

	DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103)	
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	
Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.		
ICS 29.240.01	Ersatz für DIN EN 61800-3 (VDE 0160-100):2001-02 und DIN EN 61800-3 Berichtigung 1 (VDE 0160-100 Berichtigung 1):2002-04 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit	
Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren (IEC 61800-3:2004); Deutsche Fassung EN 61800-3:2004		
Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and specific test methods (IEC 61800-3:2004); German version EN 61800-3:2004		
Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 3: Exigences de CEM et méthodes d'essais spécifiques (CEI 61800-3:2004); Version allemande EN 61800-3:2004		
Gesamtumfang 128 Seiten		
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-10-01 angenommene EN 61800-3 gilt als DIN-Norm ab 2005-07-01.

Daneben dürfen DIN EN 61800-3 (VDE 0160-100):2001-02 und DIN EN 61800-3 Berichtigung 1 (VDE 0160-100 Berichtigung 1):2002-04 noch bis 2007-10-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 61800-3 (VDE 0160-103):2002-02.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 226 „Ausrüstung von Starkstromgeräten und -anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 22G „Semiconductor power converters for adjustable speed electric drive systems“ erarbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61800-3 (VDE 0160-100):2001-02 und DIN EN 61800-3 Berichtigung 1 (VDE 0160-100 Berichtigung 1):2002-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Klasse der Erhältlichkeit (allgemein und eingeschränkt) des Antriebssystems (PDS) wurde durch Kategorien (C1 bis C4) von Antriebssystemen (PDS) ersetzt, deren Definitionen auf das Produkt selbst und seine vorgesehene Verwendung bezogen sind;
- b) bessere Abdeckung von Aussendungsgrenzwerten;
- c) für die Kategorie C4 wird ein EMV-Plan allgemein festgelegt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-100):1997-08, 2001-02

DIN EN 61800-3 Berichtigung 1 (VDE 0160-100 Berichtigung 1):2002-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 472 S1:1989 A1:1995	IEC 60038:1983	DIN IEC 60038 (VDE 0175):2002-11	VDE 0175
–	IEC 60050-101:1998	IEV 101:1999-03	–
–	IEC 60050-131:2002	IEV 131:2003-04	–
–	IEC 60050-151:2001	IEV 151:2002-03	–
–	IEC 60050-161:1990 A1:1997 A2:1998	IEV 161:2000-08	–
–	IEC 60050-551:1998 IEC 60050-551-20:2001	IEV 551:2002-07	–
EN 60065	IEC 60065	DIN EN 60065 (VDE 0860)	VDE 0860
EN 60146-1-1:1993	IEC 60146-1-1:1991	DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558-11):1994-03	VDE 0558-11
–	IEC 60146-1-2:1991	–	–
EN 60146-1-3:1993	IEC 60146-1-3:1991	DIN EN 60146-1-3 (VDE 0558-8):1994-03	VDE 0558-8
EN 60146-2:2000	IEC 60146-2:1999	DIN EN 60146-2 (VDE 0558-2):2001-02	VDE 0558-2
–	IEC 60364-1:2001	–	–
EN 60664-1:2003	IEC 60664-1:1992 IEC 60664-1/A1:2000 IEC 60664-1/A2:2002	DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2003-11	VDE 0110-1
–	IEC 61000-1-1	–	–
–	IEC 61000-2-1:1990	–	–
EN 61000-2-2:2002	IEC 61000-2-2:2002	DIN EN 61000-2-2 (VDE 0839-2-2):2003-02	VDE 0839-2-2
–	IEC 61000-2-3:1992	–	–
EN 61000-2-4:2002	IEC 61000-2-4:2002	DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839-2-4):2003-05	VDE 0839-2-4
–	IEC 61000-2-5:1995	–	–
–	IEC 61000-2-6:1995	–	–
–	IEC 61000-2-8:2002	–	–
EN 61000-2-12:2003	IEC 61000-2-12:2003	DIN EN 61000-2-12 (VDE 0839-2-12):2004-01	VDE 0839-2-12
EN 61000-3-2:2000	IEC 61000-3-2:2000	DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2):2001-12	VDE 0838-2
EN 61000-3-3:1995	IEC 61000-3-3:1994	DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3):1996-03	VDE 0838-3
–	IEC/TR 61000-3-4:1998 zurückgezogen:2004	–	–
–	Nachfolger IEC 61000-3-12:2004	–	–

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC/TR 61000-3-5:1994	–	–
–	IEC/TR 61000-3-6:1996	DIN IEC 61000-3-6 (VDE 0838-6):1997-09	VDE 0838-6
–	IEC/TR 61000-3-7:1996	–	–
EN 61000-3-11:2000	IEC 61000-3-11:2000	DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11):2001-04	VDE 0838-11
EN 61000-3-12	IEC 61000-3-12	DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12)	VDE 0838-12
EN 61000-4-1:2000	IEC 61000-4-1:2000	DIN EN 61000-4-1 (VDE 0847-4-1):2001-06	VDE 0847-4-1
EN 61000-4-2	IEC 61000-4-2	DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2)	VDE 0847-4-2
EN 61000-4-3:2002	IEC 61000-4-3:2002	DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2003-03	VDE 0847-4-3
EN 61000-4-4:1995 EN 61000-4-4/A1:2001 EN 61000-4-4/A2:2001	IEC 61000-4-4:1995 IEC 61000-4-4/A1:2000 IEC 61000-4-4/A2:2001	DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4):2002-07	VDE 0847-4-4
EN 61000-4-5:1995	IEC 61000-4-5:1995	DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2001-12	VDE 0847-4-5
–	IEC 61000-4-6:2003	–	–
EN 61000-4-7:2002	IEC 61000-4-7:2002	DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7):2003-08	VDE 0847-4-7
EN 61000-4-8:1993 EN 61000-4-8/A1:2001	IEC 61000-4-8:1993 IEC 61000-4-8/A1:2000	DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8):2001-12	VDE 0847-4-8
EN 61000-4-9:1993 EN 61000-4-9/A1:2001	IEC 61000-4-9:1993 IEC 61000-4-9/A1:2000	DIN EN 61000-4-9 (VDE 0847-4-9):2001-12	VDE 0847-4-9
EN 61000-4-10:1993 EN 61000-4-10/A1:2001	IEC 61000-4-10:1993 IEC 61000-4-10/A1:2000	DIN EN 61000-4-10 (VDE 0847-4-10):2001-12	VDE 0847-4-10
–	IEC/TR 61000-5-1:1996	–	–
–	IEC/TR 61000-5-2:1997	–	–
EN 61000-6-1:2001	IEC 61000-6-1:1997	DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1):2002-08	VDE 0839-6-1
EN 61000-6-2:2001	IEC 61000-6-2:1999	DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2002-08	VDE 0839-6-2
EN 61000-6-4:2001	IEC 61000-6-4:1997	DIN EN 61000-6-4 (VDE 0839-6-4):2002-08	VDE 0839-6-4
–	IEC/TS 61000-6-5:2001	–	–
EN 61800-1:1998	IEC 61800-1:1997	DIN EN 61800-1 (VDE 0160-101):1999-08	VDE 0160-101
EN 61800-2:1998	IEC 61800-2:1998	DIN EN 61800-2 (VDE 0160-102):1999-08	VDE 0160-102
EN 61800-4:2003	IEC 61800-4:2002	DIN EN 61800-4 (VDE 0160-104):2003-08	VDE 0160-104
EN 61800-5-1:2003	IEC 61800-5-1:2003	DIN EN 61800-5-1 (VDE 0160-105):2003-09	VDE 0160-105

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 62103:2003	–	–
–	CISPR 11:2003	–	–
Normen der Reihe EN 55014-1	Normen der Reihe CISPR 14	Normen der Reihe DIN EN 55014-1 (VDE 0875-14-1)	Normen der Reihe VDE 0875-14-1
–	CISPR 16-1:2002	–	–
–	CISPR 22:2003	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 60038 (VDE 0175):2002-11, IEC-Normspannungen (IEC 60038:1983 + A1:1994 + A2:1997) – Umsetzung von HD 472 S1:1989 + Cor. zu HD 472 S1:2002-02

DIN EN 55014 (VDE 0875-14) (Normen der Reihe), *Elektromagnetische Verträglichkeit – Anforderungen an Haushaltgeräte, Elektrowerkzeuge und ähnliche Elektrogeräte*

DIN EN 60065 (VDE 0860), *Audio-, Video- und ähnliche elektronische Geräte – Sicherheitsanforderungen*

DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558-11):1994-03, *Halbleiter-Stromrichter – Allgemeine Anforderungen und netzgeführte Stromrichter – Teil 1-1: Festlegung der Grundanforderungen (IEC 60146-1-1:1991); Deutsche Fassung EN 60146-1-1:1993*

DIN EN 60146-1-3 (VDE 0558-8):1994-03, *Halbleiter-Stromrichter – Allgemeine Anforderungen und netzgeführte Stromrichter – Teil 1-3: Transformatoren und Drosselspulen (IEC 60146-1-3:1991); Deutsche Fassung EN 60146-1-3:1993*

DIN EN 60146-2 (VDE 0558-2):2001-02, *Halbleiter-Stromrichter – Teil 2: Selbstgeführte Halbleiter-Stromrichter einschließlich Gleichstrom-Direktumrichter (IEC 60146-2:1999); Deutsche Fassung EN 60146-2:2000*

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2003-11, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:1992 + A1:2000 + A2:2002); Deutsche Fassung EN 60664-1:2003*

DIN EN 61000-2-2 (VDE 0839-2-2):2003-02, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2-2: Umgebungsbedingungen – Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen und Signalübertragung in öffentlichen Niederspannungsnetzen; (IEC 61000-2-2:2002); Deutsche Fassung EN 61000-2-2:2002*

DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839-2-4):2003-05, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2-4: Umgebungsbedingungen – Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen (IEC 61000-2-4:2002); Deutsche Fassung EN 61000-2-4:2002*

DIN EN 61000-2-12 (VDE 0839-2-12):2004-01, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2-12: Umgebungsbedingungen – Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen und Signalübertragung in öffentlichen Mittelspannungsnetzen (IEC 61000-2-12:2003); Deutsche Fassung EN 61000-2-12:2003*

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07

DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-2: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom ≤ 16 A je Leiter) (IEC 61000-3-2:2000, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61000-3-2:2000*

DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3):1996-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3: Grenzwerte – Hauptabschnitt 3: Grenzwerte für Spannungsschwankungen und Flicker in Niederspannungsnetzen für Geräte mit einem Eingangsstrom ≤ 16 A (IEC 61000-3-3:1994); Deutsche Fassung EN 61000-3-3:1995*

DIN IEC 61000-3-6 (VDE 0838-6):1997-09, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3: Grenzwerte – Hauptabschnitt 6: Abschätzung von Aussendungsgrenzwerten für verzerrende Lasten in Mittel- und Hochspannungs-Energieversorgungsnetzen – EMV-Grundnorm (IEC 61000-3-6:1996)*

DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11):2001-04, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-11: Grenzwerte – Begrenzung von Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen – Geräte und Einrichtungen mit einem Bemessungsstrom ≤ 75 A, die einer Sonderzulassung unterliegen (IEC 61000-3-11:2000); Deutsche Fassung EN 61000-3-11:2000*

DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-12: Grenzwerte für Oberschwingungsströme, verursacht von Geräten und Einrichtungen mit einem Eingangsstrom < 75 A je Leiter, die zum Anschluss an öffentliche Niederspannungsnetze vorgesehen sind und einer Sonderanschlussbedingung unterliegen*

DIN EN 61000-4-1 (VDE 0847-4-1):2001-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-1: Prüf- und Messverfahren – Übersicht über die Reihe IEC 61000-4 (IEC 61000-4-1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-1:2000*

DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität*

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2003-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (IEC 61000-4-3:2002); Deutsche Fassung EN 61000-4-3:2002*

DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4):2002-07, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-4: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst (IEC 61000-4-4:1995 + A1:2000 + A2:2001); Deutsche Fassung EN 61000-4-4:1995 + A1:2001 + A2:2001*

DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (IEC 61000-4-5:1995 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-5:1995 + A1:2001*

DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7):2003-08, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-7: Prüf- und Messverfahren – Allgemeiner Leitfadens für Verfahren und Geräte zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten (IEC 61000-4-7:2002); Deutsche Fassung EN 61000-4-7:2002*

DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-8: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen (IEC 61000-4-8:1993 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-8:1993 + A1:2001*

DIN EN 61000-4-9 (VDE 0847-4-9):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-9: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen impulsförmige Magnetfelder (IEC 61000-4-9:1993 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-9:1993 + A1:2001*

DIN EN 61000-4-10 (VDE 0847-4-10):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-10: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen gedämpft schwingende Magnetfelder (IEC 61000-4-10:1993 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-10:1993 + A1:2001*

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07

DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1):2002-08, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-1: Fachgrundnorm – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-1:1997, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61000-6-1:2001*

DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2002-08, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereich (IEC 61000-6-2:1999, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61000-6-2:2001*

DIN EN 61000-6-4 (VDE 0839-6-4):2002-08, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen – Fachgrundnorm Störaussendung für Industriebereich (IEC 61000-6-4:1997, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61000-6-4:2001*

DIN EN 61800-1 (VDE 0160-101):1999-08, *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Gleichstrom-Antriebssystemen (IEC 61800-1:1997); Deutsche Fassung EN 61800-1:1998*

DIN EN 61800-2 (VDE 0160-102):1999-08, *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 2: Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Wechselstrom-Antriebssystemen mit einstellbarer Frequenz (IEC 61800-2:1998); Deutsche Fassung EN 61800-2:1998*

DIN EN 61800-4 (VDE 0160-104):2003-08, *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 4: Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Wechselstrom-Antriebssystemen über 1 000 V AC und höchstens 35 kV (IEC 61800-4:2002); Deutsche Fassung EN 61800-4:2003*

DIN EN 61800-5-1 (VDE 0160-105):2003-09, *Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl – Teil 5-1: Anforderungen an die Sicherheit – Elektrische, thermische und energetische Anforderungen (IEC 61800-5-1:2003-02); Deutsche Fassung EN 61800-5-1:2003*

IEV 101:1999-03, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 101: Mathematik*

IEV 131:2003-04, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 131: Netzwerktheorie*

IEV 151:2002-03, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 151: Elektrische und magnetische Geräte und Einrichtungen*

IEV 161:2000-08, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 161: Elektromagnetische Verträglichkeit*

IEV 551:2002-07, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 551: Leistungselektronik*

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07

– Leerseite –

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 61800-3

Dezember 2004

ICS 29.200; 33.100

Ersatz für EN 61800-3:1996 + A11:2000

Deutsche Fassung

Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe
Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren
(IEC 61800-3:2004)

Adjustable speed electrical power drive systems
Part 3: EMC requirements and specific test
methods
(IEC 61800-3:2004)

Entraînements électriques de puissance à
vitesse variable
Partie 3: Exigences de CEM et méthodes
d'essais spécifiques
(CEI 61800-3:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-10-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

EN 61800-3:2004

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 22G/127/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 61800-3, ausgearbeitet von SC 22G „Adjustable speed electric drive systems incorporating semiconductor power converters“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-10-01 als EN 61800-3 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 61800-3:1996 + A11:2000 + Corrigendum 2001-05.

Diese Europäische Norm beinhaltet drei wesentliche Änderungen:

- a) Die Klasse der Erhältlichkeit (allgemein und eingeschränkt) des Antriebssystems (PDS) wurde durch Kategorien (C1 bis C4) von Antriebssystemen (PDS) ersetzt, deren Definitionen auf das Produkt selbst und seine vorgesehene Verwendung bezogen sind;
- b) bessere Abdeckung von Aussendungsgrenzwerten;
- c) für die Kategorie C4 wird ein EMV-Plan allgemein festgelegt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2005-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-10-01

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erstellt, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde. Diese Europäische Norm deckt grundlegende Anforderung einer EG-Richtlinie bzw. von EG-Richtlinien ab. Siehe Anhang ZZ.

Die Anhänge ZA und ZZ wurden von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61800-3:2004 wurde von CENELEC als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60038	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 472 S1:1989 (modifiziert).
IEC 60146-1-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60146-1-3:1993 (nicht modifiziert).
IEC 60146-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60146-2:2000 (nicht modifiziert).
IEC 61000-2-12	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-2-12:2003 (nicht modifiziert).
IEC 61000-4-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-4-1:2000 (nicht modifiziert).
IEC 61000-4-7	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-4-7:2000 (nicht modifiziert).
IEC 61000-4-9	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-4-9:1993 (nicht modifiziert).
IEC 61000-4-10	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-4-10:1993 (nicht modifiziert).
IEC 61000-6-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-6-1:2001 (modifiziert).
IEC 61000-6-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-6-2:1999 (nicht modifiziert).
IEC 61000-6-4	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-6-4:2001 (modifiziert).
IEC 61800-5-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61800-5-1:2003 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich und Zweck	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	10
4 Allgemeine Anforderungen	15
4.1 Allgemeine Bedingungen.....	15
4.2 Prüfungen	16
4.3 Unterlagen für den Anwender.....	16
5 Anforderungen an die Störfestigkeit.....	17
5.1 Allgemeine Bedingungen.....	17
5.2 Grundlegende Anforderungen an die Störfestigkeit – niederfrequente Störungen	20
5.3 Grundlegende Anforderungen an die Störfestigkeit – hochfrequente Störungen	27
5.4 Anwendung von Anforderungen an die Störfestigkeit – statistische Betrachtungsweise	30
6 Störaussendung	30
6.1 Allgemeine Anforderungen an die Störaussendung.....	30
6.2 Grundlegende Grenzwerte für niederfrequente Störaussendungen	31
6.3 Auf die Messung von hochfrequenten Störaussendungen bezogene Bedingungen	34
6.4 Grundlegende Grenzwerte für die hochfrequente Störaussendung.....	35
6.5 Technische Praxis	38
6.6 Anwendung der Anforderungen an die Störaussendung – statistische Betrachtungsweise.....	42
Anhang A (informativ) EMV-Verfahren	43
A.1 Allgemeiner Überblick über EMV-Phänomene.....	43
A.2 Auf hochfrequente Phänomene bezogene Lastbedingungen	46
A.3 Einige Störfestigkeitsmerkmale	47
A.4 Messverfahren für hochfrequente Störaussendungen	48
Anhang B (informativ) Niederfrequente Phänomene.....	53
B.1 Kommutierungseinbrüche.....	53
B.2 Definitionen zu Oberschwingungen und Oberschwingungen mit nicht ganzzahligen Ordnungszahlen	58
B.3 Anwendung von Normen über Oberschwingungsstöraussendungen	65
B.4 Errichtungsregeln/Bewertung der Oberschwingungsverträglichkeit.....	74
B.5 Spannungsunsymmetrie.....	79
B.6 Spannungseinbrüche – Spannungsschwankungen	82
B.7 Nachweis der Störfestigkeit gegen niederfrequente Störungen.....	85
Anhang C (informativ) Blindleistungskompensation – Filtermaßnahmen.....	86
C.1 Anlage.....	86
C.2 Blindleistung und Oberschwingungen	94

	Seite
Anhang D (informativ) Betrachtungen zur hochfrequenten Störaussendung	98
D.1 Leitfaden für Anwender.....	98
D.2 Sicherheitsmerkmale und Filtereinrichtungen für Hochfrequenzstörungen in Stromversorgungsnetzen.....	102
Anhang E (informativ) EMV-Analyse und EMV-Plan	104
E.1 Allgemeines – Für PDS geltende EMV-Systemanalyse	104
E.2 Beispiel eines EMV-Plans für allgemeine Anwendungen.....	107
E.3 Beispiel für die Ergänzung zum EMV-Plan für besondere Anwendungen	111
Literaturhinweise	115
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	117
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang mit grundlegenden Anforderungen von EG-Richtlinien	120
Bild 1 – Definition der Anlage und ihres Inhaltes	10
Bild 2 – Innere Schnittstellen eines PDS und Beispiele für Anschlüsse	13
Bild 3 – Stromversorgungsschnittstellen eines PDS mit gemeinsamer Gleichstromschiene	14
Bild 4 – Stromversorgungsschnittstellen mit einem gemeinsamen Eingangstransformator.....	14
Bild 5 – Ausbreitung von Störungen	39
Bild 6 – Ausbreitung von Störungen in Anlagen mit PDS mit einer Bemessungsspannung > 1 000 V.....	40
Bild A.1 – Zusammenhänge zwischen Störung und Störfestigkeit	45
Bild B.1 – Typischer Kurvenverlauf von Kommutierungseinbrüchen – Unterschied zur nicht periodischen Transiente	53
Bild B.2 – PCC, IPC, Anlagenstromverhältnis und R_{SI}	64
Bild B.3 – PCC, IPC, Anlagenstromverhältnis und R_{SC}	65
Bild B.4 – Bewertung der Oberschwingungsstöraussendung eines PDS	68
Bild B.5 – Lastbedingungen für die Messung der Oberschwingungsstöraussendung eines PDS	69
Bild B.6 – Prüfaufbau mit mechanischer Last	70
Bild B.7 – Prüfaufbau mit elektrischer Belastung, die den belasteten Motor ersetzt.....	70
Bild B.8 – Prüfaufbau mit Widerstandsbelastung.....	71
Bild B.9 – Bewertung der Oberschwingungsstöraussendungen bei Verwendung von PDS (Geräte, Systeme und Anlagen)	75
Bild C.1 – Blindleistungskompensation	89
Bild C.2 – Vereinfachtes Schaltbild eines industriellen Netzes.....	91
Bild C.3 – Impedanz in Abhängigkeit von der Frequenz in einem vereinfachten Netz.....	91
Bild C.4 – Beispiel einer passiven Filterbatterie.....	93
Bild C.5 – Beispiel einer unzulänglichen Lösung für die Blindleistungskompensation	95
Bild D.1 – Leitungsgeführte Störaussendung von unterschiedlichen PDS ohne Filtereinrichtungen	99
Bild D.2 – Erwartete feldgebundene Störaussendung von PDS mit einer Bemessungsspannung bis 400 V, Spitzenwerte auf 10 m normiert	100
Bild D.3 – Sicherheit und Filtereinrichtungen.....	103

	Seite
Bild E.1 – Wechselwirkung zwischen Systemen und EM-Umgebung.....	104
Bild E.2 – Bereichskonzept.....	105
Bild E.3 – Beispiel für einen Antrieb	106
Tabelle 1 – Kriterien zum Nachweis der Annahme eines PDS bei elektromagnetischen Störungen	19
Tabelle 2 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche/Spannungsverzerrung an Stromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS.....	21
Tabelle 3 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche/Spannungsverzerrung für Hauptstromversorgungsanschlüsse von PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V	22
Tabelle 4 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche/Spannungsverzerrung für Niederspannungs- Hilfsstrom- versorgungsanschlüsse von PDS	22
Tabelle 5 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsabweichungen, Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen an Stromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS	23
Tabelle 6 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsabweichungen, Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen an Hauptstrom- versorgungsanschlüssen von PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V	24
Tabelle 7 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsabweichungen, Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen an Niederspannungs- Hilfsstromversorgungsanschlüssen von PDS	25
Tabelle 8 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsunsymmetrie und Frequenzänderungen an Stromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS.....	25
Tabelle 9 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsunsymmetrie und Frequenzänderungen an Hauptstromversorgungsanschlüssen von PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V	26
Tabelle 10 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsunsymmetrie und Frequenzänderungen an Hilfsstromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS	26
Tabelle 11 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit für PDS, die für den Einsatz in der ersten Umgebung vorgesehen sind.....	27
Tabelle 12 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit für PDS, die für den Einsatz in der zweiten Umgebung vorgesehen sind.....	29
Tabelle 13 – Zusammenfassung der Anforderungen an die Störaussendung.....	31
Tabelle 14 – Grenzwerte für Störspannungen an den Netzanschlüssen im Frequenzband von 150 kHz bis 30 MHz	35
Tabelle 15 – Grenzwerte für die elektromagnetische Störstrahlung im Frequenzband von 30 MHz bis 1 000 MHz.....	36
Tabelle 16 – Grenzwerte der Störspannung an der Stromversorgungsschnittstelle.....	36
Tabelle 17 – Grenzwerte für Störspannungen an den Netzanschlüssen im Frequenzband von 150 kHz bis 30 MHz für PDS in der zweiten Umgebung – PDS der Kategorie C3.....	37
Tabelle 18 – Grenzwerte für die elektromagnetische Störstrahlung im Frequenzband von 30 MHz bis 1 000 MHz für PDS in der zweiten Umgebung – PDS der Kategorie C3.....	38
Tabelle 19 – Grenzwerte der ausgebreiteten Störspannung („außerhalb“ in der ersten Umgebung).....	40
Tabelle 20 – Grenzwerte der ausgebreiteten Störspannung („außerhalb“ in der zweiten Umgebung)	40
Tabelle 21 – Grenzwerte für die ausgebreiteten elektromagnetischen Störgrößen über 30 MHz	41

EN 61800-3:2004

	Seite
Tabelle 22 – Grenzwerte für elektromagnetische Störungen unter 30 MHz.....	41
Tabelle A.1 – EMV-Überblick	44
Tabelle B.1 – Höchstzulässige Tiefe der Kommutierungseinbrüche am Kopplungspunkt (PC).....	57
Tabelle B.2 – Anforderungen an die Störaussendung durch Oberschwingungsströme in Bezug auf den Gesamtstrom der vereinbarten Leistung am PCC oder IPC	77
Tabelle B.3 – Nachweisplan für die Störfestigkeit gegen niederfrequente Störungen	85
Tabelle E.1 – Elektromagnetische Wechselwirkung zwischen Teilsystemen und Umgebung.....	106
Tabelle E.2 – Frequenzanalyse	113

1 Anwendungsbereich und Zweck

Der vorliegende Teil von IEC 61800 legt Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) für Antriebssysteme (PDS – Power Drive Systems) fest. Ein PDS wird in 3.1 definiert. Darunter fallen drehzahlveränderbare Antriebe mit Wechsel- oder Gleichstrommotoren. Es sind Anforderungen angegeben für PDS mit Stromrichtereingangs- und/oder -ausgangsspannungen (Spannung zwischen den Außenleitern) mit einem Effektivwert der Wechselspannung bis 35 kV.

Die vorliegende Norm gilt für jene PDS, die in Wohn-, Geschäfts- und Industriegebieten mit Ausnahme von Bahnanwendungen und Elektrofahrzeugen eingesetzt werden. PDS dürfen entweder an industrielle oder öffentliche Stromversorgungsnetze angeschlossen werden. Industrielle Netze werden aus einem zugeordneten Verteilungstransformator gespeist, der üblicherweise in der Nähe oder innerhalb des Industriestandortes angeordnet ist und nur industrielle Kunden beliefert. Industrielle Netze können auch von ihrer eigenen Elektroenergieerzeugungsanlage gespeist werden. Andererseits können PDS auch direkt an das öffentliche Niederspannungsnetz angeschlossen werden, das auch Wohnanlagen versorgt und bei dem der Nullleiter im Allgemeinen geerdet ist.

Der Anwendungsbereich des vorliegenden die EMV betreffenden Teils von IEC 61800 schließt einen breiten Bereich von PDS von einigen hundert Watt bis zu Hunderten von Megawatt ein. PDS sind häufig in einem größeren System enthalten. Die Systemaspekte sind in der vorliegenden Norm nicht enthalten, es werden jedoch in den informativen Anhängen Hinweise gegeben.

Die Anforderungen wurden so ausgewählt, dass die EMV für PDS in Wohn-, Geschäfts- und Industriegebieten sichergestellt wird. Die Anforderungen können jedoch keine außergewöhnlichen Fälle umfassen, die mit äußerst niedriger Wahrscheinlichkeit auftreten können. Änderungen des EMV-Verhaltens eines PDS, die sich aus Fehlerzuständen ergeben, werden nicht berücksichtigt.

Der Zweck der vorliegenden Norm ist es, die Grenzwerte und Prüfverfahren für ein PDS nach seinem vorgesehenen Einsatz festzulegen. Die vorliegende Norm enthält Anforderungen an die Störfestigkeit und Anforderungen an die elektromagnetischen Störaussendungen.

