen aus anderen Anlagenteilen mitgemessen werden.

Ausnahmen von dieser Vorgehensweise bilden hier kleine Maschinen, die in Serie verkauft werden und bei denen der Aufstellungsort meist nicht bekannt ist. Hier erfolgt eine EMV-Typprüfung oft in einem EMV-Labor. Die Maschinen haben meist auch die Dimensionen, dass man sie noch in einer EMV-Messkabine betreiben kann, was bei größeren Anlagen oft nicht möglich ist.

Drehzahlstarter und Frequenzumrichter sind nach der Produktnorm EN 61800-3 gebaut und geprüft.

3.2 Welche Grenzwerte sind für mich maßgebend?

Innerhalb der Normen gibt es unterschiedliche Grenzwerte sowohl für die Störaussendung als auch für die Immunität (Störfestigkeit), die einzuhalten sind. Die anzuwendenden Werte richten sich danach, an welches Netz das System / Gerät angeschlossen wird.

Öffentliches Netz:

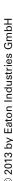
- Geringe Störaussendung gefordert
- Geringe Störfestigkeit erlaubt

Industrienetz (eigener Mittelspannungstransformator):

- Höhere Störaussendung erlaubt
- Hohe Störfestigkeit gefordert

Wenn ein Gerät / System sowohl am öffentlichen als auch am Industrienetz betrieben werden soll, bedeutet dies:

- Geringe Störaussendung
- Hohe Störfestigkeit

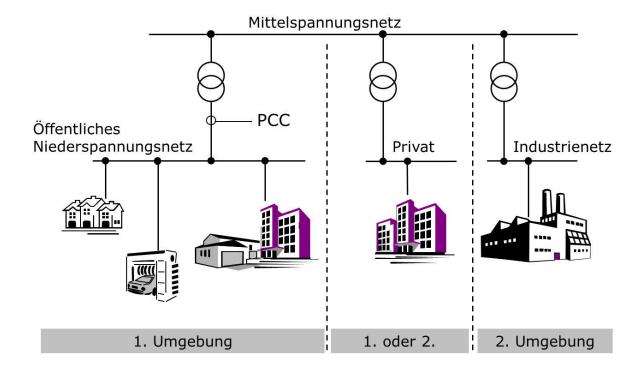




Die folgenden Angaben beziehen sich auf die IEC/EN 61800-3, die Produktnorm für drehzahlveränderbare Antriebssysteme.

Definitionen laut IEC/EN 61800-3:

- Erste Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich)
 - Umgebung, die Wohnbereiche enthält und außerdem Einrichtungen, die ohne Zwischentransformator direkt an ein Niederspannungsnetz angeschlossen sind, das Wohngebäude versorgt.
- Zweite Umgebung (Industriebereich)
 - Einrichtungen, die nicht direkt an ein Niederspannungsnetz zur Versorgung von Wohngebäuden angeschlossen sind. (eigener Mittelspannungstrafo)
- Privates Netz
 - Ein privates Netz ist dadurch charakterisiert, dass es durch eine eigene Trafostation vom Mittelspannungsnetz gespeist wird und keine Wohnbereiche versorgt. Typischerweise versorgt das Private Netz Verwaltungsgebäude, Bürohochhäuser, Einkaufszentren usw. Es obliegt der Entscheidung des Betreibers, ob er das Netz entsprechend der ersten oder der zweiten Umgebung im Sinne der Norm ausführt.



Die Mindestanforderungen an die Immunität und die zulässigen Störaussendungs-Grenzwerte sind in die Kategorien C1 ... C4 eingeteilt. Deren Anwendung ist abhängig von der Umgebung.

Definitionen nach IEC/EN 61800-3:

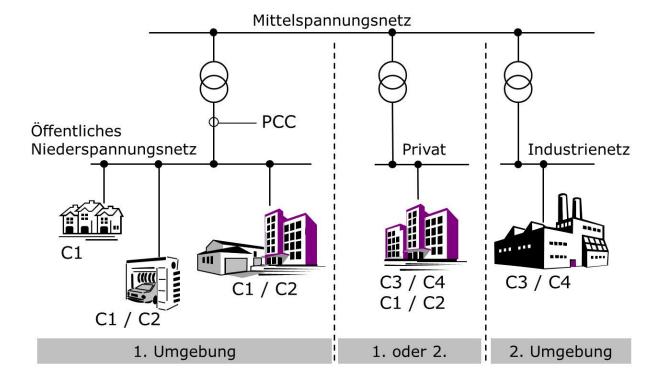
- PDS (Power Drive System) der Kategorie C1
 - PDS mit einer Nennspannung < 1000 V zum Einsatz in der ersten Umgebung
- PDS der Kategorie C2
 - o PDS in der ersten Umgebung, die alle nachfolgenden Kriterien erfüllen
 - Nennspannung < 1000 V
 - Nicht über Steckvorrichtungen angeschlossen
 - Nicht ortsveränderlich
 - Anschluss und Inbetriebnahme erfolgen durch Personen, die über technischen EMV-Sachverstand verfügen.
 - Warnhinweis erforderlich ("Dieses Produkt kann in einem Wohnbereich Funkstörungen verursachen; in diesem Fall können zusätzliche Maßnahmen erforderlich sein.")

PDS der Kategorie C3

- PDS mit einer Nennspannung < 1000 V zum Einsatz in der zweiten Umgebung. Der Einsatz in der ersten Umgebung ist nicht vorgesehen.
- Warnhinweis erforderlich ("Dieses PDS ist nicht für den Anschluss an das öffentliche Netz vorgesehen. Beim Anschluss an diese Netze kann es zu EMV-Störungen kommen.")

PDS der Kategorie C4

- PDS zum Anschluss in der zweiten Umgebung, die mindestens einem der nachfolgenden Kriterien entsprechen:
 - Nennspannung > 1000 V
 - Nennstrom > 400 A
 - Anschluss an IT-Netze
 - geforderte dynamische Eigenschaften werden aufgrund von EMV-Filtermaßnahmen nicht erreicht.
- Es ist ein EMV-Plan zu erstellen.





Einige Erkenntnisse, die sich daraus ergeben:

- Geräte, die über eine Steckvorrichtung (Schukostecker) angeschlossen werden, werden der Kategorie C1 zugeordnet. Darüber hinaus darf der Ableitstrom (Berührungsstrom) nicht mehr als 3,5 mA AC bzw. 10 mA DC betragen. Hintergrund ist, dass diese Geräte ortsveränderlich sind und man nicht weiß, wo sie eingesetzt werden. Darüber hinaus ist es wahrscheinlich, dass sie auch durch Laien benutzt werden. Um am öffentlichen Netz die Kategorie C2 nutzen zu dürfen, muss die Installation durch einen Fachmann erfolgen, der im erforderlichen Fall eine weitere Entstörung vornimmt, falls der C2 Grenzwert zu Störungen bei anderen Verbrauchern führt. Die Kosten trägt der Betreiber.
- Kleinere Handwerks- und Industriebetriebe in einem Gewerbegebiet haben oft keinen eigenen Mittelspannungstrafo. Hier sind maximal die Störaussendungsgrenzwerte der Kategorie C2 erlaubt.
- Unter bestimmten Bedingungen darf am Industrienetz die Kategorie C4 angewendet werden.
 Zu beachten ist, dass ein EMV-Plan zu erstellen ist. Beispiele findet man im Anhang der Norm IEC/EN 61800-3

Wie behandelt Eaton die unterschiedlichen Umgebungen?

Immunität

 Die Störfestigkeit der Drehzahlstarter und Frequenzumrichter aus dem Hause Eaton ist grundsätzlich für den Einsatz in Industrieumgebung geeignet und daher auch für einen Anschluss am öffentlichen Netz ausreichend.

Störaussendung

- Die Höhe der Störaussendung ist unter anderem von der Länge der Motorleitung abhängig. Es gibt daher, abhängig von der Kategorie, unterschiedliche Angaben der maximalen Motorleitungslänge. So ist die zulässige Länge für die Kategorie C1 geringer als für die Kategorie C3, da am öffentlichen Netz die zulässige Störaussendung geringer ist.
- Reicht die in den technischen Daten der Geräte angegebene maximale Leitungslänge nicht aus, so kann diese durch Verwendung eines externen Filters vergrößert werden. Der interne Filter ist hierbei zu deaktivieren (Schraube bzw. Brücken, die den internen Filter mit Erde verbinden, entfernen).

ABER:

Es ist immer zu überprüfen, ob eine anwendungsspezifische Norm existiert, die andere (schärfere) Grenzwerte fordert. Folgende Tabelle vergleicht die leitungsgebundenen Störaussendungsgrenzwerte der IEC/EN 61800-3 mit denen der Fachgrundnorm EN 55011.