ANMERKUNG 1 Störaussendung kann Störungen in anderen elektronischen Einrichtungen (zum Beispiel Rundfunkempfängern, Messgeräten und Rechnern) verursachen. Störfestigkeit ist erforderlich, um die Einrichtung vor ständigen oder transienten leitungsgeführten und feldgebundenen Störungen einschließlich elektrostatischer Entladungen zu schützen. Die Anforderungen an die Störaussendung und Störfestigkeit werden zueinander und zur tatsächlichen Umgebung des PDS ins Gleichgewicht gebracht.

Die vorliegende Norm legt die EMV-Mindestanforderungen für ein PDS fest.

Anforderungen an die Störfestigkeit sind nach der Klassifizierung der Umgebung angegeben. Anforderungen an niederfrequente Störaussendungen werden nach der Art des Versorgungsnetzes angegeben. Anforderungen an hochfrequente Störaussendungen werden nach vier Kategorien des vorgesehenen Einsatzes angegeben, die sowohl die Umgebung als auch die Inbetriebnahme umfassen.

Als Produktnorm darf die vorliegende Norm zur Bewertung von PDS benutzt werden. Sie darf auch zur Bewertung von vollständigen Antriebsmodulen (CDM – Complete Drive Module) oder Antriebsgrundmodulen (BDM – Basic Drive Module) verwendet werden, die einzeln vertrieben werden können.

Diese Norm enthält:

- Anforderungen an die Konformitätsbewertung für die Produkte, die auf den Markt gebracht werden sollen;
- die empfohlene technische Praxis (siehe 6.5) in Fällen, in denen hochfrequente Störaussendungen nicht gemessen werden können, bevor die Einrichtung auf den Markt gebracht wird (diese PDS sind in 3.2.6 als Kategorie C4 definiert).

ANMERKUNG 2 Die erste Ausgabe von IEC 61800-3 sah vor, dass der vorgesehene Einsatz technische Maßnahmen für die Indienstellung erfordern könnte. Dies wurde durch die „eingeschränkte Erhältlichkeit“ vorgenommen, die in der zweiten Ausgabe durch die Kategorien C2 und C4 erfasst wird (siehe 3.2).

EN 61800-3:2004

Diese Norm dient als vollständige EMV-Produktnorm für die EMV-Konformitätsbewertung von Produkten der Kategorien C1, C2 und C3, wenn diese auf den Markt gebracht werden (siehe Definitionen [3.2.3 bis 3.2.5](#)).

Die hochfrequente Störaussendung von Einrichtungen der Kategorie C4 wird erst dann bewertet, wenn diese am vorgesehenen Standort installiert sind. Diese werden daher als fest installierte Anlage betrachtet, für die in [6.5](#) und [Anhang E](#) dieser Norm Regeln der technischen Praxis angegeben werden, obwohl keine Grenzwerte für die Störaussendung festgelegt werden (außer im Fall von Auseinandersetzungen).

Die vorliegende Norm legt keine Anforderungen an die Sicherheit für die Einrichtung fest, wie Schutz gegen gefährliche Körperströme, Isolationskoordination und zugehörige Spannungsprüfungen, unsicherer Betrieb oder unsichere Folgen eines Ausfalls. Außerdem werden keine Auswirkungen elektromagnetischer Phänomene auf die Sicherheit und die Funktionssicherheit behandelt.

In besonderen Fällen, wenn hoch empfindliche Geräte in unmittelbarer Nähe betrieben werden, können zusätzliche Entstörmaßnahmen erforderlich werden, um die elektromagnetische Störaussendung weiter unter die festgelegten Pegel zu bringen, oder es müssen zusätzliche Gegenmaßnahmen ergriffen werden, um die Störfestigkeit des hoch empfindlichen Gerätes zu erhöhen.

Als EMV-Produktnorm für PDS hat diese Norm Vorrang vor allen Aspekten der Fachgrundnormen und es sind keine zusätzlichen EMV-Prüfungen gefordert oder notwendig. Falls ein PDS Bestandteil einer Einrichtung ist, für die eine gesonderte EMV-Produktnorm zutrifft, gilt die EMV-Norm der vollständigen Einrichtung.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-131:2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Circuit theory*

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60364-1:2001, *Electrical installations of buildings – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination of equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61000-1-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms*

IEC 61000-2-1:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEC 61000-2-2:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC 61000-2-4:2003^{N1}, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

^{N1} Nationale Fußnote: In IEC irrtümlich Ausgabe 2003 statt Ausgabe 2002 angegeben.

- IEC 61000-2-6:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 6: Assessment of the emission levels in the power supply of industrial plants as regards low-frequency conducted disturbances*
- IEC 61000-3-2:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment with input current ≤ 16 A per phase)*
- IEC 61000-3-3:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and subject to conditional connection*
- IEC 61000-3-4:1998, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 4: Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*
- IEC 61000-3-7:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 7: Limits for fluctuating loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication*
- IEC 61000-3-11:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection*
- IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-3:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC Publication*
Amendment 1:2000
Amendment 2:2001
- IEC 61000-4-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*
- IEC 61000-4-6:2003, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*
- IEC 61000-4-8:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61800-1:1997, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 1: Rating specifications for low voltage d.c. power drive systems*
- IEC 61800-2:1998, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 2: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable frequency a.c. power drive systems*
- IEC 61800-4:2002, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V and not exceeding 35 kV*
- CISPR 11:2003, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- CISPR 14, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus*
- CISPR 16-1:2002, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*
- CISPR 22:2003, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

EN 61800-3:2004

3 Begriffe

3.1 Überblick

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die die EMV und die zugehörigen Phänomene betreffenden Definitionen aus IEC 60050-161, aus CISPR und die nachfolgenden zusätzlichen Definitionen.

Ein Antriebssystem (PDS) besteht aus einem Motor und einem vollständigen Antriebsmodul (CDM). Es enthält nicht die vom Motor angetriebene Einrichtung. Das CDM besteht aus einem Antriebsgrundmodul (BDM) und möglichen Erweiterungen wie der Einspeiseeinheit oder einigen Hilfseinrichtungen (z. B. Belüftung). Das BDM enthält Stromrichter, Regel- und Steuereinrichtungen sowie Selbstschutzfunktionen. Bild 1 zeigt die Abgrenzung zwischen PDS und dem Rest der Anlage und/oder dem Herstellungsprozess. Einzelheiten für diese Definitionen sind in IEC 61800-1, IEC 61800-2 und IEC 61800-4 enthalten.

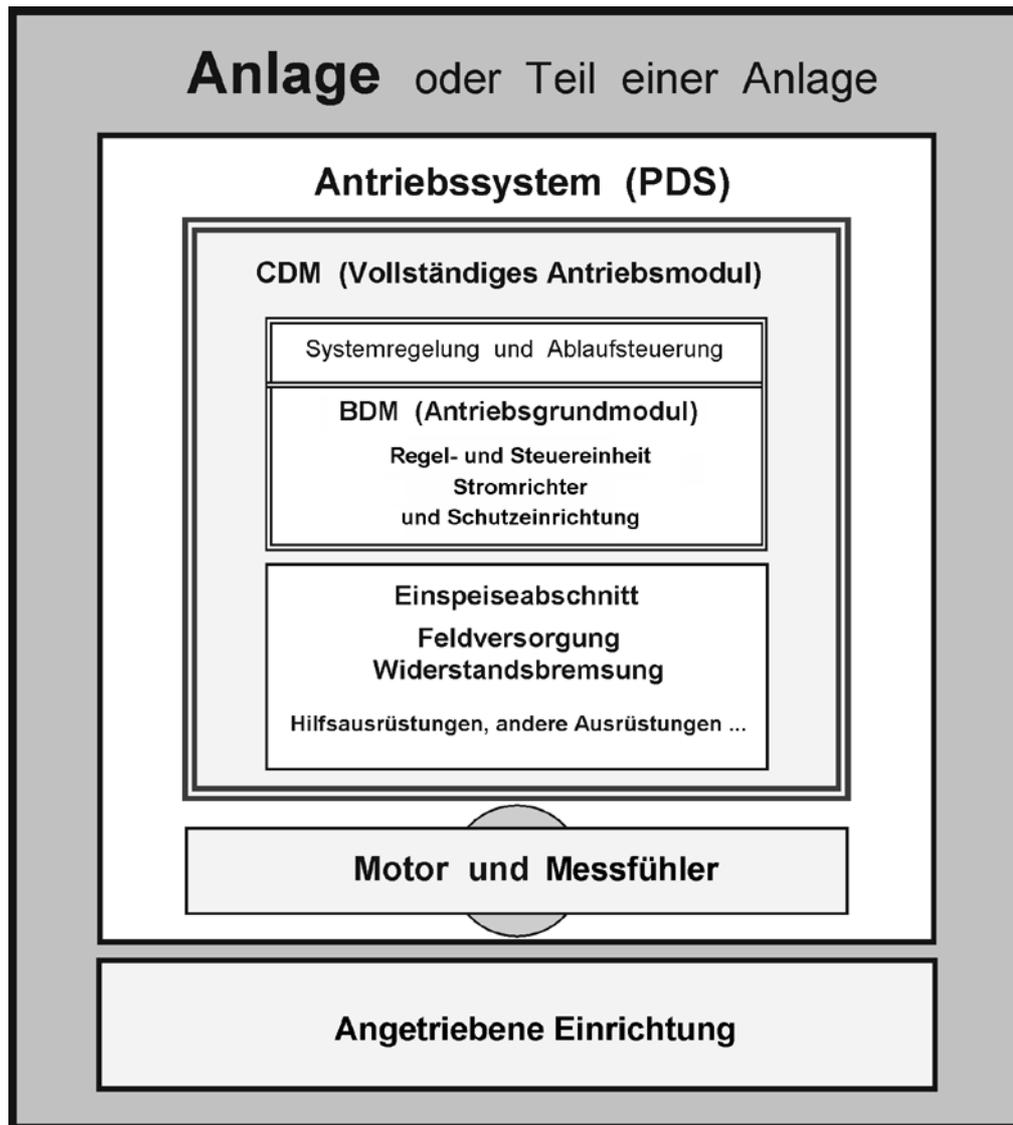


Bild 1 – Definition der Anlage und ihres Inhaltes

Falls das PDS seinen eigenen zugeordneten Transformator besitzt, so ist dieser Transformator Bestandteil des CDM.

3.2 Vorgesehener Einsatz

3.2.1

erste Umgebung

Umgebung, die Wohnbezirke enthält; sie enthält auch Einrichtungen, die ohne Zwischentransformator direkt an das Niederspannungsversorgungsnetz angeschlossen sind, das Gebäude versorgt, die für Wohnzwecke benutzt werden

ANMERKUNG Beispiele für Orte der ersten Umgebung sind Häuser, Wohnungen, Geschäfte oder Büros in Wohngebäuden.

3.2.2

zweite Umgebung

Umgebung, die alle anderen Einrichtungen enthält, die nicht direkt an ein Niederspannungsversorgungsnetz angeschlossen sind, das Gebäude versorgt, die für Wohnzwecke benutzt werden

ANMERKUNG Beispiele für Orte der zweiten Umgebung sind Industriegebiete und technische Bereiche von Gebäuden, die von einem zugeordneten Transformator gespeist werden.

3.2.3

PDS der Kategorie C1

PDS mit einer Bemessungsspannung kleiner als 1 000 V, das für den Einsatz in der ersten Umgebung vorgesehen ist

3.2.4

PDS der Kategorie C2

PDS mit einer Bemessungsspannung kleiner als 1 000 V, das weder ein Steckergerät noch eine bewegbare Einrichtung ist und das, wenn es in der ersten Umgebung eingesetzt wird, nur für die Errichtung und Inbetriebnahme durch einen Fachmann vorgesehen ist

ANMERKUNG Ein Fachmann ist eine Person oder eine Organisation mit der erforderlichen Erfahrung für die Errichtung und/oder Inbetriebnahme von Antriebssystemen einschließlich ihrer EMV-Aspekte.

3.2.5

PDS der Kategorie C3

PDS mit einer Bemessungsspannung kleiner als 1 000 V, das für den Einsatz in der zweiten Umgebung und nicht für den Einsatz in der ersten Umgebung vorgesehen ist

3.2.6

PDS der Kategorie C4

PDS mit einer Bemessungsspannung gleich oder größer als 1 000 V, mit einem Bemessungsstrom von 400 A oder darüber oder für den Einsatz in komplexen Systemen in der zweiten Umgebung

3.3 Einsatzort, Anschlüsse und Schnittstellen

3.3.1

Einsatzort (in-situ) (für die Prüfung)

Ort, an dem die Einrichtung für ihren bestimmungsgemäßen Einsatz durch den Endanwender errichtet wird

3.3.2

Prüfplatz (Feldstärke)

Gelände, das notwendige Anforderungen zur einwandfreien Messung elektromagnetischer Felder erfüllt, die von einem Prüfling ausgesendet werden

[IEV 161-04-28]

EN 61800-3:2004

3.3.3

Anschluss

Zugang zu einer Einrichtung oder einem Netzwerk, an dem elektromagnetische Energie oder Signale abgegeben oder aufgenommen werden können oder die veränderlichen Größen der Einrichtung/des Netzwerks beobachtet oder gemessen werden können

[IEV 131-12-60]

ANMERKUNG [Bild 2](#) zeigt die Vielfalt der Anschlüsse eines PDS.

3.3.4

Gehäuse

physikalische Begrenzung des PDS, durch die elektromagnetische Felder abgestrahlt oder aufgenommen werden können (siehe [Bild 2](#))

3.3.5

Anschluss für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung

Eingang/Ausgang (I/O – Input/Output) für einen Leiter oder ein Kabel, der (das) den Prozess mit dem nach [Abschnitt 3](#) festgelegten PDS verbindet (siehe [Bild 2](#))

3.3.6

Stromversorgungsanschluss

Anschluss, der das PDS mit der Stromversorgung verbindet, die auch andere Einrichtungen speist

3.3.7

Hauptstromversorgungsanschluss

Stromversorgungsanschluss, der das PDS nur mit der Energie speist, die nach der elektrischen Leistungsumwandlung vom Motor in mechanische Energie umgewandelt wird

3.3.8

Hilfsstromversorgungsanschluss

Stromversorgungsanschluss, der nur Hilfseinrichtungen des PDS einschließlich des Feldstromkreises, sofern vorhanden, speist

3.3.9

mechanische Verbindung

mechanische Verbindung zwischen der Motorwelle des PDS und der angetriebenen Ausrüstung des Prozesses, wie in [Abschnitt 3](#) festgelegt

3.3.10

Signalschnittstelle

Eingangs-/Ausgangsverbindung (I/O) für eine Leitung, die das Antriebsgrundmodul oder das vollständige Antriebsmodul (BDM/CDM) mit einem anderen Teil des PDS verbindet (siehe [Bild 2](#))

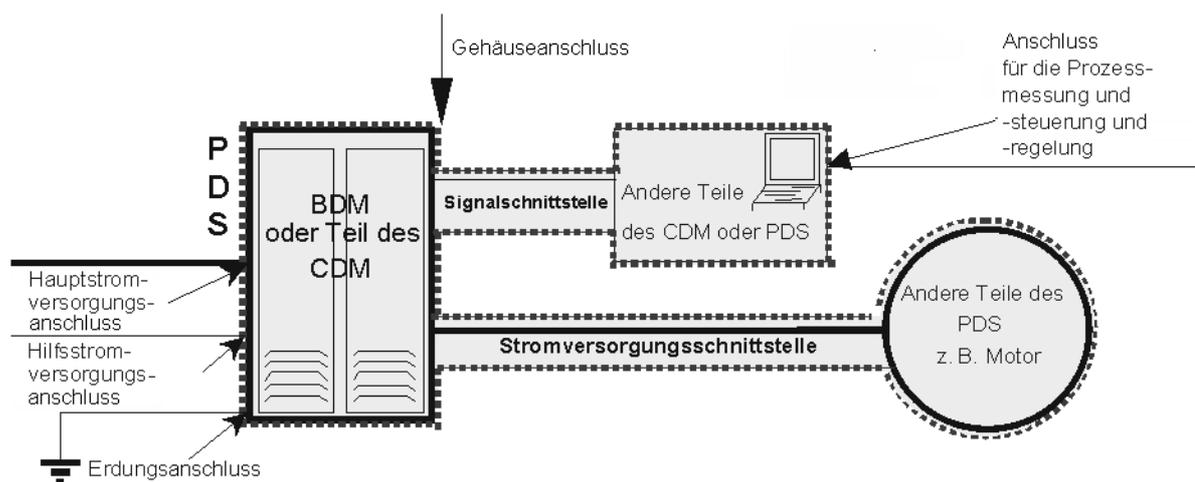


Bild 2 – Innere Schnittstellen eines PDS und Beispiele für Anschlüsse

3.3.11

Stromversorgungsschnittstelle

Verbindungen, die für die Verteilung der Elektroenergie innerhalb des PDS benötigt werden (siehe [Bild 3](#) und [Erläuterung in E.1](#))

ANMERKUNG Die Stromversorgungsschnittstellen des PDS können unterschiedliche Ausführungen und Ausdehnungen haben:

- innerhalb des CDM/BDM

Eine Stromversorgungsschnittstelle kann die Verbindung zur Verteilung der Elektroenergie von einem Teil des BDM/CDM zu einem anderen Teil des BDM/CDM sein. Eine Stromversorgungsschnittstelle kann auch gemeinsam für verschiedene Bauteile des PDS dienen. Beispiele siehe [Bilder 3 und 4](#).

[Bild 3](#) zeigt eine Stromversorgungsschnittstelle, die die Energie von einem Eingangsstromrichter (wo die Energie des Netzes in eine andere Form umgewandelt wird (hier in Gleichstrom)) zu Ausgangswechselrichtern (wo die Energie von einer Zwischenform (hier Gleichstrom) in eine andere Form (hier Wechselstrom) umgewandelt wird, mit der Wechselstrommotoren direkt gespeist werden können) verteilt.

[Bild 4](#) zeigt eine Stromversorgungsschnittstelle, die Energie von der Sekundärseite eines Transformators (der Teil des CDM ist) zu einzelnen BDM verteilt.

- innerhalb des PDS

Es ist zu beachten, dass die Verbindung zwischen dem Wechselrichter und dem Motor oder den Motoren auch eine Stromversorgungsschnittstelle ist. Es ist die letzte Stromversorgungsschnittstelle vor der Umwandlung in mechanische Energie.

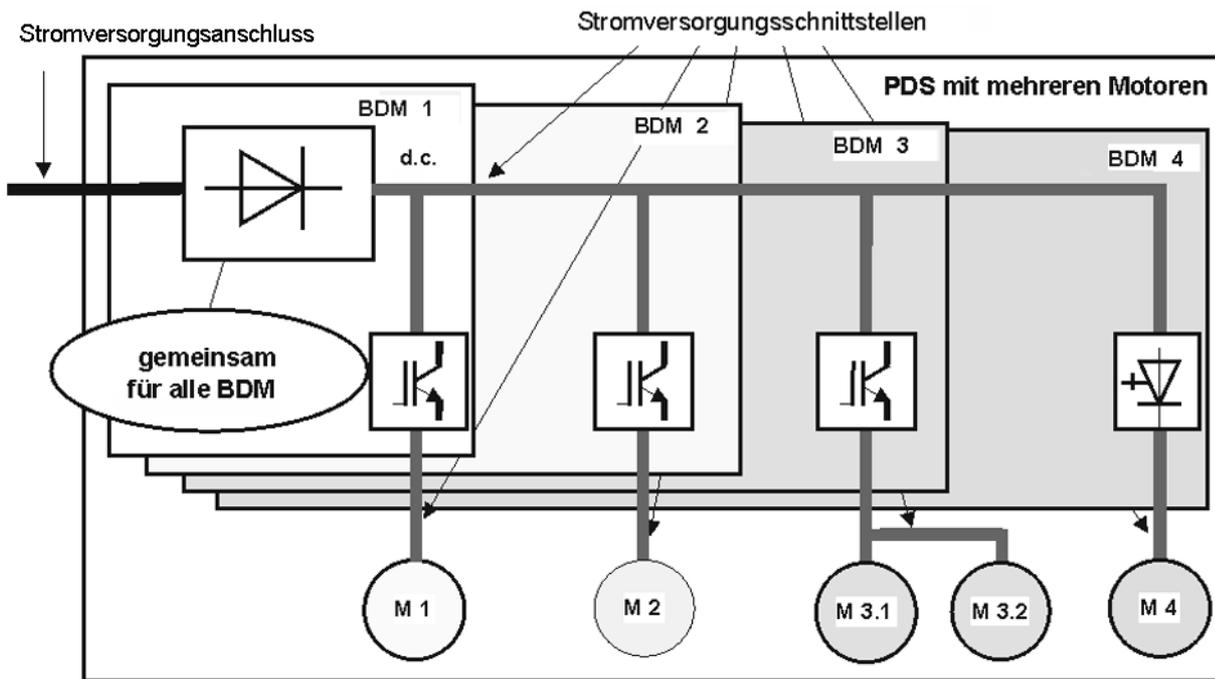


Bild 3 – Stromversorgungsschnittstellen eines PDS mit gemeinsamer Gleichstromschiene

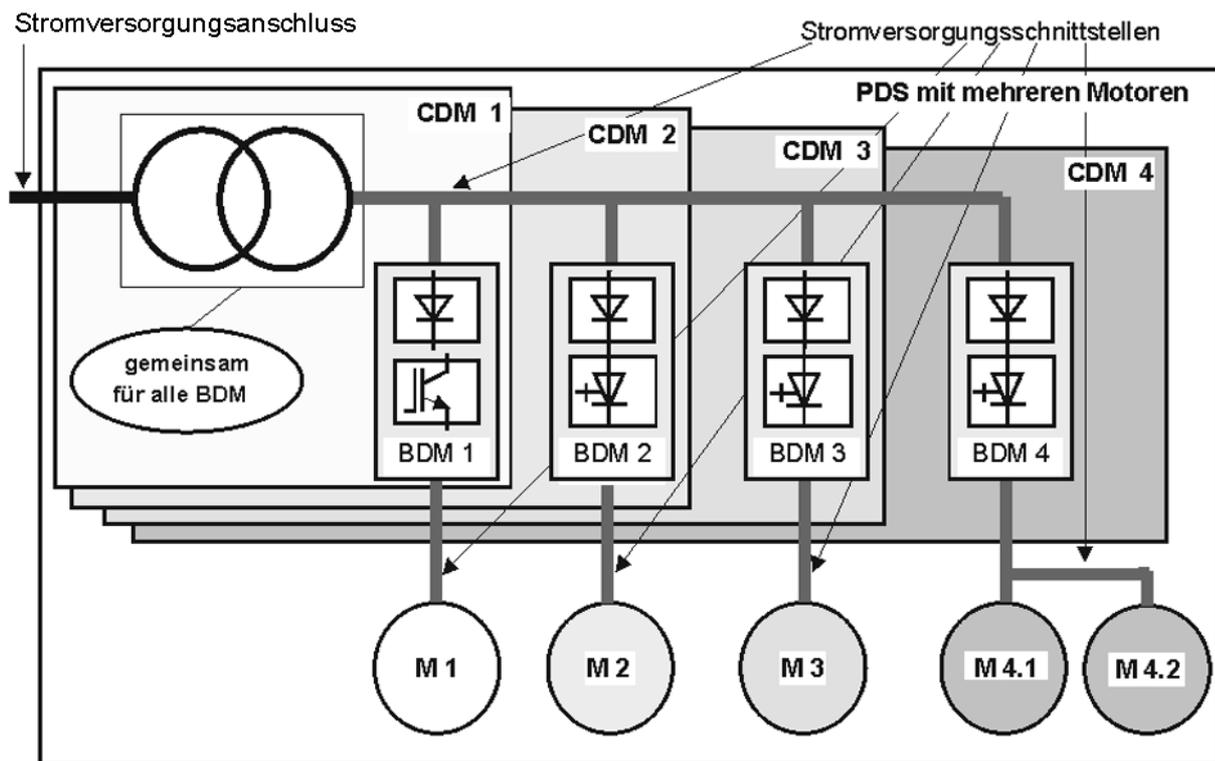


Bild 4 – Stromversorgungsschnittstellen mit einem gemeinsamen Eingangstransformator

3.3.12

PCC, IPC, PC

diese Definitionen sind in IEC 61000-2-4 angegeben

ANMERKUNG Kurz gesagt ist:

- PCC der gemeinsame Kopplungspunkt an einem öffentlichen Netz;
- IPC der anlageninterne Kopplungspunkt;
- PC der Kopplungspunkt (für jeden dieser Fälle).

3.4 Bauteile des PDS

3.4.1

Stromrichter (des BDM)

Baueinheit, die die von der Netzstromversorgung gelieferte Form der elektrischen Energie in die Form umwandelt, die in den (die) Motor(en) eingespeist wird, indem Spannung und/oder Strom und/oder Frequenz verändert werden

ANMERKUNG 1 Der Stromrichter enthält elektronische Kommutierungsgeräte und deren zugehörige Kommutierungsstromkreise. Er wird durch Transistoren, Thyristoren oder andere Leistungsschalt-Halbleiterbauelemente gesteuert.

ANMERKUNG 2 Der Stromrichter kann netzgeführt, lastgeführt oder selbstgeführt sein und z. B. aus einem oder mehreren Gleichrichter(n) oder Wechselrichter(n) bestehen.

3.4.2

Elektromotor

elektrische Maschine, die zur Umwandlung von elektrischer Energie in mechanische Energie vorgesehen ist [IEV 151-13-41]

3.4.3

Motor (des PDS)

im Sinne der vorliegenden Norm umfasst der Motor alle Messfühler, mit denen er ausgerüstet ist und die für die Unterstützung der Betriebsart und das Zusammenspiel mit einem CDM wichtig sind

3.4.4

Teilbaugruppe (des PDS)

im Sinne der vorliegenden Norm darf eine Komponente des PDS in Teilbaugruppen unterteilt werden, wobei jede von ihnen ein physikalischer Teil einer Einrichtung ist, der getrennt mit einer vom Hersteller festgelegten Eigenfunktion betrieben werden kann

ANMERKUNG Beispielsweise kann die Steuer- und Regeleinheit eines CDM eine Teilbaugruppe sein.

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Allgemeine Bedingungen

Es müssen alle Phänomene unter dem Gesichtspunkt der Störaussendung oder Störfestigkeit einzeln betrachtet werden. Die Grenzwerte werden für Bedingungen angegeben, die keine kumulativen Auswirkungen unterschiedlicher Phänomene berücksichtigen.

Für eine realistische Beurteilung der EMV-Situation muss ein typischer Aufbau gewählt werden.

Die Anwendung von Prüfungen zur Bewertung der Störfestigkeit ist von dem jeweiligen PDS, seinem Aufbau, seinen Anschlüssen, seiner Technologie und seinen Betriebsbedingungen abhängig (siehe Anhänge).

EN 61800-3:2004

4.2 Prüfungen

4.2.1 Bedingungen

In IEC 60146-1-1 und IEC 61800-2 wird zwischen Typprüfung, Stückprüfung und Sonderprüfungen unterschieden. Wenn es nicht anders angegeben ist, sind alle in der vorliegenden Norm festgelegten Prüfungen ausschließlich Typprüfungen. Wenn die Einrichtung nach den in dieser Norm festgelegten Prüfverfahren gemessen wird, muss sie die EMV-Anforderungen erfüllen.

ANMERKUNG Bedingt durch die örtliche Gesetzgebung für die Funkübertragung können einige Störfestigkeitsprüfungen Gegenstand von Bedingungen sein, die die Wahl des Ortes, an dem sie durchgeführt werden, einschränken.

Sofern erforderlich, müssen Sicherheitsvorkehrungen gegen unbeabsichtigte Auswirkungen auf den Gesamtprozess ergriffen werden, die sich aus einem Ausfall des Prüflings während der Durchführung einer EMV-Prüfung ergeben.

Falls vom Hersteller nicht anders festgelegt, muss das CDM bei den Prüfungen über ein Kabel mit einem Norm-Motor mit ausreichenden Bemessungswerten verbunden werden, und es müssen vom Hersteller festgelegte Erdungsvorschriften angewendet werden. In manchen Fällen dürfen zusätzlich passive Lastbedingungen (ohmsche oder ohmsche und induktive) angewendet werden (zum Beispiel für die Bewertung der niederfrequenten Störaussendungen).