	EN 61800-3 (= IEC 61800-3)	EN 55011 (= IEC/CISPR 11)	
Öffentliches Netz	C1 (entspricht EN 55011, Klasse B)	Klasse B	
Offeritifiches Netz	C2 (entspricht EN 55011, Klasse A, Gruppe 1)		
Industrie	C3 (entspricht EN 55011, Klasse A, Gruppe 2)	Klasse A, Gruppe 1	
industrie	C4 (EMV-Plan)		



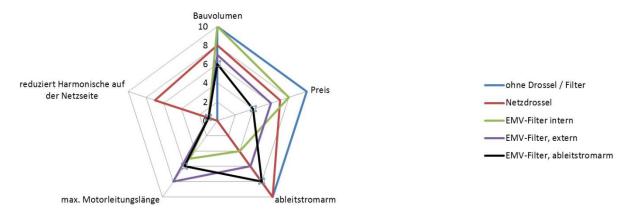
4 Wann sind EMV-Zusatzmaßnahmen erforderlich / sinnvoll?

In Kapitel 1 wurden bereits Fälle beschrieben, in denen zusätzliche EMV-Maßnahmen zu treffen sind, um entweder das System normenkonform zu machen oder eine höhere Zuverlässigkeit zu erzielen. Die hierbei genutzten Komponenten beeinflussen meist nicht nur ein Phänomen.

Die unten stehenden Diagramme verdeutlichen die Wirkungsweise der einzelnen Maßnahme. Sie sind von 0 bis 10 skaliert, wobei "10" jeweils die beste Wertung ist.

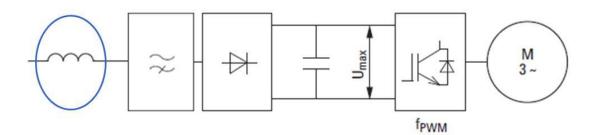
Hinweis: Beim Preis ist "10" der niedrigste Preis.

4.1 Maßnahmen auf der Netzseite



4.1.1 Netzdrossel

Wie der Name schon sagt, werden Netzdrosseln auf der Netzseite des Drehzahlstarters bzw. Frequenzumrichters angeschlossen. (Eaton-Typ: DX-LN....)



Durch den Einsatz von Netzdrossel wird Folgendes erreicht:

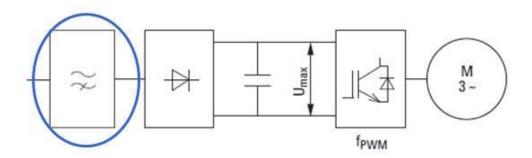
- Reduzierung der Harmonischen im Strom auf der Netzseite (Netzrückwirkungen). Größenordnung: bis zu 30 %
- Schutz des Drehzahlstarters / Frequenzumrichters vor Überspannungen im Netz
- Erhöhung der Lebensdauer von Drehzahlstarter / Frequenzumrichter (Zwischenkreiskapazitäten) und vorgeschalteter Schaltgeräte durch Begrenzung des Strompeaks.

Die Auslegung erfolgt nach dem <u>Eingangs</u>strom der Geräte. Häufig sind die Netzdaten (Kurzschlussleistung, Induktivität ...) am Anschlussort nicht bekannt. In der Praxis hat sich ein Wert von 2,5 ... 4 % für die relative Kurzschlussspannung u_k bewährt. Eine Drossel im Zwischenkreis erfüllt den gleichen Zweck, kann jedoch nicht vor Überspannungen im Netz schützen.



4.1.2 EMV-Filter

EMV-Filter dienen der Reduzierung von leitungsgebundenen Störungen, die vorwiegend durch das Zerhackerprinzip des Wechselrichters entstehen. Sie werden auf der Netzseite angeordnet.



Die Höhe der Störaussendung hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab, zum Beispiel der Länge des Motorkabels. Je länger das Motorkabel ist, umso größer ist der Aufwand für den Filter. In vielen Geräten gibt es interne Filter. Diese sind so konzipiert, dass sie für eine Vielzahl von Anwendungen ausreichen. Die maximale Länge des Motorkabels, die man mit dem internen Filter bei gleichzeitiger Einhaltung der Norm erreichen kann, hängt von der EMV-Kategorie bzw. dem Einsatzort ab.

Wird eine größere Motorleitungslänge benötigt, so wird ein externer Filter (DX-EMC...) verwendet. Hierbei benutzt man Geräte ohne interne Filter, um gegenseitige Beeinflussung von internem und externem Filter zu vermeiden. Sollte das verwendete Gerät einen internen Filter haben, so ist dieser durch Herausdrehen der EMV-Schraube bzw. durch Herausnahme entsprechender Brücken zu deaktivieren. Hinweise hierzu findet man in den Handbüchern zu den jeweiligen Gerätereihen.

Folgende Tabelle zeigt die maximale Motorleitungslänge bei Einhaltung der EMV-Kategorien C1...C3 für leitungsgebundene Störungen gemäß IEC/EN 61800-3 (abgeschirmte Motorleitung). Diese Werte haben nur das Ziel, aufzuzeigen, welchen Effekt die Benutzung eines externen Filters haben kann. Die tatsächlichen Werte sind den jeweiligen Handbüchern zu entnehmen. Sie sind abhängig vom Typ des verwendeten Filters, der Gerätegröße und ob ein Filter besonders ableitstromarm ist, was zu einer reduzierten möglichen Leitungslänge führt.

Geräte-	interner Filter			externer Filter		
reihe	C1 ¹⁾	C2	C3	C1	C2	C3
DE1	5 m	10 m	25 m	5 50 m	25 100 m	50 100 m
DC1	1 m	5 m	25 m	5 25 m	25 100 m	50 150 m
DA1	1 m	5 m	25 m	5 25 m	25 75 m	50 75 m
DG1	-	10 m	50 m	5 25 m	25 50 m	50 75 m

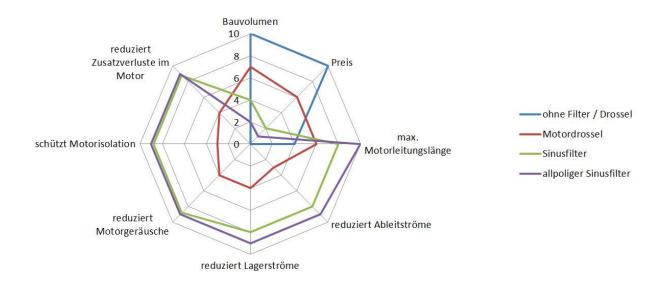
1) Nur bei Geräten mit einphasiger Netzversorgung

EMV-Filter leiten die Störströme meist über Kapazitäten gegen Erde ab und erzeugen dadurch Ableitströme. Es ist zu beachten, dass bei einer steckbaren Verbindung (Schukostecker) zur Versorgung eines Drehzahlstarters oder Frequenzumrichters der Ableitstrom (Berührungsstrom = Touch Current) maximal 3,5 mA AC bzw. 10 mA DC betragen darf (IEC/EN 61800-5-1 und IEC/EN 62477-1). Ein Steckverbinder für industrielle Anwendungen nach IEC 60309 (CE-Stecker) zählt in diesem Zusammenhang als feste Verbindung. Ist der Ableitstrom zu hoch, kann er durch Verwendung spezieller Filter mit geringem Ableitstrom (DX-EMC...L) reduziert werden.



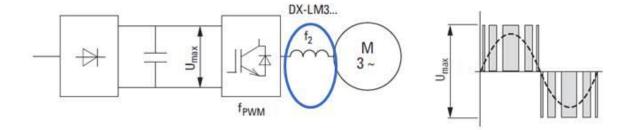
Hinweis: Die EMV-Filter sind so konzipiert, dass im normalen Betrieb nur ein geringer Strom zur Erde abfließt. Der Ableitstrom erhöht sich bei ungleich hohe Außenleiterspannungen (z.B. 230 V und 225 V gegen N) und bei ungleichmäßigem Schließen bzw. Öffnen der Strombahnen eines Schaltorgans auf der Netzseite (z.B. Nockenschalter oder Schütz). Ein FI-Schalter kann hierdurch eventuell auslösen.

4.2 Maßnahmen auf der Motorseite



4.2.1 Motordrossel

Drehzahlstarter und Frequenzumrichter benutzen eine schnellschaltende PWM-Technologie um Spannung und Frequenz am Ausgang der Geräte zu erzeugen. Die schnellen Schaltvorgänge am Ausgang der Geräte können in Verbindung mit langen Motorkabeln zu Reflektionen führen, die eine Höhe von bis zum 3-fachen der Geräteausgangsspannung mit sehr kurzen Anstiegszeiten erreichen. Motordrosseln, auch Ausgangsdrosseln genannt, helfen, die Spannungsspitzen zu reduzieren und die Anstiegszeit zu verlängern. Dies reduziert die Beanspruchung des Motors (Zusatzverluste, Lagerströme, Geräusche) und verhindert eine Beschädigung der Isolation.