Die Beschreibung der Prüfungen, der Prüfverfahren, der Merkmale der Prüfungen und der Prüfmittel ist in den zitierten Normen enthalten und wird hier nicht wiederholt. Falls jedoch Abänderungen oder zusätzliche Anforderungen und Angaben oder spezielle Prüfverfahren für die praktische Ausführung und Anwendung der Prüfungen erforderlich sind, werden sie in der vorliegenden Norm angegeben.

4.2.2 Prüfbericht

Die Prüfergebnisse müssen in einem Prüfbericht dokumentiert werden. Der Bericht muss klar und unzweideutig alle zutreffenden Angaben zu den Prüfungen darstellen (z. B. Lastbedingungen, Kabelverlegung usw.). Eine Funktionsbeschreibung und die genauen Annahmekriterien müssen vom Hersteller bereitgestellt und im Prüfbericht angegeben werden.

Die gewählten Prüfanordnungen müssen im Prüfbericht begründet werden. Es muss eine ausreichende Anzahl von Anschlussklemmen ausgewählt werden, um die tatsächlichen Betriebsbedingungen nachzubilden und sicherzustellen, dass alle zutreffenden Arten von Anschlussklemmen berücksichtigt sind. Die Prüfungen müssen bei der Bemessungsversorgungsspannung und in einer reproduzierbaren Art und Weise ausgeführt werden.

4.3 Unterlagen für den Anwender

Die Festlegung von Grenzwerten und der Aufbau der vorliegenden Norm basieren auf dem Verständnis, dass der Errichter und der Anwender für die Befolgung der EMV-Empfehlungen des Herstellers verantwortlich sind.

Der Hersteller muss die Unterlagen bereitstellen, die für den Errichter eines BDM oder CDM oder für den Anwender eines PDS für die richtige Errichtung in einem typischen System oder Prozess in der vorgesehenen Umgebung erforderlich sind.

Falls zur Einhaltung geforderter Grenzwerte spezielle EMV-Maßnahmen erforderlich sind, müssen diese eindeutig in den Anwenderunterlagen angegeben werden. Falls zutreffend, können das sein:

- größte und kleinste zulässige Impedanz des Versorgungsnetzes;
- Einsatz von geschirmten oder speziellen Kabeln (Versorgung und/oder Steuerung);
- Anforderungen an den Anschluss des Kabelschirms;
- höchste zulässige Kabellänge;
- Kabeltrennung;

- Einsatz von äußeren Geräten wie Filtern;
- richtiger Anschluss der Funktionserde.

Wenn in unterschiedlichen Umgebungen unterschiedliche Anforderungen an Geräte oder Verbindungen gelten, müssen auch diese angegeben werden.

Es muss ein Verzeichnis von Hilfseinrichtungen (zum Beispiel Optionen oder Verbesserungen), die zum PDS hinzugefügt werden können und die den Anforderungen an die Störfestigkeit und/oder Störaussendung entsprechen, zur Verfügung gestellt werden.

Diese Angaben dürfen auch in einigen Teilen des Prüfberichts enthalten sein, um den empfohlenen Endaufbau zu erklären.

5 Anforderungen an die Störfestigkeit

5.1 Allgemeine Bedingungen

5.1.1 Annahmekriterien (Kriterien des Betriebsverhaltens)

Das vom Hersteller erklärte Betriebsverhalten des Systems bezieht sich auf die Funktionen des BDM, des CDM oder des PDS als Ganzes.

Das vom Hersteller erklärte Betriebsverhalten von Teilbaugruppen bezieht sich auf die Funktionen der Teilbaugruppen des BDM, des CDM oder des PDS.

Das Betriebsverhalten von Teilbaugruppen darf zum Nachweis der Störfestigkeit als eine Alternative an Stelle des Betriebsverhaltens des Systems geprüft werden (siehe 5.1.2).

Obwohl dieser Teil von IEC 61800 Prüfungen an Teilbaugruppen (Bauteile des CDM/BDM) zulässt, ist er nicht für die getrennte Konformitätsbewertung von Teilbaugruppen vorgesehen.

Die Annahmekriterien müssen verwendet werden, um das Betriebsverhalten eines PDS gegenüber äußeren Störungen zu überprüfen. Aus der Sicht der EMV muss jede Anlage nach [Bild 1](#) sicher betrieben werden können. Da ein PDS Teil der funktionellen Folge eines größeren Prozesses als das PDS selbst ist, ist die Wirkung auf diesen Prozess, die durch Änderungen des Betriebsverhaltens des PDS hervorgerufen wird, schwer vorauszusagen. Dieser wichtige Gesichtspunkt für große Systeme sollte jedoch in einem EMV-Plan enthalten sein (siehe [Anhang E](#)).

Die Hauptfunktionen eines PDS sind die Energiewandlung zwischen der elektrischen und mechanischen Form sowie die Informationsverarbeitung, die zu deren Durchführung erforderlich ist.

[Tabelle 1](#) teilt die Auswirkungen einer gegebenen Störung in drei Annahmekriterien (Kriterien des Betriebsverhaltens) ein: A, B und C, sowohl für das PDS als auch für seine Teilbaugruppen.

5.1.2 Auswahl der Art des Betriebsverhaltens

5.1.2.1 Allgemeines oder spezielles Betriebsverhalten des Systems

Das allgemeine Betriebsverhalten des Systems aus [Tabelle 1](#) muss nach der speziellen Anwendung und der typischen Konfiguration des PDS festgelegt werden. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, dieses Verhalten festzulegen.

Das spezielle Betriebsverhalten des Systems, das drehmomenterzeugende Verhalten, muss nur geprüft werden, wenn es ausdrücklich in der Produktspezifikation festgelegt ist. In diesem Fall kann das drehmomenterzeugende Betriebsverhalten direkt oder indirekt geprüft werden. Die direkte Prüfung verwendet ein gegen elektromagnetische Beeinflussungen störfestes Drehmomentmessgerät, um Drehmomentstörungen zu messen.

EN 61800-3:2004

Das Drehmomentverhalten kann durch die Fähigkeit definiert werden, den Strom oder die Drehzahl innerhalb festgelegter Grenzabweichungen konstant zu halten, wenn eine Störung einwirkt (siehe auch [5.1.3](#)). Deshalb kann eine Prüfung des Stromverhaltens als indirekte Prüfung des drehmomenterzeugenden Verhaltens durchgeführt werden. Zur EMV-Beurteilung und wenn es nicht anders vereinbart wurde, wird davon ausgegangen, dass der Ausgangsstrom des Leistungsstromrichters das Drehmoment mit ausreichender Messgenauigkeit darstellt. Als eine Alternative kann die indirekte Prüfung des Drehzahlverhaltens verwendet werden unter der Voraussetzung, dass das Gesamtträgheitsmoment festgelegt ist.

5.1.2.2 Betriebsverhalten von Teilbaugruppen

Das Prüfen von Teilbaugruppen mit dem Betriebsverhalten derselben sollte in Fällen verwendet werden, wo ein PDS auf einem Prüfplatz wegen der Begrenzung der physikalischen Größe des PDS, des Stromes, der Bemessungsstromversorgungsmöglichkeiten oder der Lastbedingungen nicht in Betrieb genommen werden kann. In jedem Fall muss das Prüfmittel störfest gegen den höchsten auf das zu prüfende PDS oder die Teilbaugruppe angewendeten Störungspegel sein.

Das Prüfen der Informationsverarbeitung und der Messfühlerfunktionen einschließlich optionaler Zubehöerteile, soweit vorhanden, muss nur in Fällen durchgeführt werden, wo die entsprechenden Anschlüsse oder Schnittstellen am PDS zur Verfügung stehen. Das Prüfen des Betriebsverhaltens der Teilbaugruppen nach [Tabelle 1](#) ist beim Vorhandensein der Funktionen ausreichend, um die Übereinstimmung mit der vorliegenden Norm zu bestimmen.

Tabelle 1 – Kriterien zum Nachweis der Annahme eines PDS bei elektromagnetischen Störungen

Aspekt	Annahmekriterium (Kriterium des Betriebsverhaltens) ^a		
	A	B	C
Allgemeines Betriebsverhalten des Systems	Keine merkbaren Änderungen der Betriebskennwerte Betrieb wie vorgesehen innerhalb festgelegter Grenzabweichungen	Merkliche Änderungen (sicht- oder hörbar) der Betriebskennwerte Selbsttätige Erholung	Abschaltung, Änderungen der Betriebskennwerte Auslösung von Schutzgeräten ^b Keine selbsttätige Erholung
Spezielles Betriebsverhalten des Systems Drehmomenterzeugendes Verhalten	Drehmomentabweichung innerhalb festgelegter Grenzabweichungen	Zeitweise Drehmomentabweichung außerhalb festgelegter Grenzabweichungen Selbsttätige Erholung	Drehmomentverlust Keine selbsttätige Erholung
Betriebsverhalten von Teilbaugruppen Betrieb von Leistungselektronik und Antriebsstromkreisen	Keine Fehlfunktion eines Leistungshalbleiterbauelementes	Zeitweise Fehlfunktion, die kein unbeabsichtigtes Abschalten des PDS verursachen kann	Abschaltung, Auslösung von Schutzgeräten ^b Kein Verlust des gespeicherten Programms Kein Verlust des Anwenderprogramms Kein Verlust von Einstellungen Keine selbsttätige Erholung
Betriebsverhalten von Teilbaugruppen Informationsverarbeitung und Messfühlerfunktionen	Ungestörte Kommunikation und Datenaustausch mit externen Geräten	Zeitweise gestörte Kommunikation, jedoch keine Fehlermeldungen der internen oder externen Geräte, die eine Abschaltung verursachen könnten	Kommunikationsfehler, Verlust von Daten und Informationen Kein Verlust des gespeicherten Programms, kein Verlust des Anwenderprogramms Kein Verlust von Einstellungen Keine selbsttätige Erholung
Betriebsverhalten von Teilbaugruppen Betrieb von Anzeigen und Steuerelementen	Keine Änderungen der Information von Sichtanzeigen, nur leichte Schwankungen der Lichtstärke von LED oder leichte Bewegung der Zeichen	Sichtbare, zeitweise Änderungen der Information, unbeabsichtigte LED-Anzeigen	Abschaltung, ständiger Informationsverlust oder unzulässige Betriebsart, offensichtlich falsche Anzeigeeinformation Kein Verlust des gespeicherten Programms, kein Verlust des Anwenderprogramms Kein Verlust von Einstellungen
<p>^a Annahmekriterien A, B, C – Falsche Anläufe sind nicht zulässig. Ein falscher Anlauf ist eine unbeabsichtigte Änderung aus dem logischen Zustand „Angehalten“, der den Motor anlaufen lässt.</p> <p>^b Annahmekriterium C – Die Funktion kann durch Eingreifen der Bedienkraft wieder hergestellt werden (manuelles Rücksetzen). Ansprechen von Sicherungen ist für netzgeführte Stromrichter, die im Umkehrbetrieb arbeiten, zulässig.</p>			

5.1.3 Bedingungen während der Prüfung

Die Belastung muss innerhalb der Herstellerspezifikation liegen, und die tatsächliche Last muss im Prüfbericht angegeben werden.

Das Prüfen sowohl des drehmomenterzeugenden Verhaltens als auch der Informationsverarbeitung und der Messfühlerfunktionen erfordern spezielle Prüfausrüstungen mit angepasster Störfestigkeit gegen die parasitäre Einkopplung der Prüfstörung. Es kann nur angewendet werden, wenn die Störfestigkeit der Prüfmittel durch Referenzmessungen nachweisbar ist. Die Bewertung der Drehmomentstörung kann durch einen Drehmomentwandler oder durch Messung oder Berechnung des drehmomenterzeugenden Stromes oder andere indirekte Verfahren vorgenommen werden; eine angepasste und störfeste Last muss am Prüfplatz zur Verfügung stehen.

EN 61800-3:2004

Für das Prüfen des Betriebsverhaltens der Informationsverarbeitung oder der Messfühlerfunktion muss eine geeignete Einrichtung zur Verfügung stehen, um die Datenkommunikation oder Datenbeurteilung nachzubilden. Diese Einrichtung muss eine ausreichende Störfestigkeit aufweisen, um einen korrekten Betrieb während der Prüfung sicherzustellen.

Da der Motor von seinem Hersteller nach den entsprechenden Normen geprüft wurde, erfordert der Motor des PDS mit Ausnahme der Messfühler keine zusätzliche Prüfung der EMV-Störfestigkeit. Daher sind, während der Motor für die Dauer der Prüfung mit dem BDM/CDM verbunden ist, keine EMV-Störfestigkeitsprüfungen am Motor selbst erforderlich.

Die Prüfungen müssen an den zutreffenden Anschlüssen, wo diese vorhanden sind, einschließlich jener für optionale Zubehörteile, sofern vorhanden, angewendet werden. Diese müssen in einer vorher festgelegten und reproduzierbaren Art und Weise Anschluss für Anschluss durchgeführt werden. Sofern jedoch mehrere Prozessmess- und Steuer- und Regelanschlüsse oder Signalschnittstellen denselben physikalischen Aufbau (Layout) haben, ist es ausreichend, einen Anschluss oder eine Schnittstelle von dieser Art zu prüfen.

In 5.2 und 5.3 sind die Mindestanforderungen, Prüfungen und Annahmekriterien angegeben. Die Annahmekriterien beziehen sich auf 5.1.1.

5.2 Grundlegende Anforderungen an die Störfestigkeit – niederfrequente Störungen

5.2.1 Allgemeine Grundsätze

Die Anforderungen in diesem Abschnitt müssen bei der Auslegung der Störfestigkeit eines PDS gegen niederfrequente Störungen angewendet werden.

Für die Anforderungen an die Störfestigkeit darf der Hersteller unter Anwendung von Prüfung, Berechnung oder Nachbildung die Übereinstimmung nachweisen. Wenn es nicht anders angegeben ist, reicht der Nachweis aus, dass der Versorgungsstromkreis den geforderten Annahmekriterien entspricht und dass die Bemessungswerte der Eingangsstromkreise (Filter usw.) nicht überschritten werden.

ANMERKUNG 1 Einige dieser Phänomene werden in den Fachgrundnormen nicht gefordert, sie sind aber wichtig für die Dimensionierung des Versorgungsstromkreises des PDS. Es ist schwierig, die Störfestigkeit gegen viele dieser Phänomene zu prüfen, besonders wenn der Eingangsstromkreis Werte von 16 A oder die Versorgungsspannung 400 V überschreitet. Die Erfahrung vieler Jahre hat jedoch gezeigt, dass bei ordnungsgemäßer Funktion des Versorgungsstromkreises der Steuerungsteil und Hilfseinrichtungen im Allgemeinen störfest sind. Das liegt an der natürlichen Entkopplung im PDS. Beispiele für eine solche Entkopplung liefern die Stromversorgungen und die Zeitkonstanten von Hilfseinrichtungen wie Lüftern.

Die Übereinstimmung mit den Anforderungen des vorliegenden Teils der IEC 61800 muss in den Anwenderunterlagen angegeben werden. Wo die Übereinstimmung durch Prüfungen nachgewiesen wird, darf die zutreffende Grundnorm der Normenreihe IEC 61000-4 berücksichtigt werden (siehe B.7).

ANMERKUNG 2 Die elektrischen Betriebsbedingungen für die Netz- und Hilfsstromversorgung, sofern vorhanden, sind bereits in den Betriebsbedingungen des PDS in der entsprechenden Norm IEC 61800-1, IEC 61800-2 oder IEC 61800-4 definiert. Diese Betriebsbedingungen schließen Frequenzänderungen, Änderungsgeschwindigkeit der Frequenz, Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen, Spannungsunsymmetrie, Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche ein.

ANMERKUNG 3 Mögliche Folgen der Überschreitung der angegebenen Pegel (nach IEC 60146-2) sind:

- F funktionell mit Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens;
- T Auslösung oder Betriebsunterbrechung durch Schutzgeräte;
- D Dauerschäden (Sicherungen zulässig).

Solche Folgen sollten nicht als EMV-betreffend angesehen werden, jedoch als Teil einer Sicherheitsanalyse, wenn zutreffend.

5.2.2 Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche/Spannungsverzerrung

5.2.2.1 Niederspannungs-PDS – (Spannungsverzerrung)

Das PDS oder das BDM/CDM muss den in Tabelle 2 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Es muss nachgewiesen werden, dass diese Pegel nicht dazu führen, dass die Bemessungswerte von Eingangstromkreisen (Filter usw.) überschritten werden. Die Analyse der Kommutierungseinbrüche muss im Zeitbereich erfolgen. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nach 5.2.1 nachweisen.

ANMERKUNG Die Frequenzbereichsanalyse des Beitrags von Einbrüchen zum Oberschwingungsgehalt legt bestimmte Arten schädlicher Wirkungen nicht vollständig offen, siehe B.1.

Tabelle 2 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche/Spannungsverzerrung an Stromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS

Phänomen	Erste Umgebung		Zweite Umgebung		Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
	Referenzdokument	Pegel	Referenzdokument	Pegel	
Oberschwingungen (<i>THD</i> und Oberschwingungen einzelner Ordnungszahlen)	IEC 61000-2-2	Wert des Verträglichkeitspegels	IEC 61000-2-4 Klasse 3	Wert des Verträglichkeitspegels	A
Kurzzeitige Oberschwingungen (< 15 s)	IEC 61000-2-2	1,5facher Dauerträglichkeitspegel	IEC 61000-2-4 Klasse 3	1,5facher Dauerträglichkeitspegel	B
Kommutierungseinbrüche	IEC 61000-1-1	Keine Anforderung	IEC 60146-1-1 Klasse B	Tiefe = 40 %, Gesamtfläche = 250 in % × Grad	A

5.2.2.2 PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V – (Spannungsverzerrung)

5.2.2.2.1 Hauptstromversorgungsanschluss

Das PDS oder das BDM/CDM muss den in Tabelle 3 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Es muss nachgewiesen werden, dass diese Pegel nicht dazu führen, dass die Bemessungswerte von Eingangstromkreisen (Filter usw.) überschritten werden. Die Analyse der Kommutierungseinbrüche muss im Zeitbereich erfolgen. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nach 5.2.1 nachweisen.

ANMERKUNG Die Frequenzbereichsanalyse des Beitrags von Einbrüchen zum Oberschwingungsgehalt legt bestimmte Arten schädlicher Wirkungen nicht vollständig offen, siehe B.1.

Tabelle 3 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche/Spannungsverzerrung für Hauptstromversorgungsanschlüsse von PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V

Phänomen	Referenzdokument	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Oberschwingungen (<i>THD</i> und Oberschwingungen einzelner Ordnungszahlen)	IEC 61000-2-4 Klasse 3	Wert des Verträglichkeitspegels	A ^a
Kurzzeitige Oberschwingungen (< 15 s)	IEC 61000-2-4 Klasse 2	1,5facher Dauerverträglichkeitspegel	A ^a
Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl, gleich bleibend	IEC 61000-2-4 Klasse 2	Wert des Verträglichkeitspegels	A ^b
Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl, kurzzeitig (< 15 s)	IEC 61000-2-4 Klasse 2	1,5facher Dauerverträglichkeitspegel	B ^a
Kommutierungseinbrüche	IEC 60146-1-1	Tiefe = 40 % U_{LWM} (Klasse B) Fläche ^c = 125 in % × Grad (Klasse C)	A ^a
^a Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist T (siehe 5.2.1, Anmerkung 3). ^b Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist F (siehe 5.2.1, Anmerkung 3). ^c Für die Primärseite des Transformators ist die Klasse C nach IEC 60146-1-1 passend.			

5.2.2.2 Hilfsstromversorgungsanschluss

Die Hilfsstromversorgungsanschlüsse von PDS müssen den in Tabelle 4 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Es muss nachgewiesen werden, dass diese Pegel nicht dazu führen, dass die Bemessungswerte von Eingangsstromkreisen (Filter usw.) überschritten werden. Die Analyse der Kommutierungseinbrüche muss im Zeitbereich erfolgen. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nach 5.2.1 nachweisen.

ANMERKUNG Die Frequenzbereichsanalyse des Beitrags von Einbrüchen zum Oberschwingungsgehalt legt bestimmte Arten schädlicher Wirkungen nicht vollständig offen, siehe B.1.

Tabelle 4 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche/Spannungsverzerrung für Niederspannungs-Hilfsstromversorgungsanschlüsse von PDS

Phänomen	Referenzdokument	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Oberschwingungen (<i>THD</i> und Oberschwingungen einzelner Ordnungszahlen)	IEC 61000-2-4 Klasse 2	Wert des Verträglichkeitspegels	A ^a
Kurzzeitige Oberschwingungen (< 15 s)	IEC 61000-2-4 Klasse 2	1,5facher Dauerverträglichkeitspegel	A ^a
Kommutierungseinbrüche	IEC 60146-1-1	Tiefe = 40 % U_{LWM} Fläche ^b = 250 in % × Grad	A ^a
^a Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist T (siehe 5.2.1, Anmerkung 3). ^b Nach IEC 60146-1-1, Klasse B.			

5.2.3 Spannungsabweichungen (-änderungen, -wechsel, -schwankungen), Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen

5.2.3.1 Niederspannungs-PDS (Spannungsabweichungen)

Das PDS oder das BDM/CDM muss den in Tabelle 5 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nach 5.2.1 nachweisen.

Tabelle 5 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsabweichungen, Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen an Stromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS

Phänomen	Erste Umgebung		Zweite Umgebung		Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
	Referenzdokument	Pegel	Referenzdokument	Pegel	
Spannungsabweichungen	IEC 61000-2-2	± 10 %	IEC 61000-2-4 Klasse 2	± 10 % ^a	A ^b
Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen	IEC 61000-2-1 ^c	Tiefe 10 % bis 100 %	IEC 61000-2-1 ^c	Tiefe 10 % bis 100 %	C ^d
<p>^a Falls die Klasse 3 nach IEC 61000-2-4 erforderlich ist, sollte dies zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.</p> <p>^b Wenn die Spannung unter dem Nennwert liegt, dürfen die Bemessungshöchstwerte der Ausgangsleistung – Drehzahl und/oder Drehmoment – wegen ihrer Spannungsabhängigkeit verringert werden.</p> <p>^c Übliche Tiefen und Dauern von Spannungseinbrüchen sind in IEC 61000-2-1, 8.1.2, angegeben.</p> <p>^d Das Ansprechen von Sicherungen ist für netzgeführte Stromrichter, die im Umkehrbetrieb arbeiten, zulässig.</p>					

ANMERKUNG 1 Ein PDS wird zur Energiewandlung verwendet und ein Spannungseinbruch stellt einen Verlust der zur Verfügung stehenden Energie dar. Es kann aus Sicherheitsgründen erforderlich sein, selbst während eines Spannungseinbruchs von 30 % bis 50 % der Amplitude und einer Dauer von 0,3 s die Sicherheitseinrichtungen auszulösen.

ANMERKUNG 2 Eine absinkende Eingangsspannung, selbst für eine Dauer von wenigen Millisekunden, kann zu einem Ansprechen der Sicherungen führen, wenn sie an einem netzgeführten Thyristor-Stromrichter anliegt, der sich im generatorischen Betrieb befindet.

ANMERKUNG 3 Die Auswirkung eines Spannungseinbruchs (Energieverringering) auf den Prozess kann ohne detaillierte Kenntnis des jeweiligen Prozesses nicht festgelegt werden. Die Auswirkung ist ein System- und Bemessungsaspekt und wird im Allgemeinen am größten sein, wenn der Leistungsbedarf (einschließlich der Verluste) am PDS größer als die zur Verfügung stehende Leistung ist.

Wo es möglich und nicht gefährlich ist, darf das Verhalten des PDS während kurzzeitiger Spannungsunterbrechungen durch Ab- und Anschalten der Netzstromversorgung während der Nenn-Betriebsbedingungen des PDS nachgewiesen werden (siehe B.6.1).

Der Hersteller muss in den Anwenderunterlagen die Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens während Spannungseinbrüchen und kurzzeitiger Spannungsunterbrechungen angeben.

ANMERKUNG 4 Verbesserungen der Störfestigkeit (Einsatz von unterbrechungsfreien Stromversorgungen (UVS), Notstromversorgungen, Verringerung der Bemessungsleistung usw.) können zu bedeutender Erhöhung der Baugröße und Kosten des PDS führen und den Wirkungsgrad oder den Leistungsfaktor verringern. Betriebsarten, wie z. B. automatischer Wiederanlauf, können Konsequenzen für die Sicherheit haben und sind nicht in der vorliegenden Norm enthalten.

EN 61800-3:2004

5.2.3.2 PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V (Spannungsabweichung)

5.2.3.2.1 Hauptstromversorgungsanschluss

Die Hauptstromversorgungsanschlüsse von PDS müssen den in Tabelle 6 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nach 5.2.1 nachweisen.

Tabelle 6 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsabweichungen, Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen an Hauptstromversorgungsanschlüssen von PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V

Phänomen	Referenzdokument	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Spannungsabweichungen über 1 min	IEC 61000-2-4 Klasse 3	$\pm 10 \%$	A ^a
Spannungsabweichungen unter 1 min	IEC 61000-2-4 Klasse 3	Höchste Sprungamplitude: 12 % der Nennspannung innerhalb des Grenzabweichungsbereiches	A ^a
Spannungswechsel	IEC 61000-2-4 Klasse 3	Mindestzeit zwischen den Sprüngen: 2 s	A ^a
Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen	IEC 61000-2-1 ^b	Tiefe und Dauer: 15 % bis 50 % und $t \leq 100$ ms 15 % bis 100 %	B, C ^c C

^a Wenn die Spannung unter dem Nennwert liegt, dürfen die Bemessungshöchstwerte der Ausgangsleistung – Drehzahl und/oder Drehmoment – wegen ihrer Spannungsabhängigkeit verringert werden.
Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist T oder D (siehe 5.2.1, Anmerkung 3), im letzteren Fall sollte der Systemlieferer Angaben zum tatsächlichen Verhalten des PDS bereitstellen.

^b Übliche Tiefen und Dauern von Spannungseinbrüchen sind in IEC 61000-2-1, 8.1.2, angegeben.

^c Kriterium C gilt nur für netz- oder lastgeführte Stromrichter mit Thyristorsteuerung.

Der Hersteller muss in den Anwenderunterlagen die Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens während Spannungseinbrüchen und kurzzeitigen Spannungsunterbrechungen angeben.

5.2.3.2.2 Hilfsstromversorgungsanschluss

Die Hilfsstromversorgungsanschlüsse von PDS müssen den in [Tabelle 7](#) angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nachweisen.

Tabelle 7 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsabweichungen, Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen an Niederspannungs-Hilfsstromversorgungsanschlüssen von PDS

Phänomen	Referenzdokument	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Spannungsabweichungen über 1 min	IEC 61000-2-4 Klasse 3	± 10 %	A ^a
Spannungsabweichungen unter 1 min	IEC 61000-2-4 Klasse 3	+ 10 % bis – 15 %	A ^a
Spannungseinbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen	IEC 61000-2-1 ^b	Tiefe und Dauer: 15 % bis 50 % und $t \leq 100$ ms	B
		15 % bis 100 % und $t \leq 5$ s	B
^a Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist T (siehe 5.2.1, Anmerkung 2). ^b Übliche Tiefen und Dauern von Spannungseinbrüchen sind in IEC 61000-2-1, 8.1.2, angegeben.			

5.2.4 Spannungsunsymmetrie und Frequenzänderungen

5.2.4.1 Niederspannungs-PDS

Definition und Bewertung der Spannungsunsymmetrie sind in B.5.2 erläutert.

Das PDS oder das BDM/CDM muss den in Tabelle 8 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nachweisen.

Tabelle 8 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsunsymmetrie und Frequenzänderungen an Stromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS

Phänomen	Erste Umgebung		Zweite Umgebung		Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
	Referenzdokument	Pegel	Referenzdokument	Pegel	
Spannungsunsymmetrie ^a	IEC 61000-2-2	2 % der Gegenkomponente	IEC 61000-2-4 Klasse 3	3 % der Gegenkomponente	A
Frequenzänderungen	IEC 61000-2-2	± 2 %	IEC 61000-2-4	± 2 % ± 4 %, wenn die Stromversorgung von öffentlichen Stromversorgungsnetzen getrennt ist	A
Geschwindigkeit des Frequenzwechsels		1 %/s		± 1 %/s ± 2 %/s, wenn die Stromversorgung von öffentlichen Stromversorgungsnetzen getrennt ist	A
^a Nicht zutreffend für Einphasen-PDS.					

5.2.4.2 PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V

5.2.4.2.1 Hauptstromversorgungsanschluss

Definition und Bewertung der Spannungsunsymmetrie sind in B.5.2 erläutert.

Das PDS oder das BDM/CDM muss den in Tabelle 9 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nachweisen.

Tabelle 9 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsunsymmetrie und Frequenzänderungen an Hauptstromversorgungsanschlüssen von PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V

Phänomen	Referenzdokument	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Spannungsunsymmetrie	IEC 61000-2-4 Klasse 2	2 % der Gegenkomponente	A ^a
Frequenzänderungen	IEC 61000-2-4	± 2 % ± 4 %, wenn die Stromversorgung von öffentlichen Stromversorgungsnetzen getrennt ist	A ^b A ^c
Geschwindigkeit des Frequenzwechsels		± 1 %/s ± 2 %/s, wenn die Stromversorgung von öffentlichen Stromversorgungsnetzen getrennt ist	A ^b A ^c
<p>^a Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist F oder T. Im letzteren Fall sollte der Systemlieferant Angaben zum tatsächlichen Verhalten des PDS bereitstellen (siehe 5.2.1, Anmerkung 3).</p> <p>^b Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist F (siehe 5.2.1, Anmerkung 3).</p> <p>^c Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist T (siehe 5.2.1, Anmerkung 3).</p>			

5.2.4.2 Hilfsstromversorgungsanschluss

Definition und Bewertung der Spannungsunsymmetrie sind in B.5.2 erläutert.

Die Hilfsstromversorgungsanschlüsse von PDS müssen den in Tabelle 10 angegebenen Störfestigkeitspegeln standhalten. Der Hersteller darf die Störfestigkeit durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nachweisen.

Tabelle 10 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit gegen Spannungsunsymmetrie und Frequenzänderungen an Hilfsstromversorgungsanschlüssen von Niederspannungs-PDS

Phänomen	Referenzdokument	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Spannungsunsymmetrie	IEC 61000-2-4 Klasse 3	3 % der Gegenkomponente	A ^a
Frequenzänderungen	IEC 61000-2-4	± 2 % ± 4 %, wenn die Stromversorgung von öffentlichen Stromversorgungsnetzen getrennt ist	A ^b A ^c
<p>^a Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist F oder T. Im letzteren Fall sollte der Systemlieferant Angaben zum tatsächlichen Verhalten des PDS bereitstellen (siehe 5.2.1, Anmerkung 3).</p> <p>^b Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist F (siehe 5.2.1, Anmerkung 3).</p> <p>^c Die mögliche Folge der Überschreitung des Pegels ist T (siehe 5.2.1, Anmerkung 3).</p>			

5.2.5 Einflüsse des Versorgungsnetzes – Magnetfelder

Störfestigkeitsprüfungen nach IEC 61000-4-8 sind nicht erforderlich (Erläuterung siehe A.3.1).

5.3 Grundlegende Anforderungen an die Störfestigkeit – hochfrequente Störungen

5.3.1 Bedingungen

Die nachfolgenden Tabellen 11 und 12 geben die Mindestanforderungen an die Störfestigkeit für Prüfungen von hochfrequenten Störungen sowie Annahmekriterien an. Die Annahmekriterien beziehen sich auf 5.1.1. Erläuterungen sind in A.3 angegeben.

5.3.2 Erste Umgebung

Die in Tabelle 11 angegebenen Pegel gelten für PDS, die für den Einsatz in der ersten Umgebung vorgesehen sind.

Falls ein CDM/BDM für eine Störfestigkeit nach Tabelle 11 ausgelegt ist, muss die Gebrauchsanweisung eine schriftliche Warnung enthalten, die angibt, dass es nicht für den Einsatz in einer industriellen Umgebung vorgesehen ist.

Tabelle 11 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit für PDS, die für den Einsatz in der ersten Umgebung vorgesehen sind

Anschluss	Phänomen	Grundnorm für das Prüfverfahren	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Gehäuse	Elektrostatische Entladung	IEC 61000-4-2	4 kV CD oder 8 kV AD wenn CD nicht möglich	B
	Hochfrequentes elektromagnetisches Feld, amplitudenmoduliert	IEC 61000-4-3, siehe auch 5.3.4	80 MHz bis 1 000 MHz 3 V/m 80 % AM (1 kHz)	A
Stromversorgungsanschlüsse	Schnelle Transienten, Burst	IEC 61000-4-4	1 kV/5 kHz ^a	B
	Stoßspannung ^b 1,2/50 µs, 8/20 µs	IEC 61000-4-5	1 kV ^c 2 kV ^d	B
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung	IEC 61000-4-6, siehe auch 5.3.4	0,15 MHz bis 80 MHz 3 V 80 % AM (1 kHz)	A
Stromversorgungsschnittstellen	Schnelle Transienten, Burst ^e	IEC 61000-4-4	1 kV/5 kHz Kapazitive Koppelzange	B
Anschlüsse für Prozessmess- und Regelleitungen sowie Signalschnittstellen	Schnelle Transienten, Burst ^e	IEC 61000-4-4	1 kV/5 kHz Kapazitive Koppelzange	B
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung ^e	IEC 61000-4-6, siehe auch 5.3.4	0,15 MHz bis 80 MHz 3 V 80 % AM (1 kHz)	A
CD = Kontaktentladung AD = Luftentladung AM = Amplitudenmodulation				
<p>^a Stromversorgungsanschlüsse mit einer Bemessungsstromstärke < 100 A: direkte Einkopplung unter Verwendung eines Koppel- und Entkoppelnetzwerkes. Stromversorgungsanschlüsse mit einer Bemessungsstromstärke ≥ 100 A: direkte Einkopplung oder kapazitive Koppelzange ohne Entkopplungsnetzwerk. Falls die kapazitive Koppelzange verwendet wird, beträgt der Prüfpegel 2 kV/5 kHz.</p> <p>^b Gilt nur für Stromversorgungsanschlüsse mit einer Stromaufnahme < 63 A bei Schwachlast-Prüfbedingungen nach Festlegung in 5.1.3. Die Bemessungsstoßspannung der Basisisolierung darf nicht überschritten werden (siehe IEC 60664-1).</p> <p>^c Einkopplung Außenleiter gegen Außenleiter.</p> <p>^d Einkopplung Außenleiter gegen Erdpotenzial.</p> <p>^e Gilt nur für Anschlüsse oder Schnittstellen mit Kabeln, deren Gesamtlänge nach Funktionsspezifikation des Herstellers 3 m überschreiten kann.</p>				

EN 61800-3:2004

5.3.3 Zweite Umgebung

Die in [Tabelle 12](#) angegebenen Pegel müssen für PDS angewendet werden, die für den Einsatz in der zweiten Umgebung vorgesehen sind. Sie gelten auch für die Niederspannungsanschlüsse oder die Niederspannungsschnittstellen (Stromversorgungs-, Signalschnittstellen) von PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V.

ANMERKUNG Beispiele für Niederspannungsanschlüsse und -schnittstellen eines PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V sind nachfolgende:

NS-Gehäuse	Gehäuse von Hilfs-, Steuer- und Regel- sowie Schutzeinrichtungen;
NS-Stromversorgungsanschlüsse	NS-Stromversorgung von PDS;
NS-Stromversorgungsschnittstelle	Hilfsstromverteilungsanschlüsse in Hauptbaugruppen von PDS;
NS-Signalschnittstellen	NS-Signalschnittstellen in Hauptbaugruppen von PDS;
NS-Prozessanschluss	Signalanschluss des PDS.

Tabelle 12 – Mindestanforderungen an die Störfestigkeit für PDS, die für den Einsatz in der zweiten Umgebung vorgesehen sind

Anschluss	Phänomen	Grundnorm für das Prüfverfahren	Pegel	Kriterium des Betriebsverhaltens (Annahmekriterium)
Gehäuse	Elektrostatische Entladung	IEC 61000-4-2	4 kV CD oder 8 kV AD wenn CD nicht möglich	B
	Hochfrequentes elektromagnetisches Feld, amplitudenmoduliert	IEC 61000-4-3, siehe auch 5.3.4	80 MHz bis 1 000 MHz 10 V/m 80 % AM (1 kHz)	A
Stromversorgungsanschlüsse	Schnelle Transienten, Burst	IEC 61000-4-4	2 kV/5 kHz ^a	B
	Stoßspannung ^b 1,2/50 µs, 8/20 µs	IEC 61000-4-5	1 kV ^c 2 kV ^d	B
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung ^e	IEC 61000-4-6, siehe aber auch 5.3.4	0,15 MHz bis 80 MHz 10 V 80 % AM (1 kHz)	A
Stromversorgungsschnittstellen	Schnelle Transienten, Burst ^e	IEC 61000-4-4	2 kV/5 kHz Kapazitive Koppelzange	B
Signalschnittstellen	Schnelle Transienten, Burst ^e	IEC 61000-4-4	1 kV/5 kHz Kapazitive Koppelzange	B
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung ^e	IEC 61000-4-6, siehe aber auch 5.3.4	0,15 MHz bis 80 MHz 10 V 80 % AM (1 kHz)	A
Anschlüsse für Prozessmess- und -regelungen	Schnelle Transienten, Burst ^e	IEC 61000-4-4	2 kV/5 kHz Kapazitive Koppelzange	B
	Stoßspannung ^f 1,2/50 µs, 8/20 µs	IEC 61000-4-5	1 kV ^{d,f}	B
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung ^e	IEC 61000-4-6, siehe aber auch 5.3.4	0,15 MHz bis 80 MHz 10 V 80 % AM (1 kHz)	A
CD = Kontaktentladung AD = Luftentladung AM = Amplitudenmodulation				
<p>^a Stromversorgungsanschlüsse mit einer Bemessungsstromstärke < 100 A: direkte Einkopplung unter Verwendung eines Koppel- und Entkoppelnetzwerkes. Stromversorgungsanschlüsse mit einer Bemessungsstromstärke ≥ 100 A: direkte Einkopplung oder kapazitive Koppelzange ohne Entkopplungsnetzwerk. Falls die kapazitive Koppelzange verwendet wird, beträgt der Prüfpegel 4 kV/2,5 kHz.</p> <p>^b Gilt nur für Stromversorgungsanschlüsse mit einer Stromaufnahme < 63 A bei Schwachlast-Prüfbedingungen nach Festlegung in 5.1.3. Die Bemessungsstoßspannung der Basisisolierung darf nicht überschritten werden (siehe IEC 60664-1).</p> <p>^c Einkopplung Außenleiter gegen Außenleiter.</p> <p>^d Einkopplung Außenleiter gegen Erdpotenzial.</p> <p>^e Gilt nur für Anschlüsse oder Schnittstellen mit Kabeln, deren Gesamtlänge nach Funktionsspezifikation des Herstellers 3 m überschreiten kann.</p> <p>^f Gilt nur für Anschlüsse mit Kabeln, deren Gesamtlänge nach Funktionsspezifikation des Herstellers 30 m überschreiten kann. Bei einem geschirmten Kabel erfolgt eine direkte Kopplung des Schirmes. Diese Anforderung an die Störfestigkeit gilt nicht für Feldbusse oder andere Signalschnittstellen, bei denen der Einsatz von Überspannungsschutzeinrichtungen aus technischen Gründen nicht möglich ist. Die Prüfung ist nicht erforderlich, wenn aufgrund des Einflusses des Einkopplungs-/Entkopplungsnetzwerkes an der zu prüfenden Einrichtung eine bestimmungsgemäße Funktionsweise nicht erreicht werden kann.</p>				

Diese Phänomene treffen nicht für die Anwendung an Anschlüssen mit einer Bemessungsisolationsspannung über 1 000 V zu. Zur Vereinfachung werden diese Anschlüsse als Hochspannungsanschlüsse (HS) von PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V bezeichnet.

EN 61800-3:2004

ANMERKUNG Beispiele für Hochspannungsanschlüsse und -schnittstellen eines PDS mit Bemessungsspannungen über 1 000 V sind nachfolgende:

HS-Gehäuse	Gehäuse von Transformator, Stromrichterabschnitt und Motor;
HS-Stromversorgungsanschluss	Primärseite des Transformators;
HS-Stromversorgungsschnittstellen	HS-Verteilung in Hauptbaugruppen von PDS;
HS-Signalschnittstellen	HS-Signalschnittstellen in Hauptbaugruppen von PDS.

5.3.4 Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder

Falls das PDS nachfolgenden Bedingungen genügt:

- Bemessungsspannung kleiner als 500 V,
- Bemessungsstrom kleiner als 200 A,
- Gesamtmasse kleiner als 250 kg und
- Höhe, Breite sowie Tiefe kleiner als 1,9 m,

müssen die Prüfungen nach IEC 61000-4-3 und IEC 61000-4-6 durchgeführt werden, siehe [5.3.2](#) und [5.3.3](#).

Falls das PDS größer ist oder höhere Bemessungswerte hat als im vorstehenden Absatz, muss der Hersteller auswählen, entweder

- die Durchführung der Prüfungen nach IEC 61000-4-3 und IEC 61000-4-6 am PDS oder
- die Durchführung der Prüfungen nach IEC 61000-4-3 und IEC 61000-4-6 an empfindlichen Teilbaugruppen.

Falls der Motor zur Inbetriebnahme auf einem Prüfplatz zu groß ist, darf er unter der Voraussetzung durch einen mit kleinerer Größe ersetzt werden, dass er die Betriebsweise des CDM/BDM nicht nachteilig beeinflusst.

Im Falle, wo nur Teilbaugruppen geprüft wurden, sollte eine Prüfung nach der Beschreibung in [A.3.2.2](#) gegen Funksprechgeräte mit allgemeinem industriellen Einsatz am vollständigen PDS durchgeführt werden. Diese Prüfung gilt nur für spezielle Einsatzorte, installierte Einrichtungen und geprüfte Frequenzen.

5.4 Anwendung von Anforderungen an die Störfestigkeit – statistische Betrachtungsweise

Bei der Auswahl der Annahmestufe für eine spezielle Prüfung eines PDS muss berücksichtigt werden, dass das Prüfergebnis nur auf eine Wahrscheinlichkeit des Betriebsverhaltens schließen lässt. Diese Wahrscheinlichkeit muss in Abhängigkeit vom Annahmekriterium und der Anwendung eines PDS bei der Festlegung der Anzahl der Prüfpulse oder der Prüfungsdauer berücksichtigt werden.

Die Anforderungen an die Störfestigkeit nach [5.3](#) müssen durch Durchführung einer Typprüfung an einer repräsentativen Einheit nachgewiesen werden. Der Hersteller oder Lieferant muss sicherstellen, dass das EMV-Betriebsverhalten des Produktes durch Anwendung von Qualitätsüberwachungsverfahren in der Produktion beibehalten wird.

Messergebnisse, die für ein PDS erhalten werden, das an seinem Einsatzort errichtet ist (nicht auf einem Prüfplatz), dürfen sich nur auf diese Anlage beziehen.

6 Störaussendung

6.1 Allgemeine Anforderungen an die Störaussendung

Die Messungen müssen in einer Betriebsart durchgeführt werden, die die größte Störaussendung im Frequenzband erzeugt, wobei sie der bestimmungsgemäßen Anwendung entspricht.

[Tabelle 13](#) fasst die Anforderungen nach der Kategorisierung des PDS zusammen (siehe [3.2](#)).

Tabelle 13 – Zusammenfassung der Anforderungen an die Störaussendung

Kategorie	Niederfrequenz (Stromversorgungsanschluss)	Störspannung (Stromversorgungsanschluss)	Feldgebundene Störaussendung (Gehäuse u. a.)
Kategorie C1	Produktbewertung, Anforderungen: 6.2.2, 6.2.3.1 oder 6.2.3.2, 6.2.4, 6.2.5 Lastbedingungen: B.2.3.3 und B.3.2 Erste Umgebung	Produktbewertung: 6.4.1.1 – Tabelle 14	Produktbewertung: 6.4.1.3 – Tabelle 15 und 6.4.1.2 und 6.4.1.4
Kategorie C2	Produktbewertung, Anforderungen: 6.2.2, 6.2.3.1 oder 6.2.3.2, 6.2.4, 6.2.5 Lastbedingungen: B.2.3.3 und B.3.2 Erste Umgebung oder öffentliches Netz	Produktbewertung: 6.4.1.1 – Tabelle 14 Warnhinweis in der Gebrauchsanweisung	Produktbewertung: 6.4.1.3 – Tabelle 15 und 6.4.1.2 und 6.4.1.4 Warnhinweis in der Gebrauchsanweisung
Kategorie C3	Anforderungen: 6.2.2, 6.2.3.3, 6.2.4, 6.2.5 Lastbedingungen: B.2.3.3 und allgemeine Regeln B.3.3 und B.4 Zweite Umgebung	Produktbewertung: 6.4.2.1 und 6.4.2.2 – Tabelle 17 Warnhinweis in der Gebrauchsanweisung	Produktbewertung: 6.4.2.3 und 6.4.2.4 – Tabelle 18 Warnhinweis in der Gebrauchsanweisung
Kategorie C4	Technische Praxis, Anforderungen: 6.2.2, 6.2.3.3, 6.2.4, 6.2.5 Lastbedingungen: B.2.3.3 und allgemeine Regeln B.3.3 und B.4 Zweite Umgebung	Technische Praxis: entweder 6.4.2.1 und 6.4.2.2 – Tabelle 17 oder 6.5.1 – EMV-Plan und 6.5.2 – Tabellen 19 und 20	Technische Praxis: entweder 6.4.2.1 und 6.4.2.3 – Tabelle 18 oder 6.5.1 – EMV-Plan und 6.5.2 – Tabellen 21 und 22

6.2 Grundlegende Grenzwerte für niederfrequente Störaussendungen

6.2.1 Übereinstimmungsverfahren

Übereinstimmung kann durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nachgewiesen werden.

6.2.2 Kommutierungseinbrüche

Kommutierungseinbrüche werden unter Verwendung eines Oszilloskopes an den Stromversorgungsanschlüssen gemessen (siehe B.1.1). Sie werden von gesteuerten netzgeführten Stromrichtern erzeugt (siehe IEC 60146-1-1, 2.5.4.1).

Wo bekannt ist, dass der Eingangstromkreis des PDS keine Kommutierungseinbrüche oder nur Einbrüche mit vernachlässigbarer Amplitude erzeugt (beispielsweise Diodengleichrichter), braucht die Störaussendung von Einbrüchen nicht berücksichtigt zu werden.

ANMERKUNG 1 Der hauptsächlich praktische Fall, bei dem die Störaussendung von Einbrüchen berücksichtigt werden sollte, ist der Fall des Thyristor-Stromrichters (netzgeführt). HF-Störschutzfilter sind ein praktischer Fall von Einrichtungen, die durch Kommutierungseinbrüche beeinflusst werden können. Sie können überlastet oder periodischen Überspannungen ausgesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Ein Diodengleichrichter ist ein ungesteuerter netzgeführter Stromrichter, der Kommutierungseinbrüche mit vernachlässigbarer Amplitude erzeugt. Einige selbstgeführte Stromrichter (zum Beispiel ein indirekter Stromrichter vom Typ des Wechselrichters mit Spannungszwischenkreis mit aktivem Eingang) können Kommutierungseinbrüche erzeugen, die vom PWM-Muster abhängen.

Wo Kommutierungseinbrüche zu berücksichtigen sind, muss der Hersteller dem Anwender nachfolgende Angaben bereitstellen:

- Wert aller Entkopplungsreaktanzen, die im PDS enthalten sind;
- verfügbare Entkopplungsreaktanzen, die zur Verbesserung von außen hinzugefügt werden können (siehe B.1.2).

EN 61800-3:2004

Es sollten die Empfehlungen in [B.1.3](#) befolgt werden.

6.2.3 Oberschwingungen und Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl**6.2.3.1 Öffentliches Niederspannungsnetz – Einrichtungen nach IEC 61000-3-2**

Eine Einrichtung darf ein oder mehrere PDS und auch weitere Lasten enthalten.

Wenn ein PDS eine Einrichtung innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 61000-3-2 ist, gelten die Anforderungen nach dieser Norm. Wenn jedoch ein oder mehrere PDS in einer Einrichtung innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 61000-3-2 enthalten sind, gelten die Anforderungen dieser Norm für die vollständige Einrichtung und nicht für das einzelne PDS. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers der Einrichtung, die Grenzen des Systems oder Teilsystems, für die IEC 61000-3-2 gilt, und das Verfahren, mit dem die Übereinstimmung der Einrichtung nachgewiesen wird, festzulegen.

6.2.3.2 Öffentliches Niederspannungsnetz – Einrichtungen, die nicht von IEC 61000-3-2 erfasst werden

Empfehlungen für Einrichtungen, die nicht von IEC 61000-3-2 erfasst werden (Beispiel Bemessungsstrom über 16 A) können dem Fachbericht IEC 61000-3-4 und [B.4](#) entnommen werden. Wenn aus technischen oder ökonomischen Gründen, die in den [Anhängen B](#) und [C](#) der vorliegenden Norm erläutert sind, die Stufen 1 und 2 von IEC 61000-3-4 nicht angewendet werden können, wird durch [Anhang B](#) der Ansatz von Stufe 3 ermöglicht.

Der Hersteller muss in der Dokumentation des PDS oder auf Nachfrage den Oberschwingungspegel des Stromes als Prozentwert der Grundschwingung des Bemessungsstromes am Stromversorgungsanschluss unter Nennlast zur Verfügung stellen. Dieser darf durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung ermittelt werden.

Für die Berechnung oder Nachbildung muss von der angelegten Spannung angenommen werden, dass sie einen Gesamtverzerrungsfaktor *THD* kleiner als 1 % besitzt. Der Innenwiderstand des Netzes muss als rein induktive Reaktanz angenommen werden. Falls der spezielle Einsatzort des PDS nicht bekannt ist, müssen die Oberschwingungsströme unter der Annahme berechnet werden, dass das PDS an einen Kopplungspunkt PC mit dem vom Hersteller zugelassenen höchsten Wert von R_{SI} angeschlossen ist:

$$R_{SI} = \frac{I_{SC}}{I_{LN}}$$

Dabei ist:

I_{SC} der Kurzschlussstrom am betrachteten PC;

I_{LN} der Bemessungseingangsstrom des PDS.

Falls der Hersteller keinen Höchstwert von R_{SI} angibt, muss ein Wert von 250 angenommen werden. Wenn der spezielle Einsatzort des PDS bekannt ist, sollte die Impedanz der Stromversorgung an diesem Ort verwendet werden.

Der Hersteller des PDS muss die Oberschwingungsströme für jede Ordnungszahl bis zur 40. Oberschwingung berechnen. Der *THD* des Stromes (Ordnungszahlen bis einschließlich 40) muss ebenfalls berechnet werden.

Ein Leitfaden zur Berechnung der Oberschwingungen ist in IEC 61000-2-6, A.1 und A.2, angegeben. Richtlinien für die Aufsummierung von Oberschwingungen von verschiedenen Quellen sind in 7.4 derselben Norm angegeben.

Auswirkungen von Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl werden in [B.4.3](#) betrachtet. Verfahren zur Berechnung sind in IEC 61000-2-6, Anhang C, angegeben.

6.2.3.3 Industrienetze

Falls ein PDS in einer Anlage eingesetzt wird, die nicht direkt aus einem öffentlichen Niederspannungsnetz gespeist wird, gelten IEC 61000-3-2 und IEC 61000-3-4 nicht. Dann muss eine vernünftige Näherung angewendet werden, die die Gesamtanlage berücksichtigt (siehe [B.4](#)).

ANMERKUNG Für Netzspannungen über 1 000 V darf die Gesamtanlage den Regeln für den Versorgungsbetrieb, üblicherweise auf der Grundlage von IEC 61000-3-6, unterworfen werden. Diese Regeln gelten für die Anlage als Ganzes und nicht für die einzelne Einrichtung. Diese Regeln berücksichtigen üblicherweise die im Netz vorhandenen Oberschwingungsströme und Spannungsverzerrung. Eine effiziente und vereinfachte Näherung wird in [Tabelle B.2](#) angegeben.

Im Falle von PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V müssen die Störaussendungen durch Oberschwingungen vom Hauptstromversorgungsanschluss und vom Hilfsstromversorgungsanschluss getrennt betrachtet werden.

6.2.4 Spannungsschwankungen

6.2.4.1 Bedingungen

Ein Betriebsmittel kann ein oder mehrere PDS und auch weitere Lasten enthalten, die Spannungsschwankungen verursachen können.

ANMERKUNG 1 Spannungsschwankungen können zum Beispiel durch häufige Lastwechsel eines PDS oder von Subharmonischen der Schlupfenergieerückspeisung von Asynchronmotoren verursacht werden. Spannungsschwankungen können auch durch Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl bei Frequenzen, die leicht von der Grundschwingung abweichen, oder von vorherrschenden Oberschwingungen hervorgerufen werden. Die Störaussendung wird üblicherweise von Cyclo-Konvertern oder Wechselrichtern mit Stromzwischenkreis erzeugt, siehe [B.4.3](#) und [B.6.2](#). Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl sind in den Verträglichkeitspegeln enthalten, die in IEC 61000-2-4 oder in IEC 61000-2-12 angegeben sind.

ANMERKUNG 2 Spannungsschwankungen sind von der Anlagenimpedanz und dem Lastspiel abhängig. In manchen Anwendungen kann der Anwender die Spannungsschwankungen verringern, indem das Lastspiel durch Änderung der Drehzahlstellgeschwindigkeit oder Verwendung anderer Techniken anders eingestellt wird.

ANMERKUNG 3 Die meisten Spannungsschwankungen sind von der Anlage abhängig. Daher sollte dieser Systemaspekt in der Verantwortlichkeit des Anwenders oder Errichters liegen. Die für Spannungsänderungen in IEC 61000-2-4 angegebenen Verträglichkeitspegel sollten unter Berücksichtigung der kumulativen Wirkungen aller Einrichtungen nicht überschritten werden.

6.2.4.2 Niederspannungs-PDS

Wenn ein PDS eine Einrichtung innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 61000-3-3 ist, gelten die Anforderungen nach dieser Norm. Wenn jedoch ein oder mehrere PDS in einer Einrichtung innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 61000-3-3 enthalten sind, gelten die Anforderungen dieser Norm für die vollständige Einrichtung und nicht für das einzelne PDS.

Wenn ein PDS eine Einrichtung innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 61000-3-11 ist, gelten die Anforderungen nach dieser Norm. Wenn jedoch ein oder mehrere PDS in einer Einrichtung innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 61000-3-11 enthalten sind, gelten die Anforderungen dieser Norm für die vollständige Einrichtung und nicht für das einzelne PDS.

6.2.4.3 PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V

Der Fachbericht IEC 61000-3-7 gilt für die Gesamtanlage unter Berücksichtigung aller Stromkreise auf der Lastseite des PCC. Die Anwendung dieses Berichtes führt im Allgemeinen zu örtlichen Regeln durch das Energieversorgungsunternehmen. Die Übereinstimmung mit den Regeln erfordert die Beurteilung der Gesamtstöraussendung durch Schwankungen in der Gesamtanlage, zu der das betrachtete PDS beiträgt.

EN 61800-3:2004

ANMERKUNG Die meisten Spannungsschwankungen sind für die Anlage zutreffend. Daher sollte dieser Systemaspekt in der Verantwortlichkeit des Anwenders oder Errichters liegen. Die für Spannungsänderungen in IEC 61000-2-12 angegebenen Verträglichkeitspegel sollten unter Berücksichtigung der kumulativen Wirkungen aller Einrichtungen nicht überschritten werden.