Die Verwendung von Motordrosseln wird empfohlen,

- wenn der angeschlossene Motor nicht für den direkten Anschluss an einen Drehzahlstarter oder Frequenzumrichter geeignet ist.
- wenn ein Motorkabel mit hoher Kapazität benutzt wird.
- wenn mehrere Motoren am Ausgang eines Gerätes parallelgeschaltet sind.
- wenn die Motorleitungslänge diejenige überschreitet, die für abgeschirmtes Kabel im Handbuch des jeweiligen Gerätes angegeben ist (siehe z.B. Tabelle unter 4.1.2) oder 150 % dieses



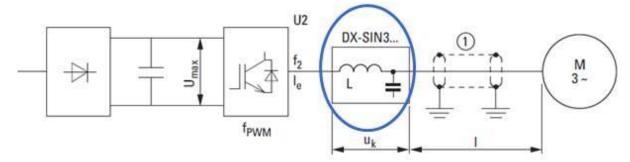
Wertes für ungeschirmte Leitung. Durch die Verwendung einer Motordrossel kann die Länge auf bis zu 200 % der angegebenen Länge für abgeschirmte Leitung erhöht werden, bei Verwendung eines nicht abgeschirmten Kabels sogar auf 300 %

• Hinweis: Mit einer Motordrossel und nicht abgeschirmter Motorleitung ist keine Konformität zu den Kategorien C1...C3 nach IEC/EN 61800-3 erreichbar!

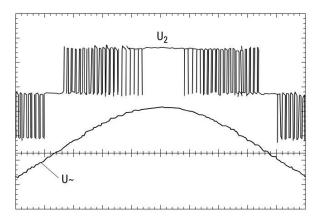
Beispiel für ein Gerät, in dessen Handbuch 25 m als Länge einer abgeschirmten Leitung angegeben ist:

- 25 m abgeschirmte Leitung
- 37.5 m nicht abgeschirmte Leitung (= 150 % von 25 m)
- 50 m abgeschirmte Leitung mit einer Motordrossel
- 75 m nicht abgeschirmte Leitung mit einer Motordrossel

4.2.2 Sinusfilter



Sinusfilter entziehen der Ausgangsspannung U_2 von Frequenzumrichtern höherfrequente Anteile. Die Spannung am Ausgang des Sinusfilters erreicht durch die Filterung Sinusform mit einer geringen überlagerten Welligkeit von typisch 5...10 %.



Arbeitsprinzip eines Sinusfilters:

Spannung U₂ am Ausgang des Frequenzumrichters

Spannung U~ hinter dem Sinusfilter (= Motorspannung)

Die Verwendung von Sinusfiltern

- reduziert die Höhe der Spannungsspitzen, die bei langen Motorleitungen durch Reflektionen auftreten und die Isolation des Motors schädigen können.
- reduziert die Höhe der Ableitströme aufgrund der Kapazität der Motorleitung
- ermöglicht die Verwendung von längeren Motorleitungen ohne dass eine Schutzfunktion des Frequenzumrichters anspricht.
- reduziert Lagerströme und Geräusche im Motor aufgrund der Taktfrequenz



Hinweise:

- Bei der Verwendung von Sinusfiltern ist mit einem Spannungsabfall am Filter in der Größenordnung 5 ... 10 % der Motornennspannung zu rechnen.
- Es entstehen Zusatzverluste im Filter, die teilweise durch den Wegfall von Verlusten im Motor kompensiert werden. Insgesamt muss mit einem um etwa 5 % höheren Strom gerechnet werden. Der Frequenzumrichter sollte daher nicht zu knapp ausgelegt sein.
- Sinusfilter dürfen nicht in Verbindung mit Drehzahlstartern der Reihe DE1 und Frequenzumrichtern der Reihe DC1 (Ausnahme: DC1...E1) verwendet werden.

Es gibt zwei verschiedene Kategorien von Sinusfiltern

- (normale) Sinusfilter, die die Gegentaktstörungen herausfiltern
- allpolige Sinusfilter, die sowohl Gleichtakt- als auch Gegentaktstörungen herausfiltern.