6.2.5 Störaussendung durch unsymmetrische Oberschwingungen (niederfrequente unsymmetrische Spannung)

Die Schaltfrequenz des Stromrichters des PDS liegt häufig im Bereich hörbarer Frequenzen und besonders im Frequenzbereich, der allgemein von Telefon- und Datennetzen verwendet wird. Um die Gefahr des Übersprechens auf Signalleitungen zu vermeiden, müssen die Errichtungsanweisungen entweder empfehlen, dass das Stromversorgungsschnittstellenkabel getrennt von Signalkabeln verlegt wird, oder alternative Entstörmaßnahmen angeben.

6.3 Auf die Messung von hochfrequenten Störaussendungen bezogene Bedingungen

6.3.1 Allgemeine Anforderungen

6.3.1.1 Allgemeine Bedingungen

Als Hauptquelle der hochfrequenten Störaussendung wird die Änderungsgeschwindigkeit von Spannung und Strom erwartet. Bei dieser Art der Störaussendung sind die dv/dt -Werte des PDS am zutreffendsten und diese können mit Ausgangsströmen erreicht werden, die niedriger als der Bemessungsstrom des PDS sind. Daher sind diese Prüfungen Schwachlastprüfungen. Die Prüfungen müssen auf die zutreffenden Anschlüsse, soweit vorhanden, angewendet werden, und sie müssen in einer wohl definierten und reproduzierbaren Art und Weise Anschluss für Anschluss durchgeführt werden. Das Prüfverfahren muss CISPR 11, 6.2 bis 6.4 sowie Abschnitt 7, entsprechen, wobei Erdanschlüsse besonders beachtet werden müssen.

Die Belastung muss innerhalb der Herstellerspezifikation liegen und die tatsächliche Belastung muss im Prüfbericht angegeben werden.

6.3.1.2 Leitungsgeführte Störaussendungen

Die Messeinrichtung zur Bewertung der hochfrequenten Störspannungsaussendung am Netzanschluss (Stromversorgungsanschluss) ist entweder eine Netznachbildung ($50 \Omega/50 \mu\text{H}$, siehe CISPR 16-1 und CISPR 11), wo diese angewendet werden kann, oder der Spannungstastkopf nach CISPR 16-1, wo die Netznachbildung nicht anwendbar ist.

Für Messungen der Netzstörspannung am Einsatzort muss ein Spannungstastkopf ohne Netznachbildung verwendet werden (siehe CISPR 11, 6.2.3). Dasselbe gilt, wenn das PDS einen Eingangsstrom größer als 100 A oder eine Eingangsspannung von 500 V oder darüber hat oder wenn das PDS einen netzgeführten Stromrichter enthält (siehe A.4.1.2).

6.3.1.3 Feldgebundene Störaussendungen

Einrichtungen der Kategorien C1 und C2 müssen auf einem Prüfplatz gemessen werden, der den Anforderungen von CISPR 16-1 entspricht.

Einrichtungen der Kategorie C3 sollten vorzugsweise auf einem Prüfplatz gemessen werden, der den Anforderungen von CISPR 16-1 entspricht. Wenn das aufgrund der Masse, der Größe oder der Leistung praktisch nicht möglich ist, dürfen die Prüfungen an einem Ort durchgeführt werden, der den Anforderungen an den Prüfplatz nicht umfassend entspricht. Dieser Prüfort muss im Prüfbericht begründet werden.

Die Wahl des Messabstandes muss den Anforderungen von CISPR 11, 5.2.2 und 7.2.3, entsprechen.

6.3.2 Anforderungen an Verbindungen

Falls das PDS auf einem Prüfplatz gemessen wird, muss der Prüfaufbau einschließlich Länge und Lage der Stromversorgungs- und Steuerkabel für die verwendete(n) Anwendung(en) repräsentativ sein, wie es vom Hersteller festgelegt und in der Anwenderdokumentation beschrieben ist (siehe 4.3). Der Prüfaufbau muss im Prüfbericht angegeben werden.

Falls das PDS am Einsatzort gemessen wird, müssen die Kabel und Erdungsanordnungen denen der Anwendung entsprechen.

6.4 Grundlegende Grenzwerte für die hochfrequente Störaussendung

6.4.1 Einrichtungen der Kategorien C1 und C2

6.4.1.1 Störspannung am Stromversorgungsanschluss

Grenzwerte für die Störspannung an Netzanschlussklemmen (Stromversorgungsanschlüssen) sind in Tabelle 14 angegeben.

Tabelle 14 – Grenzwerte für Störspannungen an den Netzanschlüssen im Frequenzband von 150 kHz bis 30 MHz

Frequenzband MHz	Kategorie C1		Kategorie C2	
	Quasi-Spitzenwert dB (μ V)	Mittelwert dB (μ V)	Quasi-Spitzenwert dB (μ V)	Mittelwert dB (μ V)
$0,15 \leq f < 0,50$	66 Abnahme mit dem Logarithmus der Frequenz bis 56	56 Abnahme mit dem Logarithmus der Frequenz bis 46	79	66
$0,5 \leq f \leq 5,0$	56	46	73	60
$5,0 < f < 30,0$	60	50	73	60

Wenn ein PDS die Grenzwerte von Kategorie C1 nicht einhält, muss die nachfolgende Warnung in der Gebrauchsanweisung enthalten sein:

Warnung

In einer Wohnumgebung kann dieses Produkt hochfrequente Störungen verursachen, die Entstörmaßnahmen erforderlich machen können.

ANMERKUNG Hochfrequente unsymmetrische Filterung enthält kapazitive Kopplungspfade nach Erde. Im Falle eines Stromversorgungsnetzes, in dem der Neutralleiter vom Erdpotential getrennt oder über eine hohe Impedanz an das Erdpotential angeschlossen ist (IT-Stromversorgungsnetz nach IEC 60364-1, 312.2.3), können diese kapazitiven Kopplungspfade schädlich sein (siehe D.2.2).

6.4.1.2 Anschlüsse für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung

Falls ein Anschluss für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung für die Verbindung mit einem Feldbus vorgesehen ist, dann muss dieser Anschluss den Anforderungen an die leitungsgeführte Störaussendung der entsprechenden Norm für diesen Feldbus entsprechen.

Falls ein Anschluss für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung für die Verbindung mit einem öffentlichen Telekommunikationsnetz vorgesehen ist, muss dieser Anschluss als Telekommunikationsanschluss betrachtet werden. Es gelten die Anforderungen an die leitungsgeführte Störaussendung nach CISPR 22, Klasse B, für diesen Anschluss.

EN 61800-3:2004

6.4.1.3 Feldgebundene Störaussendung – Gehäuse

Grenzwerte für elektromagnetische Störstrahlungen (Gehäuse, siehe Definition in 3.3.4 und Bild 2) sind in Tabelle 15 angegeben.

Tabelle 15 – Grenzwerte für die elektromagnetische Störstrahlung im Frequenzband von 30 MHz bis 1 000 MHz

Frequenzband MHz	Kategorie C1	Kategorie C2
	Komponente der elektrischen Feldstärke Quasi-Spitzenwert dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)	Komponente der elektrischen Feldstärke Quasi-Spitzenwert dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)
$30 \leq f \leq 230$	30	40
$230 < f \leq 1\ 000$	37	47

ANMERKUNG Messabstand 10 m.

Wenn bei Kategorie C1 aufgrund des hohen Störpegels der Umgebung oder aus anderen Gründen im Abstand von 10 m keine Feldstärkemessung durchgeführt werden kann, darf die Messung in einem Abstand von 3 m durchgeführt werden. Erfolgt die Messung im Abstand von 3 m, muss das erhaltene Messergebnis auf 10 m normiert werden, indem vom Ergebnis 10 dB abgezogen werden. In diesem Fall sollte darauf geachtet werden, dass Nahfeldeffekte vermieden werden, besonders wenn das PDS nicht entsprechend klein ist und bei Frequenzen von etwa 30 MHz.

Wenn ein PDS die Grenzwerte von Kategorie C1 nicht einhält, muss die nachfolgende Warnung in der Gebrauchsanweisung enthalten sein:

Warnung

In einer Wohnumgebung kann dieses Produkt hochfrequente Störungen verursachen, die Entstörmaßnahmen erforderlich machen können.

6.4.1.4 Störaussendung der Stromversorgungsschnittstelle

Für ein in der ersten Umgebung zu betreibendes PDS muss die Störaussendung mit einer der folgenden Maßnahmen begrenzt werden:

- Messungen an der Stromversorgungsschnittstelle brauchen nicht ausgeführt zu werden, wenn das entsprechende Kabel kürzer als 2 m ist oder wenn ein geschirmtes Kabel verwendet wird. Die Schirmung muss über ihre Gesamtlänge Hochfrequenzqualität aufweisen und an CDM und Motor wenigstens über 360°-Anschlüsse angeschlossen sein.
- Die Aussendung muss durch Messung der Störspannung an der Stromversorgungsschnittstelle im BDM nach CISPR 14 und unter Anwendung der Grenzwerte in Tabelle 16 durchgeführt werden.
- Wenn die eingesetzten Entstörverfahren für eine Prüfung nach b) nicht geeignet sind (z. B. Gleichtaktentstörmaßnahmen), muss die Wirksamkeit des Entstörverfahrens durch Kopplung zwischen den Netzeingangskabeln und dem Motorkabel bei der Messung der Störspannung des Netzanschlusses nach 6.4.1.1 geprüft werden. Diese Kopplung muss über die Strecke von 1 m erfolgen, wobei die zu prüfende Einrichtung (EUT) und die Netznachbildung (AMN) dadurch getrennt werden, dass das Motorkabel über einer Länge von mindestens 0,60 m mit einem Abstand von höchstens 10 cm parallel zum Netzkabel verläuft.

Tabelle 16 – Grenzwerte der Störspannung an der Stromversorgungsschnittstelle

Frequenzband MHz	Messung bei Bemessungsausgangsstrom	
	Quasi-Spitzenwert dB (μV)	Mittelwert dB (μV)
$0,15 \leq f < 0,5$	80	70
$0,50 \leq f < 30$	74	64

6.4.2 Einrichtungen der Kategorie C3

6.4.2.1 Anforderung an Informationen

Falls ein PDS die Grenzwerte der Kategorien C1 oder C2 nicht einhält, muss in der Gebrauchsanweisung eine Warnung enthalten sein, die angibt, dass:

- dieser Typ von PDS nicht für den Einsatz in einem öffentlichen Niederspannungsnetz, das Wohngebiete speist, vorgesehen ist;
- Hochfrequenzstörungen zu erwarten sind, wenn es in solch einem Netz eingesetzt wird.

Der Hersteller muss eine Richtlinie für die Errichtung und den Einsatz einschließlich empfohlener Betriebsmittel für die Verringerung der Störungen bereitstellen.

6.4.2.2 Störspannung am Stromversorgungsanschluss

Grenzwerte für die Störspannung an Netzanschlussklemmen (Stromversorgungsanschlüssen) von PDS sind in Tabelle 17 angegeben. Dieselben Grenzwerte gelten für Niederspannungs-Stromversorgungsanschlüsse von PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V.

Tabelle 17 – Grenzwerte für Störspannungen an den Netzanschlüssen im Frequenzband von 150 kHz bis 30 MHz für PDS in der zweiten Umgebung – PDS der Kategorie C3

Baugröße des PDS ^a	Frequenzband MHz	Quasi-Spitzenwert dB (μV)	Mittelwert dB (μV)
$I \leq 100 \text{ A}$	$0,15 \leq f < 0,50$	100	90
	$0,5 \leq f < 5,0$	86	76
	$5,0 \leq f < 30$	90	80
		Abnahme mit dem Logarithmus der Frequenz bis 70	Abnahme mit dem Logarithmus der Frequenz bis 60
$100 \text{ A} < I$	$0,15 \leq f < 0,50$	130	120
	$0,5 \leq f < 5,0$	125	115
	$5,0 \leq f < 30$	115	105
Diese Grenzwerte gelten nicht für Stromversorgungsanschlüsse, die mit Spannungen über 1 000 V betrieben werden.			
^a Die Baugröße des PDS bezieht sich auf den Bemessungsstrom I des Anschlusses.			

Siehe auch [D.2](#).

Bei PDS über 100 A ohne zugeordneten Transformator müssen, um die Gefahr des Übersprechens auf Signalleitungen zu vermeiden, die Errichtungsanweisungen entweder empfehlen, dass Stromversorgungskabel getrennt von Signalkabeln verlegt werden, oder alternative Entstörmaßnahmen angeben.

6.4.2.3 Anschlüsse für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung

Falls ein Anschluss für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung für die Verbindung mit einem Feldbus vorgesehen ist, dann muss der Anschluss den Anforderungen an die leitungsgeführte Störaussendung der entsprechenden Norm für diesen Feldbus entsprechen.

Falls ein Anschluss für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung für die Verbindung mit einem öffentlichen Telekommunikationsnetz vorgesehen ist, muss dieser Anschluss als Telekommunikationsanschluss betrachtet werden. Es gelten die Anforderungen an die leitungsgeführte Störaussendung nach CISPR 22, Klasse A, für diesen Anschluss.

EN 61800-3:2004

6.4.2.4 Feldgebundene Störaussendung – Gehäuse

Grenzwerte für elektromagnetische Störstrahlungen (Gehäuse, siehe Definition in 3.3.4 und Bild 2) der PDS sind in Tabelle 18 angegeben.

Tabelle 18 – Grenzwerte für die elektromagnetische Störstrahlung im Frequenzband von 30 MHz bis 1 000 MHz für PDS in der zweiten Umgebung – PDS der Kategorie C3

Frequenzband MHz	Grenzwerte des Quasi-Spitzenwertes dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)
$30 \leq f \leq 230$	50
$230 < f < 1\ 000$	60
ANMERKUNG Messabstand 10 m.	

ANMERKUNG Diese Tabelle wird abhängig von der in CISPR/B laufenden Arbeit demnächst einer Prüfung unterzogen.

6.4.2.5 Stromversorgungsschnittstelle

Bei einem PDS, das in der zweiten Umgebung betrieben wird, müssen die Errichtungs- und Gebrauchsanweisungen alle erforderlichen Informationen über die Einrichtung der Stromversorgungsschnittstelle nach 4.3 enthalten.

6.5 Technische Praxis

6.5.1 PDS der Kategorie C4

Bei PDS der Kategorie C4 muss das nachfolgende Verfahren angewendet werden.

Allgemeine Bedingungen: Aus technischen Gründen gibt es einige Anwendungen, wo es für das PDS nicht möglich ist, die Grenzwerte der Tabellen 17 und 18 einzuhalten. Diese Anwendungen sind solche für hohe Bemessungswerte oder um spezielle technische Anforderungen zu erfüllen:

- Spannungen über 1 000 V;
- Stromstärken über 400 A;
- von Erde getrennte Netze oder mit Erde über eine hohe Impedanz verbundene Netze (IT-Netze nach IEC 60364-1, 312.2.3);
- wo wegen Filterwirkung das erforderliche dynamische Betriebsverhalten begrenzt ist.

Bei diesen Anwendungen von Einrichtungen der Kategorie C4 müssen Anwender und Hersteller einen EMV-Plan vereinbaren, um die EMV-Anforderungen für die vorgesehene Anwendung einzuhalten (siehe Anhang E). In diesem Fall definiert der Anwender EMV-Kennwerte der Umgebung einschließlich der gesamten Anlage und der Nachbarschaft (siehe Bild 5). Der Hersteller muss Angaben über die typischen Störaussendungspegel des zu errichtenden PDS bereitstellen. Im Falle von Störungen müssen die Anforderungen und das Verfahren nach 6.5.2 angewendet werden.

ANMERKUNG Beispiele für allgemeine Entstörmaßnahmen, die sich aus dem EMV-Plan ergeben, sind: umfassende Filterung, angepasste Spezialtransformatoren, Trennung der Kabel und Leitungen usw.

Filterung in IT-Netzwerken: Die Verwendung von PDS mit Filtereinrichtungen in einem isolierten oder hochimpedant geerdeten industriellen Verteilungsnetz kann ein Sicherheitsrisiko beinhalten, sofern sie für diese Anwendungen nicht richtig ausgelegt sind. Im Falle von IT-Netzwerken für komplexe industrielle Netze können keine Grenzwerte festgesetzt werden. Die sich aus der Kenntnis des Netzes ergebende Vielfalt von Lösungsmöglichkeiten kann nicht genormt werden. Die Hauptüberlegungen sind auf Fehlerbedingungen und den Filterableitstrom bezogen:

- Kurzschluss nach Erde auf der Motorseite des PDS. Dies kann eine Auslösung des IT-Überwachungssystems bewirken, die zu einem unbeabsichtigten Abschalten des Prozesses führt.
- Kurzschluss nach Erde auf der Motorseite kann eine unsymmetrische Spannung an anderen benachbarten Einrichtungen verursachen.
- Eine unbeabsichtigte Fehlermeldung durch das IT-Überwachungssystem wegen eines erhöhten Kapazitätswertes gegen Erde, der zu einem unbeabsichtigten Abschalten des Prozesses führt.

Die Lösungen basieren auf einer Fall-zu-Fall-Analyse.

6.5.2 Grenzwerte außerhalb der Grenzen einer Anlage für ein PDS der Kategorie C4 – Beispiel für die Ausbreitung von Störungen

6.5.2.1 Allgemeines

Bei PDS in der zweiten Umgebung muss der Anwender sicherstellen, dass übermäßige Störungen nicht in benachbarte Niederspannungsnetze eingekoppelt werden, selbst wenn die Ausbreitung über ein Mittelspannungsnetz erfolgt.

Im Falle von Beschwerden über Störungen, die bei einem benachbarten Niederspannungsnetz auftreten, oder im Streitfalle zwischen dem Anwender eines PDS (zum Beispiel in Anlage 2 – siehe Bild 5) und einem Störpfer eines anderen Netzes (zum Beispiel in Anlage 1) muss zuerst unzweifelhaft festgestellt werden, dass die Störungen in der Einrichtung des Betroffenen (in Anlage 1) auftritt, wenn das PDS als verdächtiger Störaussender (Anlage 2) betrieben wird.

6.5.2.2 Störung durch Leitung

In diesem Fall müssen die Messungen auf der Niederspannungssekundärseite des Mittelspannungstransformators der Anlage (Anlage 1), zu der das Störpfer gehört (Messpunkt siehe Bild 5), durchgeführt werden. Die in [Tabelle 19](#) oder [Tabelle 20](#) und [Tabelle 21](#) angegebenen Anforderungen einschließlich der Umgebungsstörepiegel betreffenden Vorbehalte müssen erfüllt sein.

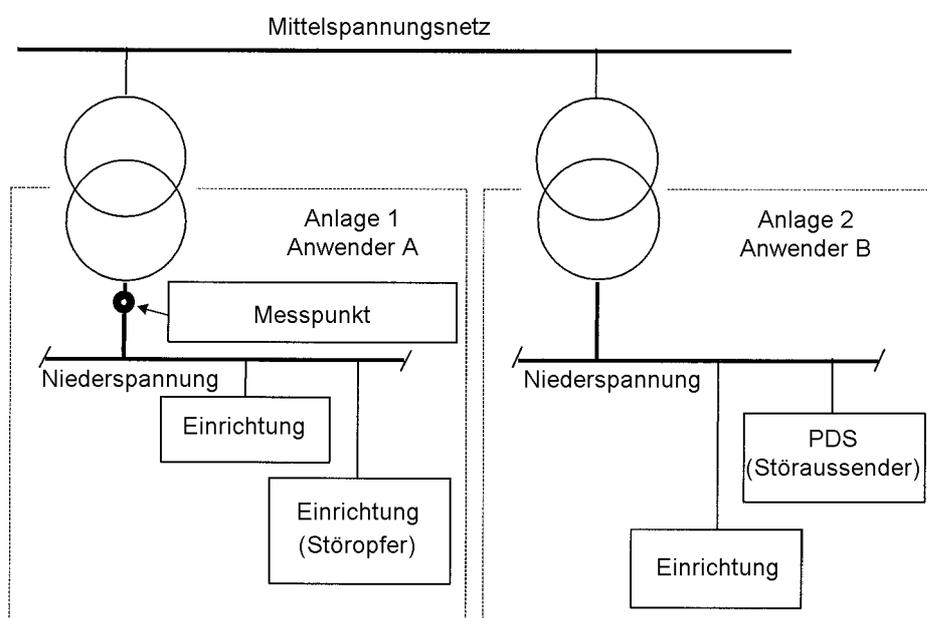


Bild 5 – Ausbreitung von Störungen

ANMERKUNG Dieses Verfahren kann auf unterschiedliche Teile derselben Anlage im Falle von PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V mit Grenzwerten, die im EMV-Plan enthalten sind, angewendet werden. In diesem Falle muss die Messung der ausgebreiteten Störspannung am Einsatzort an der Niederspannungssekundärseite des Hoch-

EN 61800-3:2004

spannungstransformators (Teil 1 der Anlage), die dem als Störaussender angenommenen PDS elektrisch am nächsten liegt, ausgeführt werden (Messpunkt siehe Bild 6).

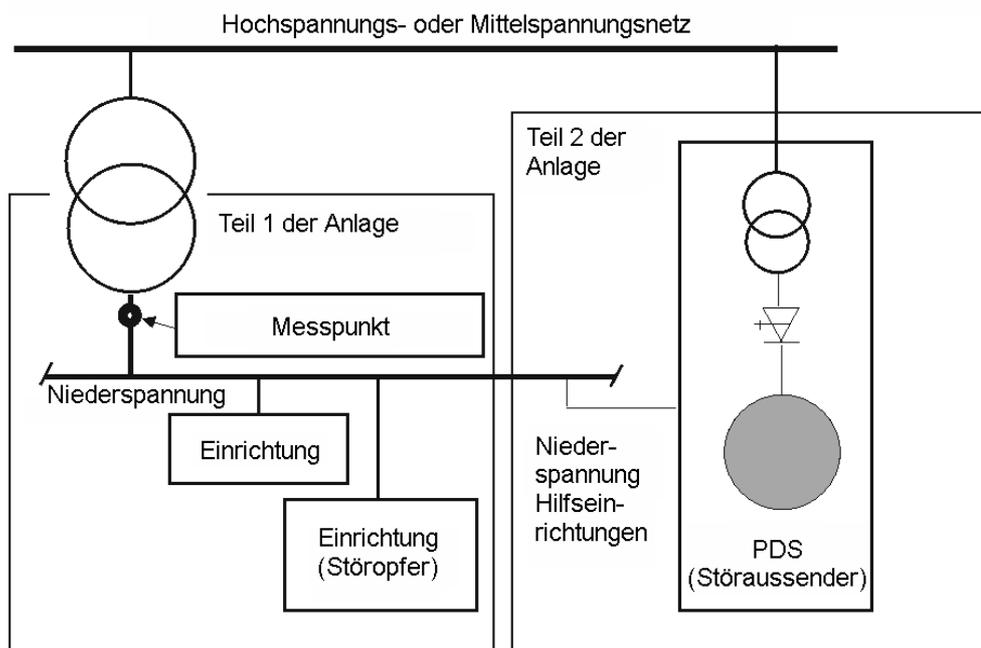


Bild 6 – Ausbreitung von Störungen in Anlagen mit PDS mit einer Bemessungsspannung > 1 000 V

Falls Anlage 1 in Bild 5 zur ersten Umgebung gehört, muss die Störspannung die Grenzwerte in Tabelle 19 einhalten.

Tabelle 19 – Grenzwerte der ausgebreiteten Störspannung („außerhalb“ in der ersten Umgebung)

Frequenzband MHz	Quasi-Spitzenwert dB (µV)	Mittelwert dB (µV)
$0,15 \leq f < 0,50$	66 Abnahme mit dem Logarithmus der Frequenz bis 56	56 Abnahme mit dem Logarithmus der Frequenz bis 46
$0,5 \leq f \leq 5,0$	56	46
$5,0 < f < 30,0$	60	50

Falls Anlage 1 in Bild 5 oder Teil 1 der Anlage in Bild 6 zur zweiten Umgebung gehört, muss die Störspannung die Grenzwerte in Tabelle 20 einhalten.

Tabelle 20 – Grenzwerte der ausgebreiteten Störspannung („außerhalb“ in der zweiten Umgebung)

Frequenzband MHz	Quasi-Spitzenwert dB (µV)	Mittelwert dB (µV)
$0,15 \leq f < 0,50$	79	66
$0,5 \leq f \leq 5,0$	73	60
$5,0 < f < 30,0$	73	60

Falls der Grundstörpegel der Umgebung (ohne Betrieb des PDS, das die verdächtige Störquelle ist) schon oberhalb der Grenzwerte liegt (Tabellen 19 und 20), wird das verdächtige störaussendende PDS nur beanstandet, wenn eine charakteristische Gruppe ausgesendeter Frequenzen erkannt werden kann, die über dem gemessenen Grundstörpegel der Umgebung liegt.

6.5.2.3 Störung durch feldgebundene Störaussendung

6.5.2.3.1 Feldgebundene Störaussendung über 30 MHz

Im Falle von Störungen muss die feldgebundene Störaussendung in einer Entfernung von 10 m von den Grenzen der Anlage gemessen werden, sofern die Störung in der ersten Umgebung auftritt, oder in einer Entfernung von 30 m von den Grenzen der Anlage, sofern die Störung in der zweiten Umgebung auftritt. Die gemessene Feldstärke muss den Werten in Tabelle 21 entsprechen.

Tabelle 21 – Grenzwerte für die ausgebreiteten elektromagnetischen Störgrößen über 30 MHz

Frequenzband MHz	Komponente der elektrischen Feldstärke dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)
$30 \leq f \leq 230$	30
$230 < f \leq 1\,000$	37

Falls der Grundstörpegel der Umgebung (ohne Betrieb des PDS, das die verdächtige Störquelle ist) schon oberhalb der Grenzwerte liegt (Tabelle 21), wird das verdächtige störaussendende PDS nur beanstandet, wenn eine charakteristische Gruppe ausgesendeter Frequenzen erkannt werden kann, die über dem gemessenen Grundstörpegel der Umgebung liegt.

Die Störaussendungen des PDS müssen so weit unterdrückt werden, dass sie unterhalb der Grenzwerte oder dem Grundstörpegel der Umgebung liegen, je nachdem, welcher von beiden Pegeln der höhere ist.

Siehe auch [A.4.3](#).

6.5.2.3.2 Feldgebundene Störaussendung zwischen 0,150 MHz und 30 MHz

Im Falle von Störungen muss die feldgebundene Störaussendung in einer Entfernung von 10 m von den Grenzen der Anlage gemessen werden, sofern die Störung in der ersten Umgebung auftritt, oder in einer Entfernung von 30 m von den Grenzen der Anlage, sofern die Störung in der zweiten Umgebung auftritt.

Es ist eine Rahmenantenne nach CISPR 16-1 zu verwenden. Die Werte dürfen bei Frequenzen, bei denen die Störung auftritt, jene nicht überschreiten, die in Tabelle 22 angegeben sind.

Tabelle 22 – Grenzwerte für elektromagnetische Störungen unter 30 MHz

Frequenzband MHz	Komponente der magnetischen Feldstärke, die in Einheiten der elektrischen Feldstärke angegeben wird dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)
$0,15 \leq f \leq 0,49$	75
$0,49 < f \leq 3,95$	65
$3,95 < f \leq 20$	50
$20 < f \leq 30$	40

EN 61800-3:2004

6.6 Anwendung der Anforderungen an die Störaussendung – statistische Betrachtungsweise

Der nachfolgende Abschnitt gilt nur für PDS der Kategorien C1, C2 und C3.

Zur Vereinfachung müssen die Übereinstimmungsprüfungen nur an einem Gerät ausgeführt werden. Die Übereinstimmung der PDS der Kategorien C1, C2 und C3 muss durch Ausführung einer Typprüfung an einem repräsentativen Modell nachgewiesen werden. Der Hersteller oder Lieferant muss mit seinem Qualitätssicherungssystem sicherstellen, dass das EMV-Betriebsverhalten des Produktes aufrechterhalten bleibt.

Im Streitfall müssen von einem PDS der Kategorien C1, C2 und C3 die Anforderungen der vorliegenden Norm nur dann als nicht eingehalten angesehen werden, wenn die Produktion die Anforderungen an die statistische Beurteilung nach CISPR 11, Abschnitt 11, nicht einhält. Daher muss die Bewertung auf einem wohl definierten Prüfplatz durchgeführt werden.

Anhang A (informativ)

EMV-Verfahren

A.1 Allgemeiner Überblick über EMV-Phänomene

A.1.1 Phänomene

Viele Phänomene sind in IEC 61000-2-5 beschrieben. Definitionen von niederfrequenten Phänomenen werden in IEC 61000-2-1 angegeben.

Der Betrieb eines PDS wird durch eine Grundschiwingung mit überlagerten Oberschwingungen durch Nicht-linearitäten des Gleichrichters und/oder Wechselrichters sowie durch schnelle Schaltvorgänge der leistungselektronischen Bauelemente im Gleichrichter und/oder Wechselrichter charakterisiert, die für hochfrequente Phänomene verantwortlich sind. Deshalb kann das Antriebssystem (PDS) gleichermaßen sowohl nieder- als auch hochfrequente Signale aussenden.

Im Umkehrschluss dazu können andere Geräte oder Systeme in der Nachbarschaft des PDS niederfrequente und hochfrequente Störungen erzeugen, die den Betrieb des PDS beeinflussen.

Die elektromagnetischen Störungen, die für den Einsatz und die Nutzung des PDS zu betrachten sind, können in Klassen eingeteilt werden. Jedes dieser Phänomene kann als niederfrequente oder hochfrequente Störung betrachtet werden. In der vorliegenden Norm beträgt die Grenze zwischen Nieder- und Hochfrequenz nach der International Telecommunication Union (ITU) 9 kHz.

Für ein PDS sind beide bedeutsam:

- Grundschiwingungsfrequenzen, die niedriger als 9 kHz sind, werden absichtlich erzeugt, um elektrische Energie für den Motor zur Verfügung zu stellen;
- und als sekundäres Phänomen können Frequenzen höher als 9 kHz von der Steuerung verwendet werden, zum Beispiel PWM der Wechselrichtersteuerung, Mikroprozessortakt.

In jedem Fall sind leitungsgebundene und abgestrahlte Störungen vorhanden.

Für die leitungsgebundenen Störungen sind folgende Punkte von Bedeutung:

- symmetrische Spannung: betrifft eine Störung, die zwischen den Eingangsanschlussklemmen (oder Ausgangsanschlussklemmen) einer Einrichtung auftritt;
- unsymmetrische Spannung: betrifft eine Störung, die zwischen den Eingängen oder Ausgängen gegen Erde oder gegen eine Bezugserde auftritt.

Der vorstehende Text ist eine Erläuterung – die genaue Definition ist in IEC 60050-161 enthalten.

Für die feldgebundenen Störungen sind folgende Punkte von Bedeutung:

- das Nahfeld: Entfernung zum (parasitären) Sender kleiner als $\lambda/2\pi$;
- das Fernfeld: Entfernung zum (parasitären) Sender größer als $\lambda/2\pi$.

Dabei ist λ die Wellenlänge des betrachteten Signals.

Die Untersuchung der elektromagnetischen Verträglichkeit eines Systems betrachtet jeden dieser Fälle, sowohl vom Standpunkt der Störaussendung als auch der Störfestigkeit.

[Tabelle A.1](#) stellt eine Zusammenfassung dieser Einteilung dar.

Tabelle A.1 – EMV-Überblick

Frequenz	Ausbreitung	Kopplung		Störaussendung	Störfestigkeit
Niederfrequenz $0 \leq f < 9 \text{ kHz}$	leitungsgebunden	unsymmetrisch		Vielfaches, durch 3 teilbare Oberschwingungen (Nullsystem) Ableitströme	Spannung der Netzfrequenz
		symmetrisch		Oberschwingungen, Interharmonische und Kommutierungseinbrüche Einflüsse auf Rundsteueranlagen als Folge	Kommutierungseinbrüche Spannungsschwankungen Einbrüche und kurzzeitige Unterbrechungen transiente Überspannungen Verlust der Phasenlage unsymmetrische Spannungen Frequenzschwankungen Gleichspannungsanteile
	feldgebunden	Nahfeld	magnetische Kopplung	magnetisches Feld	magnetisches Feld
			kapazitive Kopplung	elektrisches Feld	elektrisches Feld
		Fernfeld			
Hochfrequenz $9 \text{ kHz} \leq f$	leitungsgebunden	unsymmetrisch		eingestrahlte hochfrequente Spannungen und Ströme	eingestrahlte hochfrequente Spannungen und Ströme unidirektionale Transiente
		symmetrisch			eingestrahlte hochfrequente Spannungen und Ströme unidirektionale Transiente
	feldgebunden	Nahfeld		elektrisch (hohe Impedanz) magnetisch (niedrige Impedanz)	pulsierende Magnetfelder (tragbare Sender) tragbare Sender
		Fernfeld		elektromagnetische Felder	elektromagnetische Felder im hochfrequenten Bereich
Breites Spektrum		Luftentladung Kontaktentladung			
ANMERKUNG In der vorliegenden Norm liegt die Grenze zwischen Niederfrequenz und Hochfrequenz nach der allgemeinen Praxis in der IEC bei 9 kHz. Diese Terminologie bezieht sich nicht auf Rundfunkübertragungsbänder.					

Die Industrieerfahrung hat gezeigt, dass die Hauptursache von Unverträglichkeit auf leitungsgeführte Störungen zurückzuführen ist, mit vielleicht einer Ausnahme, ortsveränderliche Sender, wie z. B. Funksprechgeräte. Die vorliegende Norm befasst sich mit Störungen, die besonders für PDS zutreffen.

A.1.2 Verträglichkeitspegel

Falls EMV sichergestellt werden muss, sollten die Störaussendungen von Einrichtungen und die Störungen, die von diesen Einrichtungen aufgenommen werden, gemessen und gekennzeichnet werden. [Bild A.1](#) fasst die verschiedenen Pegel zusammen, die bekannt sein sollten.

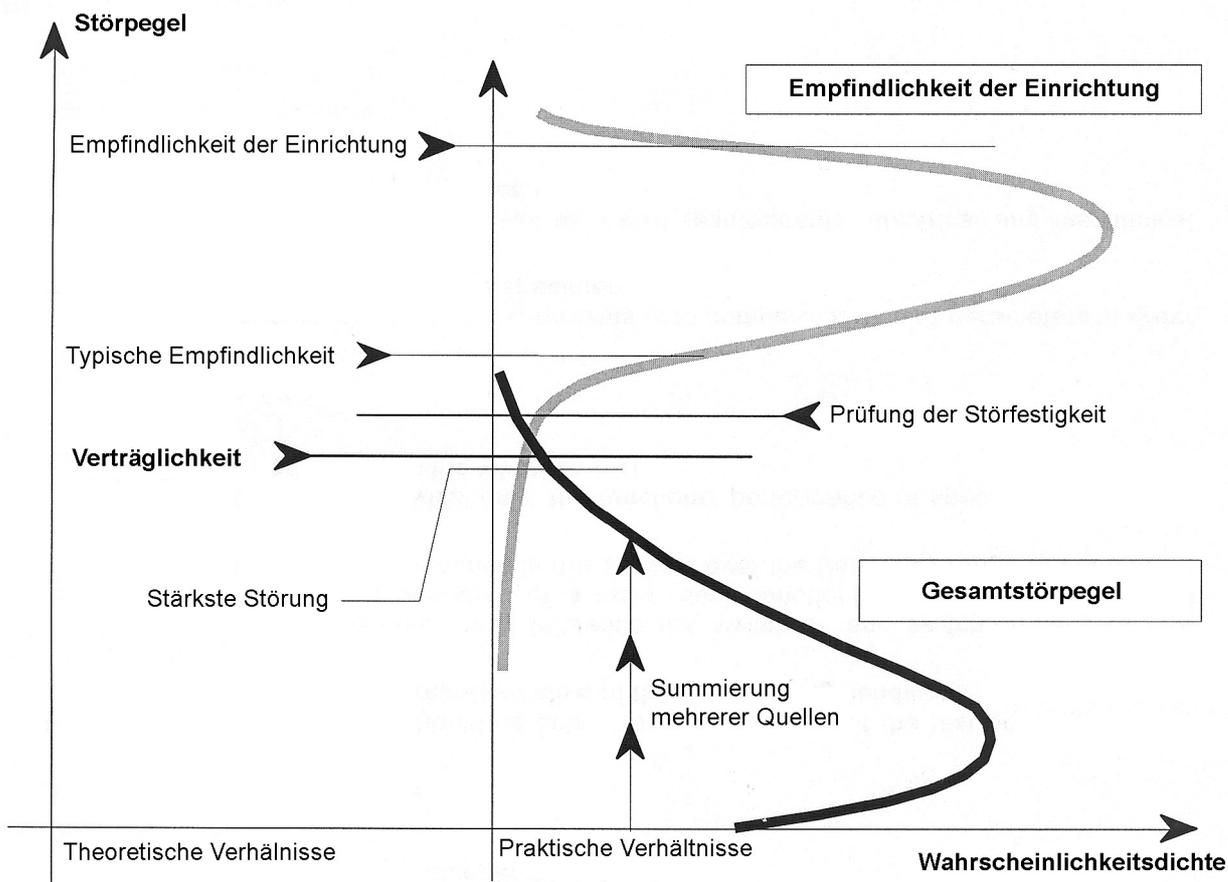


Bild A.1 – Zusammenhänge zwischen Störung und Störfestigkeit

A.1.3 Anwendung von PDS und EMV

Der Anwendungsbereich von PDS ist so groß, dass jeder Versuch, eine erschöpfende Auflistung zu erstellen, scheitern wird. Die Beispiele jedoch, die hier angegeben sind, zeigen, dass die Umgebungsbedingungen sehr unterschiedlich sind. Da die Definition von EMV mehr von der Umgebung als vom Produkt selbst abhängt, sollte jede praktische Gesetzmäßigkeit dieser Tatsache Rechnung tragen. Beispiel: Die Begrenzung der Störaussendung in Gebäuden, die zu Wohnzwecken verwendet werden, sollte von denen verschieden sein, die in Walzwerken von Industrieanlagen verwendet werden.

Beispiele für die Anwendung von PDS sind nachfolgend angegeben:

- Werkzeugmaschinen, Roboter, Prüfeinrichtungen in der Produktion, Prüfplätze;
- Papiermaschinen, Textilmaschinen, Kalander in der Gummiindustrie;
- Fertigungsstraßen in der Kunststoff- oder Metallindustrie, Walzwerke;
- Zementmühlen, Zement-Brennöfen, Rührwerke, Zentrifugen, Extruder;
- Bohrmaschinen;
- Transporteinrichtungen, Werkstoffverarbeitungsanlagen, Fördermaschinen (Krane, Gerüste usw.);
- Schiffsantriebe usw.;
- Pumpen, Lüfter usw.

Diese Beispiele verwenden PDS, die von der vorliegenden Norm abgedeckt werden. Elektrofahrzeuge und insbesondere Bahnantriebe sind jedoch aus dem Anwendungsbereich der vorliegenden Norm ausgeschlossen ([Abschnitt 1](#)).

A.2 Auf hochfrequente Phänomene bezogene Lastbedingungen

A.2.1 Lastbedingungen bei Prüfungen der Störaussendung

Die EMV-Eigenschaften von PDS werden üblicherweise durch die Höhe der Belastung am Motor wenig beeinflusst. Daher brauchen die EMV-Eigenschaften des PDS auch nicht bei allen Lastbedingungen geprüft zu werden, sondern nur bei einer Last, die für alle betriebsmäßigen Störaussendungen repräsentativ ist. Der Hersteller sollte nachweisen, dass die von ihm für die Prüfung gewählten Lastbedingungen dieses Kriterium erfüllen.

Die feldgebundenen und leitungsgebundenen Störaussendungen eines PDS werden hauptsächlich von steilen Transienten seiner Ausgangsspannung, die zur Erzeugung der Niederfrequenz oder der Gleichstromausgangsleistung verwendet wird, verursacht. Das Spannungsspektrum des Kurvenverlaufs kann bei dem PDS eine ausreichende Energie bei hohen Frequenzen aufweisen, um elektrische Energie von seinen Stromversorgungszuleitungen, dem Schaltschrank, den Motorzuleitungen und dem Motorgehäuse abzustrahlen. Da die feldgebundene Energie von den Spannungstransienten verursacht wird, sollten Prüfungen unter den Bedingungen durchgeführt werden, bei denen die Spannungstransienten den höchsten Anteil an der hochfrequenten Störung haben. Die Prüfungen brauchen nicht bei anderen Bedingungen durchgeführt werden.

Die Steilheit der Ausgangstransienten kann durch die Schaltgeschwindigkeit des im PDS verwendeten Leistungsbau-elementes beeinflusst werden. IGBT (Transistoren) sind äußerst schnelle Bauelemente, die in Kombination mit dem Sperrerholverhalten der Dioden, die in einigen Wechselrichtertypen verwendet werden, ein dv/dt verursachen können, das größer als $1\ 000\ \text{V}/\mu\text{s}$ ist. Wichtig ist festzustellen, dass der Diodenstromabriss ein entscheidender Beitrag zu diesem hohen dv/dt ist. Obwohl die Höhe des Sperrerholstromes lastabhängig ist, ist die Schärfe des Diodenstromabbrisses nahezu unabhängig von der Laststromhöhe. Es ist zu beachten, dass Dämpfungsmaßnahmen so bemessen werden sollten, dass sie Sättigungswirkungen von Filterelementen berücksichtigen (zum Beispiel Sättigung von Funkenstördrosseln).

Andererseits ist es wichtig, die Wirkung von passiven kapazitiven, ohmschen und induktiven Bauelementen im Stromversorgungsstromkreis zu berücksichtigen, wie z. B. Dämpfungsbau-elemente, die zur Steuerung der Anstiegsgeschwindigkeit dieser Spannung verwendet werden. Die Ausgangskurvenform kann durch diese vorhandenen Elemente dv/dt -Kennwerte haben, die lastabhängig sind. In diesem Fall ist es wichtig, dass das PDS am ungünstigsten dv/dt -Punkt des Betriebes geprüft wird.

A.2.2 Lastbedingungen bei Störfestigkeitsprüfungen

Die EMV-Eigenschaften von PDS werden üblicherweise durch die Höhe der Belastung am Motor wenig beeinflusst. Daher brauchen die EMV-Eigenschaften des PDS auch nicht bei allen Lastbedingungen geprüft zu werden, sondern nur bei einer Last, die für alle Empfindlichkeiten repräsentativ ist. Der Hersteller sollte nachweisen, dass die von ihm für die Prüfung gewählten Lastbedingungen dieses Kriterium erfüllen.

Im Allgemeinen beeinflussen die Lastbedingungen die Störfestigkeit eines PDS gegen nieder- oder hochfrequente Störungen nicht. Die Störungen der Leistungs- und Steuerungselektronik sind im Allgemeinen spannungs- und nicht stromabhängig. Die Prüfung bei Schwachlast weist leichte Änderungen in den Einstellungen der Schutzschaltungen nicht nach, d. h. Überstrom, Überspannung. Falls diese Pegel für den sicheren Betrieb eines PDS kritisch sind, sollte die Prüfung die Störfestigkeit bei diesen Betriebsbedingungen nachweisen.

Falls das Verhalten der Drehmomentwelligkeit verwendet wird, sollte die Belastung solch eine Höhe haben, dass es möglich ist, Drehmomentstörungen zu messen, die mit den Nieder- oder Hochfrequenzprüfungen verbunden sind. Dies erfordert einen Motor und eine Drehmomentmesswelle. Der Motor sollte eine Belastung aufweisen, die bei der Prüfung in der elektromagnetischen Umgebung benutzt werden kann. Falls indirekte Verfahren zu Drehmomentmessung verwendet werden, sollte das PDS bei einem Lastpegel betrieben werden, der für alle zu messenden Drehmomentstörungen ausreicht.

A.2.3 Lastprüfung

Es kann eine Schwachlastprüfung, d. h. eine Prüfung, bei der der Motor belastungsfrei läuft, verwendet werden, um die EMV-Eigenschaften eines PDS nachzuweisen, sofern die vorstehenden Bedingungen erfüllt werden. Die Prüfungen können selbst unter Verwendung passiver Leistungswiderstände und Induktivitäten, die die Lastbedingung eines Motors nachbilden, durchgeführt werden. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass das Motorgehäuse als ein Antennenelement wirken kann. Falls eine passive Belastung verwendet wird, sollte diese Antennenwirkung ebenfalls nachgebildet werden.

Der Hersteller des PDS sollte einen Nachweis zur Verfügung stellen, dass die Last am PDS während der Prüfung den ungünstigsten Fall oder die empfindlichste Bedingung für sein spezielles Produkt darstellt. Dieser Nachweis kann durch Prüfung eines repräsentativen Produktes, durch Berechnung oder Nachbildung erbracht werden.

A.3 Einige Störfestigkeitsmerkmale

A.3.1 Netzfrequente Magnetfelder

Die Prüfung nach IEC 61000-4-8 ist üblich, wo gegen Magnetfelder empfindliche Bauelemente verwendet werden. In PDS werden häufig Halleffekt-Strommessfühler eingesetzt. Diese Messfühler sind jedoch dafür bemessen, dass sie an Stellen betrieben werden, an denen Magnetfelder mit hohen Pegeln vorhanden sind (in unmittelbarer Nähe von Starkstromleitern). Jene Amplituden sind viel höher als die Prüfpegel nach IEC 61000-4-8. Es kann zum Beispiel errechnet werden, dass ein Strom von 10 A (von dem angenommen wird, dass er allein durch eine endlose gerade Leitung fließt) bei 5 mm ein Magnetfeld von 320 A/m erzeugt. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die bei der Prüfung angewendete Störaussendung im Vergleich zur Betriebsumgebung des empfindlichen Bauelementes vernachlässigbar ist.

A.3.2 Prüfung der Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder

A.3.2.1 Elektromagnetische Felder (EM-Felder) mit geringer Stärke

Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte), einige Schweißgeräte, Trockner usw. können Quellen für elektromagnetische Felder mit geringer Stärke sein. Diese Betriebsmittel können alle sowohl in der häuslichen als auch in der industriellen Umgebung vorhanden sein. Es ist mit sich ergebenden Feldstärken von weniger als 3 V/m am Gehäuse des PDS zu rechnen.

Die mit PDS gemachte Erfahrung zeigt, dass unter der Voraussetzung, dass eine eigene betriebliche Verfügbarkeit realisiert wird, die ausgesendeten EM-Felder anderer PDS sowie EM-Felder mit geringer Stärke von kommerziellen Rundfunkstationen keine Probleme darstellen.

A.3.2.2 Ergänzende Prüfung

Die Feldstärke nimmt umgekehrt proportional mit der Entfernung zwischen der Sendeantenne und dem möglichen Störpfer ab und wächst lediglich mit der Quadratwurzel aus der Antenneneingangsleistung. Daher sollten Sender beachtet werden, die in unmittelbarer Nachbarschaft von etwa 1 m zum PDS betrieben werden können. Diese Geräte zu Kommunikationszwecken sind die vorherrschenden strahlenden Störquellen, die elektronische Einrichtungen beeinflussen können. Beispiele für übliche örtliche Quellen für hochfrequente Dauerstörungen sind mobile Telekommunikationseinrichtungen wie Handsprechfunkgeräte oder schnurlose Telefone.

Ein großes PDS kann auf einem Prüfplatz (abgeschirmter Raum) zur Durchführung der Prüfung nach IEC 61000-4-3 weder richtig installiert noch betrieben werden. Um die Störfestigkeit der vollständigen Baugruppe des PDS für den Fall nachzuweisen, bei dem nur Teilbaugruppen geprüft wurden, kann eine gleichwertige ergänzende Prüfung mit Telekommunikationsgeräten für den üblichen industriellen Einsatz als Störaussender durchgeführt werden.

Während der Prüfung wird das PDS unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen (zum Beispiel mit geschlossenen Türen) und nach 5.1.3 betrieben und überwacht.

EN 61800-3:2004

Weil diese Prüfung nicht in einem abgeschirmten Raum durchgeführt wird, dürfen nur Sender verwendet werden, die für den Einsatz am Prüfplatz gesetzlich zugelassen sind. Es werden nachfolgende Sender empfohlen:

- Geräte wie Handfunksprechgeräte, die üblicherweise in unmittelbarer Nachbarschaft der Gebäude des Anwenders verwendet werden;
- digitale Mobiltelefone, außer sie sind am Betriebsort der Gebäude des Anwenders nicht gestattet, und wenn sie mit ihrer Bemessungsleistung senden können.

Es sollte darauf geachtet werden, dass die Batterien oder die Stromversorgung des Senders ihre volle Kapazität aufweisen. Falls die Sendeleistung des Senders eingestellt werden kann (wie z. B. Batteriesparfunktion), sollte darauf geachtet werden, dass diese Möglichkeit außer Betrieb gesetzt wird. Das Verzeichnis und die Kennwerte von Sendern (Typ, Leistung und Frequenzen), die während der Prüfung verwendet werden, sollten vom Hersteller in der Anwenderinformation angegeben werden.

Der Sender wird in der Hand gehalten und nahe an eine senkrechte Oberfläche des CDM/BDM herangebracht. Der nächstgelegene Punkt der Antenne zum PDS liegt 0,5 m bis 1,0 m vom PDS entfernt. Der Sender wird von „Empfang“ auf „Senden“ und wieder zurück auf „Empfang“ geschaltet. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Einschaltzeit des Sendens nicht geringer als die Zeit ist, die für das Ansprechen des PDS erforderlich ist. Im Falle, wo als Sendegerät ein Telefon verwendet wird, bei dem nicht zwischen „Senden“ und „Empfang“ umgeschaltet werden kann, wird stattdessen eine Telefonnummer übertragen.

Es sollten mindestens drei Übertragungen für jede Antennenposition durchgeführt werden: senkrecht, waagrecht in einer Ebene parallel zur Oberfläche des PDS und senkrecht zum PDS (auf das PDS zeigend).

Dieses Verfahren sollte ausgeführt werden:

- an mindestens fünf Positionen auf jeder senkrechten Oberfläche des CDM/BDM;
- an allen Öffnungen dieser senkrechten Oberflächen, ein Lüftungsgitter wird als eine Öffnung angesehen;
- an der Oberfläche des Motors, vorausgesetzt, dass er Messfühler enthält.

Das gesamte Verfahren sollte dann für mindestens zwei verschiedene Übertragungsfrequenzen wiederholt werden.

A.4 Messverfahren für hochfrequente Störaussendungen

A.4.1 Impedanz/Netznachbildung (AMN – Artificial Mains Network)

A.4.1.1 Stromkreis einer Netznachbildung

Da die Hochfrequenzstörquelle innerhalb eines Antriebes eine Quellenimpedanz aufweist, wird die Messung der Störspannung von der Netzimpedanz beeinflusst. Die Impedanz des Netzes kann besonders bei niedrigen Frequenzen als induktiv angesehen werden. Es können jedoch durch verschiedene Kapazitäten des Systems Resonanzen auftreten. Weitere Angaben dazu sind in IEC 61000-2-3:1992, 6.6, enthalten.

Sofern es möglich ist, sollte eine Netznachbildung (AMN) benutzt werden, um die während der Typprüfungen verwendete Impedanz der Stromversorgung zu vereinheitlichen. Dies verbessert die Wiederholgenauigkeit zwischen unterschiedlichen Prüfstellen.

Die Eigenschaften verschiedener Netzwerke sind in CISPR 16-1:2002, 5.1, festgelegt. Für den Frequenzbereich der in der vorliegenden Norm festgelegten Störspannungsmessungen können das 50 Ω /50 μ H-Netzwerk oder das 50 Ω /50 μ H + 5 Ω -Netzwerk verwendet werden. Zwischen 150 kHz und 30 MHz sieht die zu prüfende Einrichtung (Antriebssystem) unabhängig von der Impedanz der angeschlossenen Netzstromversorgung eine Impedanz zur Erde von 50 Ω vor, der eine Induktivität von 50 μ H parallel geschaltet ist.

Die AMN enthält den jeden Außenleiter wiedergebenden Stromkreis. Der Neutralleiter, sofern verwendet, wird über einen Stromkreis angeschlossen, der mit dem für jeden Außenleiter identisch ist.

A.4.1.2 PDS, bei denen die Netznachbildung (AMN) nicht verwendet werden kann

A.4.1.2.1 Gründe der Unmöglichkeit

Bei niedrigen Frequenzen fügen die im Innern des $50 \Omega/50 \mu\text{H}$ -AMN enthaltenen Induktivitäten $50 \mu\text{H}$ zur Impedanz der Netzstromversorgung hinzu. Die Induktivitäten im $50 \Omega/50 \mu\text{H} + 5 \Omega$ -AMN fügen $300 \mu\text{H}$ hinzu. Diese zusätzliche Impedanz kann den richtigen Betrieb einiger PDS verhindern (zum Beispiel werden Kommutierungseinbrüche bei hohem Strom und niedrigem Zündwinkel breiter, wenn die Netzimpedanz zu hoch ist). In diesen Fällen kann das AMN nicht eingesetzt werden.

Die vorstehend beschriebenen AMN sind nur für den Einsatz bis 100 A bemessen, so dass sie für PDS, die höher bemessen sind, nicht verwendet werden können. Für ein sehr großes PDS (beispielsweise Bemessungsstrom über 400 A) ist die Netzimpedanz niedriger als die Impedanz der AMN. In diesem Fall würde der Einsatz einer AMN übermäßig hohe Messwerte ergeben.

Für Versorgungsspannungen mit einem Nennwert größer als 400 V kann es schwierig werden, auf dem Markt eine AMN zu erhalten.

In diesen Fällen sollte das PDS direkt an die Netzstromversorgung angeschlossen werden, und die Störspannung kann mit einem Tastkopf mit hoher Impedanz gemessen werden.

A.4.1.2.2 Tastkopf mit hoher Impedanz

Wenn keine AMN verwendet wird, kann die Störspannung unter Verwendung eines Tastkopfes mit hoher Impedanz, wie er in CISPR 16-1:2002, 5.2.2, beschrieben ist, gemessen werden. Da der netzfrequente Strom den Tastkopf nicht durchfließt, kann dieser selbst bei PDS mit den höchsten Bemessungsströmen verwendet werden.

Durch Auswahl des Wertes und der Spannungsbemessung des Kondensators kann dieser Tastkopf in Stromversorgungen mit Spannungen bis mindestens 1 000 V eingesetzt werden. Falls der Kapazitätswert verringert wird, sollte seine Wirkung auf die Messunsicherheit, wie in CISPR 16-1 beschrieben, bei der Kalibrierung berücksichtigt werden.

Der Tastkopf wird zwischen dem Außenleiter und der Bezugserde angeschlossen. Falls das CDM/BDM einen geerdeten Metallrahmen besitzt, kann dieser als Bezugserde verwendet werden. Diese Verbindung sollte an den Versorgungszuleitungen erfolgen, wo sie in das CDM/BDM eintreten. Die Verbindungen zum Tastkopf sollten so kurz wie möglich sein, vorzugsweise kürzer als 0,5 m.

CISPR 16-1 enthält eine Warnung bezüglich der Notwendigkeit, die zwischen den mit dem Tastkopf verbundenen Zuleitungen, dem zu prüfenden Leiter und der Bezugserde gebildete Schleifenfläche zu minimieren. Hierdurch wird die Empfindlichkeit gegenüber Magnetfeldern verringert.

A.4.1.2.3 Ersatzweise Verfahren für Hochstrom-PDS

In einigen Fällen kann es schwierig sein, den Tastkopf mit hoher Impedanz aus Sicherheitsgründen während des Wechselns der Phasen zu verwenden, und die Messwerte können (wegen der fehlangepassten Impedanz) mehrere zehn Dezibel höher sein als jene, die bei einer Messung mit AMN erhalten werden.

Ein ersatzweises Verfahren, das in einigen Ländern seit einer Reihe von Jahren erprobt wurde, verwendet selbst bei Hochstrom-PDS (über einigen hundert Ampere) eine AMN mit niedrigem Strom (zum Beispiel 25 A) als Spannungstastkopf. Dieses Verfahren wird in CISPR 16-2:2003, A.5, beschrieben. Das PDS wird dabei nicht vom Stromversorgungsnetz getrennt.