	Sinusfilter (DX-SIN3)	Allpolige Sinusfilter (DX-SIN3A)		
filtert Gegentaktstörungen (Phase / Phase)	ја	ja		
filtert Gleichtaktstörungen (Phase / PE (N))	nein	ja		
Anschluss	zwischen Frequenzumrichter und Motor	zwischen Frequenzumrichter und Motor mit Rückführung zum Zwischenkreis		
typische Motorleitungslänge bei Verwendung des gerätein- ternen EMV-Filters mit einem Sinusfilter am Ausgang.	ca. 200 m in Kategorie C2 nach EN 61800-3	theoretisch beliebig lang. empfohlen: bis 500 m		
Ausführung der Motorleitung	geschirmt. (Es ist auch die Verwendung eines ungeschirmten Kabels möglich. Es wird jedoch empfohlen, darauf zu verzichten, da Überkopplungen auf parallel liegende Leitungen zu erwarten sind.)	ungeschirmt		
Ausführung der Leitung zwischen Frequenzumrichter und Sinusfilter	ungeschirmt, so kurz wie möglich (max. ca. 30 50 cm)			
zulässiger Bereich der Taktfrequenz	4 bis 8 kHz Es ist darauf zu achten, dass der zulässige Bereich der Taktfrequenz nicht verlassen wird, da ansonsten Resonanzerscheinungen auftreten können. Besonders zu beachten sind Geräte, deren Taktfrequenz sich automatisch verstellt, zum Beispiel um bei höherer Kühlkörpertemperatur die Verluste des Gerätes zu reduzieren. Die Angaben der Taktfrequenz beziehen sich auf die tatsächliche Taktfrequenz. Wird zum Beispiel ein Gerät der Reihe DA1 verwendet, so ist der Wert in obiger Tabelle mit 2 zu multiplizieren, um den zulässigen Einstellwert zu erhalten.			



Beispiel 1: Gerät der Reihe DA1

- Einstellen der Schaltfrequenz mit P2-24
 - o zulässiger Bereich bei DX-SIN3... → 8 bis 16 kHz
 - o zulässiger Bereich bei DX-SIN3...A → 8 bis 32 kHz
- Minimale Schaltfrequenz (P6-02) bei automatischer Anpassung → 8 kHz

Beispiel 2: Gerät der Reihe DG1

- Einstellen der Schaltfrequenz mit P8-10
 - o zulässiger Bereich bei DX-SIN3... → 4 bis 8 kHz
 - \circ zulässiger Bereich bei DX-SIN3...A \rightarrow 4 bis 12 kHz (12 kHz ist die max. Schaltfrequenz bei DG1)
- Mit P8-11 = 1 ist der Sinusfiltermodus zu aktivieren. Das bedeutet, dass die Schaltfrequenz auf dem mit P8-10 eingestellten Wert bleibt.

5 Checkliste EMV

Um beurteilen zu können, ob/welche EMV-Zusatzmaßnahmen erforderlich sind, werden mindestens folgende Informationen benötigt.

- Netz
 - Netzform (TN-S / TN-C / TT / IT / andere (welche?))
 - Netzspannung
 - Netzfrequenz
 - o Wie erfolgt der Netzanschluss? (fest angeschlossen oder über Stecker)
 - o Ist ein Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter, RCD) vorgeschrieben?
 - für Personenschutz? (30 mA)
 - für Brandschutz? (300 mA)
- Umgebung
 - o 1. Umgebung (Öffentliches Netz, bzw. kein eigener Mittelspannungstransformator)
 - 2. Umgebung (Industrie)
 - o privates Netz (Betreiber kann festlegen, ob die Werte der 1. oder der 2. Umgebung zutreffen)
- Motor
 - o Ist der Motor für einen Betrieb am Frequenzumrichter geeignet?
 - Soll ein Motor am Gerät betrieben werden oder werden mehrere Motoren parallel geschaltet?
 - Länge der Motorleitung.
 - Bei mehreren parallelen Motoren: Länge der einzelnen Motorleitungen
- Welche Norm gibt die Grenzwerte vor?
 - o anwendungsspezifische Norm (bitte Namen / Nummer angeben)
 - o produktspezifische Norm EN 61800-3
 - o Fachgrundnorm EN 55011
- Besonderheiten?
 - o eventuelle Begrenzungen (Betrieb am Generator, Abmessungen)
 - 0