Die Lastseite der AMN sollte mit einem Kabel von 1 m Länge mit den Versorgungsleitungen an den Stromversorgungsanschlussklemmen des PDS verbunden werden. Zwischen dem Anschlusspunkt und der AMN-Verbindung sollte eine Induktivität vorhanden sein (z. B. die Anschlussleitung). Die Netzseite der AMN sollte offen bleiben (zum Beispiel kein Anschluss von Zusatzgeräten). Der Empfänger sollte wie üblich mit der AMN verbunden sein. Die mit diesem Verfahren erhaltenen Messergebnisse sind denen einer virtuellen AMN mit mehreren hundert Ampere ziemlich ähnlich.

EN 61800-3:2004

A.4.2 Durchführung von Prüfungen der hochfrequenten Störaussendungen

A.4.2.1 Messeinrichtung

A.4.2.1.1 Zweck der Angaben

Für definitive Angaben sollte Bezug auf die normativen Teile der vorliegenden Norm sowie auf CISPR 11 und CISPR 16-1 genommen werden. Es werden hier einige zusätzliche Klarstellungen für jene Anwender der vorliegenden Norm angegeben, die mit Messverfahren für hochfrequente Störaussendungen nicht vertraut sind.

A.4.2.1.2 Spektrumanalysatoren

Spektrumanalysatoren werden häufig zur Bewertung von Hochfrequenzstörungen verwendet. Viele Spektrumanalysatoren sind jedoch nicht völlig mit CISPR 16-1 vereinbar und es können Probleme auftreten.

Falls ein Mangel an Eingangsempfindlichkeit auftritt, können Intermodulationseffekte auftreten, die zu falschen Messergebnissen führen. Einige Spektrumanalysatoren verfügen nicht über die richtige Bandbreite, was wieder zu Fehlern führt.

Spektrumanalysatoren verwenden Spitzenwertdetektoren für die übliche Abtastung. CISPR-Normen fordern jedoch den Einsatz von Empfängern mit speziellen Detektoren, die als Quasi-Spitzenwert- und Mittelwertverfahren bekannt sind. Der Quasi-Spitzenwertdetektor wird manchmal auch als „CISPR-Detektor“ bezeichnet. Einige Spektrumanalysatoren stellen diese Eigenschaft als Option zur Verfügung. CISPR 16-1 fordert eine hohe Überlastungsfähigkeit für Quasi-Spitzen- und Mittelwertdetektoren, die bei vielen Spektrumanalysatoren zu einem Problem führen kann.

Falls ein Spektrumanalysator mit den Anforderungen nach CISPR 16-1 voll übereinstimmt, sollte dies vom Hersteller des Analysators angegeben werden.

A.4.2.1.3 Eignung von Prüfeempfängern

Um zu bestimmen, ob ein Messgerät (Spektrumanalysator oder Prüfeempfänger) geeignet ist, sollte der Lieferant des Messgerätes befragt werden, ob dieses voll mit den Anforderungen nach CISPR 16-1 übereinstimmt. Zum besseren Verständnis der Anforderungen wird nachfolgend eine Zusammenfassung einiger der Hauptmerkmale angegeben.

Zur Messung der Störung an den Netzanschlussklemmen sollte der Empfänger den Frequenzbereich zwischen 150 kHz und 30 MHz umfassen. Es sollten sowohl Quasi-Spitzen- als auch Mittelwertdetektoren vorhanden sein. Die Bandbreite sollte 9 kHz betragen.

In einigen Empfängern ist auch der Frequenzbereich zwischen 9 kHz und 150 kHz vorhanden. In diesem Frequenzbereich sollte ein Quasi-Spitzenwertdetektor vorhanden sein, und die Bandbreite sollte 200 Hz betragen.

Der Empfänger für elektromagnetische Störstrahlungsmessungen (feldgebundene Störaussendungen) sollte das Frequenzband von 30 MHz bis 1 000 MHz abdecken. Hier beträgt die Bandbreite 120 kHz und es sollte ein Quasi-Spitzenwertdetektor verwendet werden.

A.4.2.2 Messverfahren

A.4.2.2.1 Faltungsfrequenzen (Aliasing)

Der Empfänger sollte es zulassen, dass eine eingestellte vorgegebene Frequenz über eine Zeit beibehalten wird, die lang genug ist, um das Einschwingen des Detektorausgangs zuzulassen. Falls ein Prüfeempfänger (oder Spektrumanalysator) zu schnell abgestimmt wird, schwingt der Detektor nicht richtig ein und es tritt eine Erscheinung auf, die Aliasing-Effekt (Interferenzeffekt) genannt wird und zu falschen Messergebnissen führt. Dieser Punkt ist insbesondere bei der Leistungselektronik einschließlich PDS auf Grund der niedrigen Puls-wiederholffrequenzen (50/60 Hz bis einige Kilohertz) von Bedeutung. Wenn Spitzen oder Einbrüche in den Kurvenverläufen erscheinen und über den Bildschirm wandern, tritt der Aliasing-Effekt auf und die Abtastzeit sollte erhöht werden.

Bei der Art von Spektrumanalysatoren, die häufig zur Bewertung von Hochfrequenzstörungen verwendet werden, wird ein eingebauter Oszillator über den Frequenzbereich durchgestimmt. Dies sollte nicht mit Analysatoren verwechselt werden, die eine schnelle Fourier-Transformation im Zeitbereich verwenden.

Bei jenen Frequenzen, bei denen die Messergebnisse nahe dem Grenzwert liegen, sollte eine Messung ohne Frequenzdurchlauf des Empfängers durchgeführt werden. Dies vermeidet das Problem der Ungenauigkeit durch den Aliasing-Effekt bei diesen Frequenzen.

A.4.2.2.2 Spitzenwerte, Quasi-Spitzenwerte und Mittelwerte

Spitzenwert-, Quasi-Spitzenwert- und Mittelwertdetektoren führen in Anwesenheit von kontinuierlichen sinusförmigen Signalen zu denselben Messergebnissen, vorausgesetzt, dass die Bandbreite dieselbe ist. In Anwesenheit eines impulsförmigen Signals, wie z. B. einem pulsweitenmodulierten Signal (PWM), wird der höchste Messwert vom Spitzenwertdetektor und der niedrigste vom Mittelwertdetektor angezeigt. Der Unterschied zwischen den von den verschiedenen Detektoren angezeigten Messergebnissen ist am größten, wenn die Pulswiederholfrequenz sehr viel niedriger als die Empfängerbandbreite ist.

A.4.2.2.3 Umgebungsstörungen

Die Anforderungen an die Begrenzung der Umgebungsstörungen sind in CISPR 11:2003, 6.1, angegeben.

Es sollte darauf geachtet werden, dass sichergestellt ist, dass Umgebungsstörungen keine fehlerhaften Messergebnisse verursachen. Wenn der Umgebungsstörspegel aus der Eingangsnetzversorgung überwacht wird, sollte beachtet werden, dass ein offenes Schaltschütz oder ein geöffneter Schalter eine Dämpfung hervorruft, die beim Betrieb des PDS nicht vorhanden sein wird.

A.4.2.2.4 Betriebszustand eines PDS während der Prüfung

Die Prüfung ist vorgesehen, um die tatsächlichen Betriebsbedingungen nachzubilden. Daher sollte die Einrichtung in einer Art und Weise betrieben werden, die im bestimmungsgemäßen Einsatz erwartet werden kann. Zum Beispiel sollten Abdeckungen und Türen, die während des bestimmungsgemäßen Betriebes geschlossen sind, während der Prüfung geschlossen sein. Einige weitere Anforderungen sind im normativen Teil der vorliegenden Norm angegeben.

A.4.2.2.5 Messung feldgebundener Störaussendungen

Antennen und Prüfplatz für feldgebundene Störaussendungen sind im Einzelnen in CISPR 16-1:2002, 5.5 und 5.6, beschrieben.

Um die Messungen von feldgebundenen Störaussendungen zu normen, wird ein spezieller Freifeld-Prüfplatz benutzt. Dieser enthält eine metallene Bodenplatte mit ausreichender elektrischer Leitfähigkeit, um gleichförmige Reflexionseigenschaften zu erzielen.

Die zu prüfende Einrichtung wird auf einem Drehtisch aufgebaut, so dass feldgebundene Störaussendungen in verschiedenen Richtungen gemessen werden können.

Um sicherzustellen, dass Messungen bei der niedrigsten Frequenz (30 MHz) im Fernfeld ausgeführt werden können, wird die Antenne 10 m oder 30 m von der zu prüfenden Einrichtung entfernt aufgestellt.

Die Antenne wird sowohl in horizontaler als auch vertikaler Polarisation auf und ab bewegt, um die höchste Störaussendung bei jeder gegebenen Frequenz zu finden.

A.4.2.2.6 Prüfungen am Einsatzort

Wenn die Einrichtung nicht auf einem Prüfplatz geprüft werden kann, muss die Prüfung am Einsatzort durchgeführt werden. In diesem Fall sollte darauf geachtet werden, Probleme zu vermeiden, die durch Umgebungsstörungen, wie vorstehend beschrieben, hervorgerufen werden.

Prüfungen am Einsatzort sind nicht gleichermaßen wiederholbar wie eine Prüfung auf einem Prüfplatz. Daher sollte sorgfältig überprüft werden, ob die Messergebnisse einer Prüfung am Einsatzort verwendet werden können, um die Übereinstimmung mit Normen für ein in großen Mengen hergestelltes Produkt voraussagen zu können.

EN 61800-3:2004

Eine Näherung, die in den Vereinigten Staaten verwendet wird, wenn Prüfungen nicht auf einem Prüfplatz ausgeführt wurden, ist, die Prüfung am Einsatzort an den ersten drei Orten durchzuführen, an denen die Einrichtung errichtet wird. Falls festgestellt wird, dass die Einrichtung an allen drei Orten den Grenzwerten entspricht, wird davon ausgegangen, dass die Einrichtung die Grenzwerte im allgemeinen Fall erfüllt.

A.4.3 Mit Hochleistungs-PDS gesammelte Erfahrungen

In mehreren Jahrzehnten zeigte die Erfahrung in verschiedenen Ländern, dass die festgelegten gesetzlichen Regelungen und der Schutz von Funkdiensten gegen Hochfrequenzstörungen in der Praxis mit ausgezeichneten Ergebnissen verbessert wurden. Als ein Beispiel wird nachstehend das Verfahren beschrieben, das in Deutschland über viele Jahre verwendet wurde.

Nach diesem Verfahren werden Hochleistungseinrichtungen nicht auf einem Prüfplatz geprüft, weil Hochleistungseinrichtungen, die für den Einsatz in der zweiten Umgebung vorgesehen sind, Bestandteil einer Anlage sind, siehe [4]. Dieselben Regeln gelten für Einrichtungen, die vom Anwender selbst unter seiner Verantwortung gebaut werden, siehe [5]. Die Grenzwerte der Störaussendung solch einer Hochleistungsanlage sind auf die tatsächlichen Grenzen des Anlagengeländes bezogen, selbst im Fall von Mess- sowie Steuer- und Regeleinrichtungen, die dort für die Errichtung vorgesehen sind. Die Grenzwerte der Störaussendung wurden in Bezug auf die Anlagengrenze angewendet (der Messpunkt für leitungsgeführte Störspannungen ist die Unterspannungsseite (Sekundärseite) des nächsten zur Verfügung stehenden Mittelspannungstransformators und für feldgebundene Störaussendungen eine Entfernung von 30 m von der Grenze), siehe [4] und [5].

Als ein Ergebnis folgt das in 6.5 angegebene Verfahren dieser Erfahrung. Solch ein Einsatz eines PDS (Kategorie C4) erfordert EMV-Fachwissen. Solch Fachwissen sollte bei der Konstruktion des Gerätes angewendet werden oder der Hersteller und der Anwender sollten die wirtschaftlichsten Verträglichkeitspegel in einer besonderen und speziellen Umgebung festlegen.

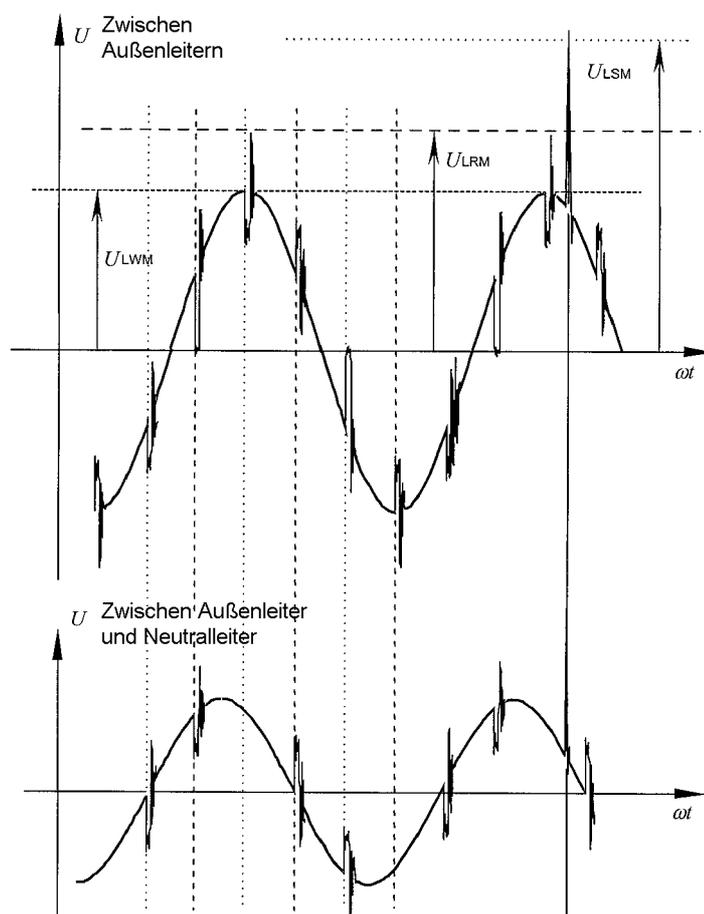
Anhang B (informativ)

Niederfrequente Phänomene

B.1 Kommutierungseinbrüche

B.1.1 Entstehung – Beschreibung

Kommutierungseinbrüche werden durch Kurzschlüsse zwischen den Außenleitern verursacht, die an den Anschlussklemmen eines Thyristor-Stromrichters vorkommen. Sie treten auf, wenn Strom von einer Phase der Stromversorgung zur nächsten kommutiert wird. Spannungseinbrüche sind Abweichungen der Netzwechselfspannung vom Momentanwert der Grundschiwingung. Die Höhe des Kommutierungseinbruchs, der an anderer Stelle des Versorgungsnetzes in Erscheinung tritt, hängt vom Verhältnis der Netzimpedanz zur Entkopplungsreaktanz des Thyristor-Stromrichters ab.



ANMERKUNG Der typische Bereich der normierten Werte ist nur für Referenzzwecke angegeben.

Im Bild wird davon ausgegangen, dass zwischen PDS-Anschlussklemmen und Stromrichter keine Impedanz vorhanden ist.

Periodische Transienten $(U_{LRM}/U_{LWM}) = 1,25$ bis $1,50$, abhängig von der Auslegung des Dämpfungsnetzwerkes in Bezug auf di/dt und I_{RR} (dynamischer Sperrstrom des Halbleiters).

Nicht periodische Transienten $(U_{LSM}/U_{LWM}) = 1,80$ bis $2,50$, abhängig von zusätzlichen Schutzeinrichtungen.

Bild B.1 – Typischer Kurvenverlauf von Kommutierungseinbrüchen – Unterschied zur nicht periodischen Transiente

EN 61800-3:2004

Die Analyse der Einbrüche berücksichtigt einen breiteren Frequenzbereich als die übliche Oberschwingungsanalyse. Ihre Zeitbereichseigenschaften verursachen Wirkungen, die mit einer einfachen Oberschwingungsanalyse nicht verstanden werden können. Daher werden sie unter Verwendung eines Oszilloskopes im Zeitbereich analysiert.

Zuerst sollte an Nachfolgendes erinnert werden:

- in einfachen Fällen, wo die Regel gilt, wird angenommen, dass die Netzimpedanz mit einer reinen Reaktanz nachgebildet werden kann: $Z = L \omega$ (Diese Annahme gilt nicht in Fällen, wo Kapazitäten oder lange Leitungen vorhanden sind, in solchen Fällen können Resonanzen auftreten.);
- die Störfestigkeit gegen Kommutierungseinbrüche ist in IEC 60146-1-1:1991, 2.5.4.1, klassifiziert, wo ihre Messung nach Tiefe (in % von U_{LMW}) und nach Fläche (Tiefe multipliziert mit Breite, in % Grad) festgelegt ist; IEC 60146-1-1 definiert U_{LMW} als den höchsten Augenblickswert von U_L , ausschließlich Transienten (daher ist dies die Amplitude), wobei U_L die Spannung zwischen den Außenleitern auf der Netzseite des Stromrichters oder Transformators, sofern vorhanden, ist.

Falls der Stromrichter keine Induktivität enthält, ist die Tiefe d des prinzipiellen Einbruchs in der Spannung zwischen den Außenleitern an den Anschlussklemmen des Stromrichters selbst (oder den Anschlussklemmen des BDM/CDM) gegeben durch:

$$d = 100 \sin \alpha (\%)$$

Dabei ist α der Zündwinkel eines netzgeführten Stromrichters (bezogen auf den natürlichen Kommutierungspunkt einer Diode):

- der prinzipielle Einbruch ist durch einen Wert von 0 V gekennzeichnet (Spannung zwischen den Außenleitern an den Anschlussklemmen des Stromrichters);
- die Näherung ergibt eine Unterbewertung von d für $\alpha < 90^\circ$ und eine Überbewertung von d für $\alpha > 90^\circ$.

Die Einbruchsfläche a kann durch eine einfache Beziehung angenähert werden (Beispiel einer Drehstrombrücke, siehe die Bedingungen der Näherung in der nachstehenden Anmerkung):

$$a = 8\,000 (Z_t \times I_{1L} / U_L) (\% \text{ Grad})$$

Dabei ist:

Z_t die Gesamtnetzimpedanz je Phase (hier als eine reine Reaktanz angenommen), einschließlich jeder Impedanz im CDM;

I_{1L} Grundschiwingung des netzseitigen Stromes;

U_L die Außenleiterspannung.

Es ist ersichtlich, dass der ungünstigste Fall auftritt, wenn das PDS unter Strombegrenzungsbedingungen betrieben wird.

ANMERKUNG Während des Kommutierungswinkels u , von α bis $(\alpha + u)$, ist die Kommutierungsspannung:

$$\sqrt{2} U_L \sin \omega t$$

und

$$\sqrt{2} U_L \sin \omega t = 2 L_t di / dt$$

Die Fläche des Kommutierungseinbruchs ist:

$$A = \int_{\alpha}^{\alpha+u} U(\theta) d\theta = 2 L_t \int_{\alpha}^{\alpha+u} \frac{di}{dt} \frac{dt}{d\theta} d\theta \quad (\text{in Volt} \times \text{Radiant})$$

$$A = 2 L_t \omega I_{\alpha}, \text{ was heißt: } A = 2 Z_t I_{\alpha}$$

Dabei ist I_α der kommutierte Strom.

Unter der Annahme $I_\alpha \approx 0,75 I_d$, um die I_d -Welligkeit in einer Drehstrombrücke zu berücksichtigen:

$$A = 1,5 Z_t I_d$$

und mit α in % Grad:

$$\alpha = 100 A (360/2\pi) (1/\sqrt{2} U_L) = 6\,077 (Z_t I_d/U_L)$$

$$\alpha = 7\,794 (Z_t I_{1L}/U_L)$$

$$\alpha \approx 8\,000 (Z_t I_{1L}/U_L) \text{ oder normiert } \alpha \approx 4\,500 (z_t i_L)$$

B.1.2 Berechnung

B.1.2.1 Allgemeine Bewertung

Wenn die vorstehend genannten Annahmen gelten, ist die Tiefe des Einbruchs am Anschlusspunkt PC:

$$d_{PC} \% = 100 \sin \alpha (Z_c/(Z_c + Z_d)) = 100 \sin \alpha (Z_c/Z_t)$$

Dabei ist Z_t die gesamte Netzimpedanz.

$$Z_t = Z_c + Z_d$$

Dabei ist:

Z_d die Entkopplungsreaktanz (entweder im CDM enthalten oder nicht) zwischen dem PC und den Anschlussklemmen des Stromrichters;

Z_c die Netzimpedanz am PC.

Die Amplitude des Aussteuerungsvermögens des Stromrichters (zum Beispiel im Falle einer gesteuerten Drehstrombrücke) wird häufig als $\sin \alpha$ angegeben. Die Tiefe des Einbruchs schwankt von 100 % an den Anschlussklemmen des Stromrichters bis auf 0 % an einer Quelle mit der Impedanz Null.

Das Hinzufügen einer Entkopplungsreaktanz Z_d zwischen dem PC und dem BDM verringert die Tiefe des Einbruchs und erhöht die Breite des Einbruchs am PC, wobei jedoch die Fläche des Einbruchs konstant bleibt.

$$a_{PC} = 8\,000 (Z_c \times I_{1L}/U_L) (\% \text{ Grad})$$

In einfachen Fällen, wo die vorstehende Annahme gilt, können diese Gleichungen verwendet werden, um die erforderliche Entkopplungsreaktanz festzulegen. Mit Kenntnis des Grenzwertes der Tiefe des Einbruchs (siehe [Tabelle B.1](#)) und der Amplitude des Aussteuerungsvermögens des Stromrichters ergibt sich die Tiefe des Einbruchs am PC mit:

$$Z_c/(Z_c + Z_d)$$

Dann lässt die vom Anwender festgelegte Z_c die Berechnung von Z_d durch den Anlagenerrichter zu, von der die eventuell vorhandene innere Entkopplungsreaktanz (vom Hersteller angegeben) subtrahiert werden kann. Der verbleibende Wert ist die für die richtige Entkopplung hinzuzufügende Reaktanz.

ANMERKUNG Die vorstehenden Berechnungen berücksichtigen keine transienten Überspannungen am Anfang und Ende des Einbruchs.

EN 61800-3:2004

B.1.2.2 Praktische Regeln

Die vorstehende Berechnung legt die praktische Regel für eine Entkopplung der Störaussendung mit Hilfe einer Reaktanz Z_d fest. Dies ist nachstehend zusammengefasst. Die grundlegenden Beziehungen unter der Annahme, dass die Netzimpedanz eine reine Reaktanz ist, sind:

$$Z_c = L_c \times \omega$$

$$Z_t = Z_c + Z_d$$

$$d_{PC} \% = 100 \sin \alpha (Z_c/Z_t)$$

$$a_{PC} \% \text{ Grad} = 8\,000 (Z_c \times I_{1L}/U_L)$$

Im Falle von vielen Stromrichtern, die an demselben Netz angeschlossen sind, sollte IEC 60146-1-2, 3.5, beachtet werden.

Es sollte jedoch daran erinnert werden, dass Übereinstimmung mit dem Kriterium der Störaussendung durch Kommutierungseinbrüche nicht automatisch die Übereinstimmung mit den Kriterien an die Oberschwingungsstöraussendung sicherstellt. Umgekehrt stellt die Übereinstimmung mit den Kriterien an die Oberschwingungsstöraussendung nicht automatisch die Übereinstimmung mit dem Kriterium der Störaussendung durch Kommutierungseinbrüche sicher. Der Aspekt der Störfestigkeit wird von den Kriterien der Oberschwingungsverzerrung nicht vollständig abgedeckt. Da tatsächlich das Oberschwingungskriterium keinerlei Phasenbeziehung zwischen den verschiedenen Oberschwingungskomponenten einschließt, verhindert es nicht die Einwirkung bestimmter Spannungsformen auf das PDS. Da die besondere Kurvenform der Kommutierungseinbrüche (du/dt , mögliche Nulldurchgänge) sowohl den Betrieb von Dämpfungsgliedern beeinflusst als auch den Betrieb elektronischer Regelungen beeinflussen kann, ist in IEC 61800-1:1997 und in IEC 61800-2:1998 ein besonderes Störfestigkeitskriterium festgelegt, das selbst als „Elektrische Betriebsbedingungen“ in 4.1.1 dieser Normen definiert wurde.

B.1.3 Empfehlungen zu Kommutierungseinbrüchen**B.1.3.1 Störaussendung**

Die Empfehlung gilt nicht für Leistungsstromrichter mit solch einem Aufbau, von dem bekannt ist, dass keine Kommutierungseinbrüche auftreten oder die eine vernachlässigbare Amplitude haben.

ANMERKUNG 1 Ein Umrichter mit Spannungszwischenkreis und aktivem Eingang, der mit Entkopplungsfiltren ausgerüstet ist, die zur Dämpfung der Wirkungen der Schaltfrequenz ausgelegt sind, erzeugt zum Beispiel keine Kommutierungseinbrüche. Ein einfacher Diodengleichrichter erzeugt Einbrüche mit vernachlässigbarer Amplitude. Der hauptsächlich praktische Fall, bei dem die Aussendung von Einbrüchen berücksichtigt werden sollte, ist der Fall des Thyristor-Stromrichters (netzgeführt).

Die Übereinstimmung mit den Empfehlungen zu Kommutierungseinbrüchen schließt das Erfordernis nicht aus, die Übereinstimmung mit den Anforderungen an Oberschwingungen nachzuweisen. Die Tiefe des hauptsächlichlichen Einbruchs am PC (PCC oder IPC) sollte nach [Tabelle B.1](#) mit einer Netzimpedanz, die als reine Reaktanz angenommen wird, begrenzt werden:

$$Z = L \omega$$

Sie sollte einen Wert von 1,5 % haben (bezogen auf die Bemessungsleistung des PDS).

ANMERKUNG 2 Bei der Errichtung des PDS wird die Netzimpedanz praktisch durch die Kurzschlussleistung S_{sc} am PC definiert:

$$Z_{sc} = U_{LN}^2/S_{sc}$$

Tabelle B.1 – Höchstzulässige Tiefe der Kommutierungseinbrüche am Kopplungspunkt (PC)

	Erste Umgebung	Zweite Umgebung
Größte Einbruchtiefe	20 % IEC 60146-1-1, Klasse C, oder Übereinstimmung mit den Anforderungen des örtlichen Energieversorgungsunternehmens	40 % IEC 60146-1-1, Klasse B, oder Vereinbarung mit dem Anwender

ANMERKUNG 3 Diese Regel kann nicht in Fällen angewendet werden, bei denen durch Kondensatoren oder lange Kabellängen Resonanzen erwartet werden.

ANMERKUNG 4 In bestimmten Verteilungsnetzen können spezielle Überlegungen erforderlich sein (zum Beispiel interne Verteilungsnetze in Krankenhäusern). In solchen Fällen sollten die Bedingungen vom Anwender festgelegt werden.

Übereinstimmung darf durch Berechnung, Nachbildung oder Messung nachgewiesen werden.

Falls das PDS von dieser Empfehlung abweicht und um sicherzustellen, dass der Anwender dieser Empfehlung nachkommen kann, sollte der Hersteller nachfolgende Angaben in den Anwenderunterlagen bereitstellen:

- größte und kleinste Netzimpedanz für den korrekten Betrieb des CDM/BDM;
- Einzelheiten zur Entkopplungsreaktanz Z_d , die im CDM/BDM enthalten ist, sofern vorhanden;
- Einzelheiten zu verfügbaren Entkopplungsreaktanzen Z_d , die als Option geliefert werden können.

ANMERKUNG 5 Die größte Netzimpedanz steht in direktem Zusammenhang zur größten Einbruchsfläche am PC (siehe B.1.1).

Im Falle, dass jedoch mehrere PDS am gleichen PC angeschlossen sind, ist die Einbruchsbegrenzung eine Überlegung zum Netz und es kann keine einfache Regel definiert werden.

ANMERKUNG 6 Der hauptsächlich praktische Fall, bei dem die Störfestigkeit gegen Einbrüche für andere Einrichtungen berücksichtigt werden sollte, ist der Fall von Hochfrequenzstörfiltern (RFI-Filter).

B.1.3.2 Störfestigkeit

Die schädliche Einwirkung von Einbrüchen auf ein PDS kann viel größer sein als diejenige, die durch eine Frequenzbereichsanalyse ihres Anteils an der Gesamtoberschwingungsverzerrung ermittelt wird. Daher ist eine Zeitbereichsanalyse der Kommutierungseinbrüche erforderlich. Es ist zu beachten, dass die Beanspruchung durch Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüche sowohl die elektronische Steuerung als auch einige Leistungsbaulemente (beispielsweise Dämpfungsglieder) beeinflusst. Weil das Fehlverhalten der elektronischen Steuerung sofort eintritt und Dämpfungsglieder eine kurze Wärmezeitkonstante haben, braucht die Dauer einer Prüfung, sofern durchgeführt, unter Dauerbedingungen 1 h nicht zu überschreiten.

Einige praktische Fälle, bei denen die Störfestigkeit gegen Einbrüche berücksichtigt werden sollte, sind:

- unmittelbare Beeinflussung des Betriebes, zum Beispiel die Einwirkung auf elektronische Synchronisationsstromkreise, bei denen der Nulldurchgang der Spannung als Bezugswert verwendet wird;
- Wärmeüberlastung, zum Beispiel Überlastung von Dämpfungsstromkreisen in Leistungsstromrichtern;
- Überspannung an LC-Stromkreisen, zum Beispiel RFI-Filter.

B.2 Definitionen zu Oberschwingungen und Oberschwingungen mit nicht ganzzahligen Ordnungszahlen

B.2.1 Allgemeine Diskussion

B.2.1.1

Auflösung von nicht sinusförmigen Spannungen und Strömen

Die klassische Fourier-Reihen-Analyse (IEV 101-13-08) ermöglicht es, jede beliebige nicht sinusförmige, jedoch periodische Größe in wahre sinusförmige Komponenten einer Reihe von Frequenzen und außerdem eine Gleichstromkomponente aufzulösen. Die niedrigste Frequenz der Reihe wird Grundschwingungsfrequenz (IEV 101-14-49) genannt. Die anderen Frequenzen in der Reihe sind ganzzahlige Vielfache der Grundschwingungsfrequenz und werden Oberschwingungsfrequenzen genannt. Die entsprechenden Komponenten werden als die Grundschwingungs- bzw. Oberschwingungskomponenten bezeichnet.

Die Fourier-Transformation (IEV 101-13-09) darf auf jede periodische oder nicht periodische Funktion angewendet werden. Das Ergebnis der Transformation ist ein Spektrum im Zeitbereich, das im Falle der nicht periodischen Zeitfunktion kontinuierlich ist und keine Grundschwingungskomponente besitzt. Der besondere Fall der Anwendung auf eine periodische Funktion zeigt ein Linienspektrum im Frequenzbereich, bei dem die Linien des Spektrums die Grundschwingung und die Oberschwingungen der entsprechenden Fourier-Reihe sind.

ANMERKUNG 1 Wenn die Spannung eines Stromversorgungsnetzes analysiert wird, ist die Komponente bei der Grundschwingungsfrequenz diejenige mit der höchsten Amplitude. Dies ist nicht notwendigerweise die erste Linie des erhaltenen Spektrums, wenn eine DFT auf eine Zeitfunktion angewendet wird.

ANMERKUNG 2 Bei der Analyse eines Stromes ist die Komponente bei der Grundschwingungsfrequenz nicht notwendigerweise die Komponente mit der höchsten Amplitude.

B.2.1.2

Zeitveränderliche Phänomene

Die Spannungen und Ströme eines typischen elektrischen Versorgungsnetzes werden von ständigen Schaltvorgängen und Änderungen sowohl linearer als auch nichtlinearer Lasten beeinflusst. Zum Zweck der Analyse werden sie jedoch innerhalb des Messfensters (etwa 200 ms), das ein ganzzahliges Vielfaches der Schwingungsperiode der Netzspannung ist, als stationär angesehen. Oberschwingungsanalytoren sind so ausgelegt, dass sie den besten Kompromiss ergeben, den die Technik bieten kann (siehe IEC 61000-4-7:2002).

B.2.2 Auf Phänomene bezogene Begriffe

B.2.2.1

Grundschwingungsfrequenz

Frequenz im Spektrum, das durch die Fourier-Transformation einer Zeitfunktion erhalten wird und auf die Frequenzen des Spektrums bezogen werden. Im Sinne von IEC 61800 ist die Grundschwingungsfrequenz die Frequenz der Stromversorgung, aus der der Stromrichter gespeist wird oder die vom Stromrichter erzeugt wird, je nachdem welcher Fall betrachtet wird

[IEV 101-14-50, modifiziert]

ANMERKUNG 1 IEV 551-20-01 und IEV 551-20-02 definieren die Komponenten als Ergebnis der Fourier-Analyse, Frequenzen sind daher eine Folgeerscheinung. Im vorliegenden Abschnitt folgen die Definitionen der Annäherung von SC77A, die zuerst die Frequenzen definiert, Komponenten sind eine Folgeerscheinung. Es gibt keinen Widerspruch zwischen den beiden unterschiedlichen Annäherungen.

ANMERKUNG 2 Im Falle einer periodischen Funktion entspricht die Grundschwingungsfrequenz im Allgemeinen der Frequenz der Funktion selbst (siehe IEV 551-20-03 und IEV 551-20-01). Die vorstehende Definition entspricht der authentischen Definition der „Referenz-Grundschwingungsfrequenz“ nach IEV 551-20-04 und IEV 551-20-02, bei der die Benennung „Referenz“, soweit es keine Gefahr der Zweideutigkeit gibt, fortgelassen werden darf.

ANMERKUNG 3 Im Falle irgendeiner verbleibenden Gefahr der Zweideutigkeit sollte die Frequenz der Stromversorgung auf die Polarität und die Drehzahl des (der) Synchrongenerators (Synchrongeneratoren), der (die) das Netz speist (speisen), bezogen werden.

ANMERKUNG 4 Diese Definition darf auch auf jedes industrielle Stromversorgungsnetz angewendet werden, ohne Rücksicht auf die von ihm gespeiste Last (eine einzelne Last oder eine Kombination von Lasten, umlaufende Maschinen oder andere Lasten) und selbst dann, wenn der das Netz speisende Generator ein statischer Umformer ist.

B.2.2.2

Grundschwingungskomponente (oder Grundschwingung)

Komponente, deren Frequenz die Grundschwingungsfrequenz ist

B.2.2.3

Oberschwingungsfrequenz

Frequenz, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundschwingungsfrequenz ist. Das Verhältnis der Oberschwingungsfrequenz zur Grundschwingungsfrequenz wird als Ordnungszahl der Oberschwingung bezeichnet (empfohlenes Formelzeichen „ h “), siehe IEV 551-20-07, IEV 551-20-05 und IEV 551-20-09

B.2.2.4

Oberschwingungskomponente

jede Komponente, die eine Oberschwingungsfrequenz besitzt. Ihr Wert wird üblicherweise als Effektivwert angegeben

ANMERKUNG In Kurzform darf solch eine Komponente auch einfach als Oberschwingung bezeichnet werden.

B.2.2.5

Oberschwingungsfrequenz mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl

jede Frequenz, die kein ganzzahliges Vielfaches der Grundschwingungsfrequenz ist, siehe IEV 551-20-07, IEV 551-20-05 und IEV 551-20-09

ANMERKUNG 1 In Erweiterung der Ordnungszahl der Oberschwingung ist die Ordnungszahl der Oberschwingung mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl das Verhältnis der Oberschwingungsfrequenz mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl zur Grundschwingungsfrequenz. Dieses Verhältnis ist keine ganze Zahl (empfohlenes Formelzeichen „ m “).

ANMERKUNG 2 Im Fall, wo $m < 1$ ist, darf auch die Benennung Subharmonische verwendet werden (siehe IEV 551-20-10).

B.2.2.6

Oberschwingungskomponente mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl

Komponente, die eine Oberschwingungsfrequenz mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl besitzt. Ihr Wert wird üblicherweise als Effektivwert angegeben

ANMERKUNG 1 In Kurzform darf solch eine Komponente auch einfach als Oberschwingung mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl bezeichnet werden.

ANMERKUNG 2 Im Sinne von IEC 61800 und wie in IEC 61000-4-7 angegeben, hat das Zeitfenster eine Breite von 10 Grundschwingungsperioden (50-Hz-Netze) oder 12 Grundschwingungsperioden (60-Hz-Netze), d. h. etwa 200 ms. Der Frequenzunterschied zwischen zwei aufeinander folgenden Oberschwingungskomponenten mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl ist daher etwa 5 Hz. Im Falle anderer Grundschwingungsfrequenzen sollte das Zeitfenster zwischen 6 Grundschwingungsperioden (etwa 1 000 ms bei 6 Hz) und 18 Grundschwingungsperioden (etwa 100 ms bei 180 Hz) gewählt werden.

B.2.2.7

Oberschwingungsgehalt

Summe der Oberschwingungskomponenten einer periodischen Größe

[IEV 551-20-12]

ANMERKUNG 1 Der Oberschwingungsgehalt ist eine Zeitfunktion.

ANMERKUNG 2 Für die praktische Analyse kann eine Näherung der Periodizität erforderlich sein.

EN 61800-3:2004

ANMERKUNG 3 Der Oberschwingungsgehalt ist von der Wahl der Grundschwingungskomponente abhängig. Falls es aus dem Kontext nicht eindeutig hervorgeht, welche verwendet wird, sollte dazu eine Angabe gemacht werden.

ANMERKUNG 4 Der Effektivwert des Verzerrungsanteils ist:

$$HC = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} (Q_h)^2}$$

Dabei ist:

Q jeder Strom oder jede Spannung;

h Ordnungszahl der Oberschwingung (nach B.2.2.3);

H im Sinne der vorliegenden Norm 40.

B.2.2.8**Gesamtberschwingungsverzerrung (THD – Total Harmonic Distortion)**

Verhältnis des Effektivwertes des Oberschwingungsgehaltes zum Effektivwert der Grundschwingungskomponente oder der Referenz-Grundschwingungskomponente einer Wechselgröße

[IEV 551-20-13]

ANMERKUNG 1 Der Oberschwingungsgehalt ist von der Wahl der Grundschwingungskomponente abhängig. Falls es aus dem Kontext nicht eindeutig hervorgeht, welche verwendet wird, sollte dazu eine Angabe gemacht werden.

ANMERKUNG 2 Das Gesamtberschwingungsverhältnis darf auf eine bestimmte Ordnungszahl der Oberschwingung (empfohlenes Formelzeichen „ H “) beschränkt werden. Im Sinne der vorliegenden Norm 40.

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2}$$

Dabei ist zusätzlich zu den Formelzeichen in B.2.2.7:

Q_1 der Effektivwert der Grundschwingungskomponente.

B.2.2.9**Gesamtverzerrungsanteil**

Größe, die durch Subtraktion ihrer Grundschwingungskomponente oder ihrer Referenz-Grundschwingungskomponente von einer Wechselgröße erhalten wird

[IEV 551-20-11]

ANMERKUNG 1 Der Gesamtverzerrungsanteil enthält Oberschwingungskomponenten und Oberschwingungskomponenten mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl, sofern vorhanden.

ANMERKUNG 2 Der Gesamtberschwingungsanteil ist von der Wahl der Grundschwingungskomponente abhängig. Falls es aus dem Kontext nicht eindeutig hervorgeht, welche subtrahiert wird, sollte dazu eine Angabe gemacht werden.

ANMERKUNG 3 Der Gesamtberschwingungsanteil ist eine Zeitfunktion.

ANMERKUNG 4 Eine Wechselgröße (Abkürzung Q) ist eine periodische Größe ohne Gleichstromkomponente.

ANMERKUNG 5 Der Effektivwert des Gesamtverzerrungsanteils ist:

$$DC = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$$

Dabei gelten die Formelzeichen nach B.2.2.7 und B.2.2.8. Siehe auch IEV 101-14-54 und IEV 551-20-06.

B.2.2.10**Gesamtverzerrungsverhältnis (*TDR* – Total Distortion Ratio)**

Verhältnis des Effektivwertes des Gesamtverzerrungsanteils zum Effektivwert der Grundschwingungskomponente oder der Referenz-Grundschwingungskomponente von einer Wechselgröße

[IEV 551-20-14]

ANMERKUNG Das Gesamtverzerrungsverhältnis ist von der Wahl der Grundschwingungskomponente abhängig. Falls es aus dem Kontext nicht eindeutig hervorgeht, welche verwendet wird, sollte dazu eine Angabe gemacht werden.

$$TDR = \frac{DC}{Q_1} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1}$$

B.2.2.11**Gesamtverzerrungsfaktor (*TDF* – Total Distortion Factor)**

Verhältnis des Effektivwertes des Gesamtverzerrungsanteils zum Effektivwert einer Wechselgröße

[IEV 101-14-55 und IEV 551-20-16]

ANMERKUNG 1 Der Gesamtverzerrungsfaktor ist von der Wahl der Grundschwingungskomponente abhängig. Falls es aus dem Kontext nicht eindeutig hervorgeht, welche verwendet wird, sollte dazu eine Angabe gemacht werden.

$$TDF = \frac{DC}{Q} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q}$$

ANMERKUNG 2 Das Verhältnis zwischen *TDF* und *TDR* ist gleich dem Verhältnis zwischen Effektivwert der Grundschwingungskomponente und dem Gesamteffektivwert. Es ist der Grundschwingungsfaktor (IEV 161-02-22):

$$FF = \frac{TDF}{TDR} = \frac{Q_1}{Q} \leq 1$$

B.2.2.12**Einzelverzerrungsverhältnis (*IDR* – Individual Distortion Ratio)**

Verhältnis von einer Komponente zur Grundschwingung

$$IDR = \frac{Q_h}{Q_1}$$

B.2.3 Anwendungsbedingungen**B.2.3.1 Referenzwerte**

Im Sinne der vorliegenden Norm und zur Klarstellung sind Grenzwerte auf die nachfolgenden Bemessungswerte bezogen.

Grenzwerte für *THD* und *TDR* sind folgendermaßen festgelegt:

$$TDH = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_{N1}} \right)^2} \quad \text{und} \quad TDR = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_{N1}} \quad \text{oder} \quad IDR = \frac{Q_h}{Q_{N1}}$$

Dabei ist Q_{N1} der Bemessungseffektivwert der Grundschwingung.

ANMERKUNG 1 Eine wichtige Anmerkung ist, dass *THD* keine Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl enthält und dass der obere Grenzwert von *H* im Allgemeinen 40 ist. *TRD* enthält Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl und Frequenzen über der Ordnungszahl 40 bis zu 9 kHz. Falls Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl und Störaussendungen bei Frequenzen oberhalb der Ordnungszahl 40 vernachlässigt werden können, sind *THD* und *TDR* gleich. Der Gesamtverzerrungsfaktor *TDF*, der auf die Verzerrung beim Gesamt-

EN 61800-3:2004

effektivwert der Spannung und des Stromes bezogen ist, wird selten verwendet und sollte nicht beachtet werden, um Verwechslungen zu vermeiden.

Beurteilungen der Störaussendung sollten bei den Betriebsbedingungen, die den Höchstwert des Oberschwingungsanteils im Strom nach IEC 61000-3-12 ergeben, und in Bezug auf den Bemessungswert vorgenommen werden. Dennoch sollten Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl getrennt berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Der Oberschwingungsanteil im Strom (HCI) wird in IEC 61000-3-12 als Gesamtoberschwingungsstrom (THC) bezeichnet, wobei Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl unbeachtet bleiben können; dies stellt eine gute Näherung für den Gesamtverzerrungsanteil im Strom (DCI) dar.

$$THC = HCI = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=40} (I_h)^2} \approx DCI = \sqrt{I^2 - I_1^2}$$

B.2.3.2 Systeme und Anlagen

Ein PDS ist im Allgemeinen ein Bauteil eines größeren Systems, das im Umfang einer vollständigen Bearbeitungsstrecke in der Papier- oder Metallindustrie entsprechen kann. Um jede Verwechslung in der vorliegenden Norm auszuschließen, wird das Wort „Anlage“ ausschließlich verwendet, um die vollständige Anlage zu beschreiben, die an einem gemeinsamen Kopplungspunkt (PCC – Point of Common Coupling) an einem öffentlichen Stromversorgungsnetz angeschlossen ist.

B.2.3.3 Lastverhältnisse

Für das System stellen die Bedingungen des stationären Zustands den ungünstigsten Fall dar, vorausgesetzt, dass Überlastbedingungen (Beschleunigung oder andere) eine Gesamtdauer von 5 % in 24 h oder 1 % in 7 Tagen nicht überschreiten. Wenn die Belastung des Systems durch einen Zyklus festgelegt ist, sollte die Bewertung der Oberschwingungsstöraussendung während einer Periode der höchsten Belastung nach dem in IEC 61000-4-7 festgelegten Messverfahren durchgeführt werden.

Überlastbedingungen werden für die Bewertung von Niederspannungs-PDS mit einem Bemessungseingangstrom unterhalb 75 A nicht berücksichtigt, siehe [B.3.2.2](#).

B.2.3.4 Vereinbarte Leistung

Die vereinbarte Leistung S_{ST} definiert den äquivalenten Referenzstrom I_{TN} (Gesamteffektivwert):

$$S_{ST} = U_N \times I_{TN} \times \sqrt{3}$$

Dabei ist U_N die Nennspannung (oder erklärte Spannung) zwischen den Außenleitern am PCC und I_{TN} der Referenzstrom.

Es ist zu beachten, dass I_{TN} nahe dem Wert des Auslösestromes des Hauptleistungsschalters der Anlage liegt. S_{ST} stellt die Leistung dar, die vom öffentlichen Stromversorgungsnetz jederzeit an die Anlage geliefert werden kann. Es kann angenommen werden, dass es für jede vereinbarte interne Leistung eine angemessene Kurzschlussleistung S_{SC} (Ausfallpegel) gibt, die für den PCC festgelegt ist. Dies liegt im Verantwortungsbereich des Energieversorgungsunternehmens.

ANMERKUNG Die „vereinbarte Leistung“ ergibt sich aus einer Vereinbarung zwischen Anwender (Eigentümer der Anlage) und dem Energieversorgungsunternehmen.

Wo die vereinbarte Leistung verwendet wird, um den Referenzstrom festzulegen, mit dem Oberschwingungsströme verglichen werden, um sie in normierter Form anzugeben, ist der Referenzstrom I_{TN1} durch Abkommen gleich I_{TN} .

B.2.3.5 Vereinbarte interne Leistung (Erweiterung der Definition der vereinbarten Leistung)

Die vereinbarte interne Leistung S_{ITA} für eine Anlage an einem IPC „ α “ legt den äquivalenten Referenzstrom I_{TNA} (Gesamteffektivwert) für den Teil A der Anlage fest, der von α gespeist wird:

$$S_{ITA} = U_N \times I_{TNA} \times \sqrt{3}$$

Dabei ist U_N die Bemessungsspannung zwischen den Außenleitern am IPC „ α “.

Es ist zu beachten, dass I_{TNA} der Bemessungsstrom des speisenden Abschnitts des Teils A der Anlage ist. I_{TNA} liegt nahe dem Bemessungswert des Leistungsschalters, der diesen Teil A schützt. Es kann angenommen werden, dass es für jede vereinbarte interne Leistung eine angemessene Kurzschlussleistung $S_{SC\alpha}$ (Ausfallpegel) gibt, die für den IPC „ α “ festgelegt ist. Dies liegt in der Verantwortlichkeit von denen, die für die interne Energieversorgung zuständig sind.

B.2.3.6 Kurzschlussstromverhältnis der Stromquelle in der Anlage

R_{SI} ist das Verhältnis der Kurzschlussleistung der Stromquelle an einem festgelegten PC zur Bemessungsscheinleistung der Anlage oder eines Teiles der Anlage, die von diesem PC gespeist wird (siehe [Bild B.2](#)):

$$R_{SIA} = S_{SC\alpha}/S_{ITA} = S_{SC\alpha}/I_{TNA}$$

Der Index „A“ kennzeichnet den betrachteten Teil der Anlage und der Index „ α “ den PC, der Ausgangspunkt dieses Teils ist.

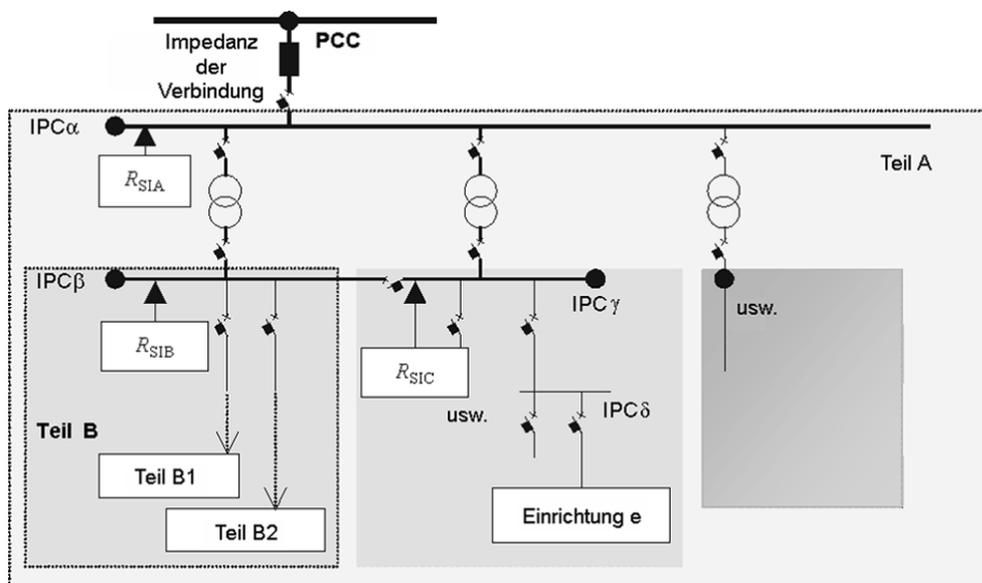
ANMERKUNG 1 IEC 60146-1-1:1991, 1.5.35, und IEC 62103:2003, 3.69, definieren die relative Kurzschlussleistung (R_{SC}) als „*Verhältnis der Kurzschlussleistung der Stromquelle zur Scheinleistung der Grundschiwingung auf der Netzseite des (der) Stromrichter(s). Es bezieht sich auf einen gegebenen Punkt des Netzes, auf festgelegte Betriebsbedingungen und eine festgelegte Netzanordnung.*“. Das ist das gleiche Konzept. R_{SI} bezieht sich jedoch auf die Scheinleistung der Grundschiwingung der Belastung (des Stromrichters) hinter dem Kopplungspunkt an Stelle der Bemessungsscheinleistung der Belastung hinter dem Kopplungspunkt.

ANMERKUNG 2 Diese Definition kann auch für die Gesamtheit der Anlage angewendet werden. In diesem Fall ist der Kopplungspunkt (PC) der gemeinsame Kopplungspunkt (PCC) und I_{TNA} entspricht der vereinbarten Leistung.

ANMERKUNG 3 Diese Definition kann auch für den Bemessungsstrom I_{TNA} eines Teiles der Anlage angewendet werden. Das Kurzschlussstromverhältnis der Stromquelle in der Anlage R_{SIA} wird als das Verhältnis des Kurzschlussstromes an dem inneren Kopplungspunkt (IPC α) des Teiles der Anlage zu seinem Bemessungsstrom angegeben.

ANMERKUNG 4 Durch Erweiterung kann diese Definition auch auf den Bemessungsstrom I_{TNI} eines Teiles einer Einrichtung angewendet werden. R_{Sii} wird als das Verhältnis des an dem betrachteten inneren Punkt zur Verfügung stehenden Kurzschlussstromes (geliefert von der Stromquelle) zum Bemessungsstrom der gespeisten Einrichtung angegeben. Diese Erweiterung ist streng auf die Berücksichtigung der internen Einschränkungen einer Einrichtung bezogen.

ANMERKUNG 5 In [Bild B.2](#) zeigt die Anlage einen Teil A mit einem Kurzschlussstromverhältnis der Stromquelle R_{SIA} . Der Teil A enthält Teil B. Teil B hat ein Kurzschlussstromverhältnis der Stromquelle R_{SIB} , Teil A enthält auch Teil C usw. Der Teil B enthält einen Teil B1, einen Teil B2 usw. Diese Aufteilung lässt eine Analyse und die Bewertung der verschiedenen Kurzschlussstromverhältnisse der Stromquelle an den unterschiedlichen möglichen Kopplungspunkten zu.

Bild B.2 – PCC, IPC, Anlagenstromverhältnis und R_{SI}

B.2.3.7 Kurzschlussstromverhältnis

R_{SC} ist das Verhältnis der Kurzschlussleistung der Stromquelle am PCC zur Bemessungscheinleistung der Einrichtung (siehe IEC 61000-3-4 und künftige IEC 61000-3-12):

$$R_{SC} = S_{SC}/S_{Ne} = I_{SC}/I_{LNe}$$

ANMERKUNG 1 Mit dem Beispiel in Bild B.3 kann es als eine Funktion des entsprechenden R_{SI} ausgedrückt werden. Der Teil der Einrichtung (e) mit einem gemeinsamen Kopplungspunkt (PCC), an dem der Kurzschlussstrom I_{SC} ist, wird aus einer Sammelschiene (IPCδ) gespeist und es fließt der Bemessungsstrom I_{LNe} . Die Anwendung der vorstehenden Definitionen ergibt:

$$R_{Sle} = S_{SC\delta}/S_{Ite} = I_{SC\delta}/I_{LNe} = (I_{SC\delta}/I_{SC}) \times (I_{SC}/I_{LNe}) = (S_{SC\delta}/S_{SC}) \times (R_{Sce})$$

oder

$$R_{Sce} = (S_{SC}/S_{SC\delta}) \times R_{Sle}$$

Diese Definition ist bei der Anwendung von IEC 61000-3-4 oder der künftigen IEC 61000-3-12 für die Definition der Bedingung des Anschlusses eines Teiles der Einrichtung an ein öffentliches Niederspannungsnetz geeignet.

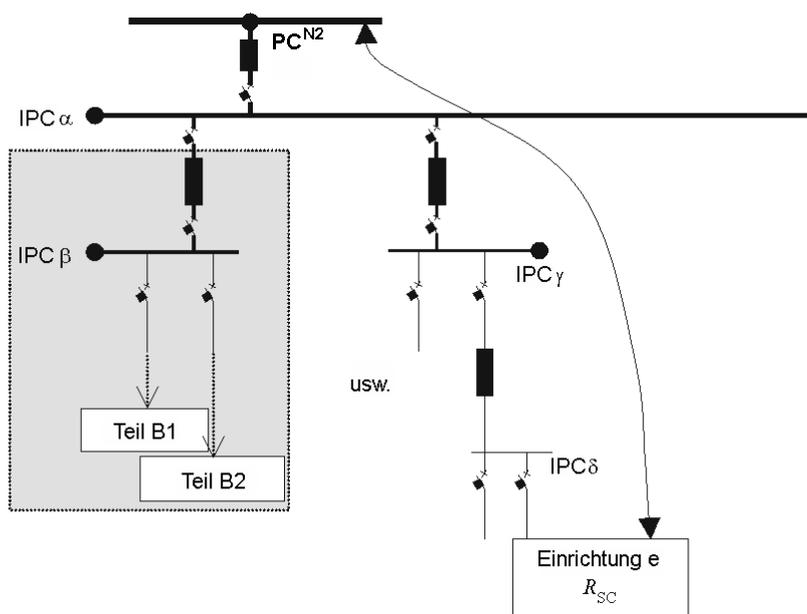


Bild B.3 – PCC, IPC, Anlagenstromverhältnis und R_{SC}

ANMERKUNG 2 IEC 61000-2-6, A.2, gibt eine andere Definition für R_{SC} für Gleichrichter an, die sich auf den Gleichstrom bezieht.

B.2.3.8 Verzerrungsfreie PDS

Ein PDS, das die Grenzwerte nach IEC 61000-3-2 oder der Stufe 1 des Fachberichtes IEC 61000-3-4 erfüllt, kann mit einem Etikett „Verzerrungsfreies PDS“ versehen werden. Der Einsatz eines derartigen PDS ist ohne jede Einschränkung zugelassen.

B.3 Anwendung von Normen über Oberschwingungsstöraussendungen

B.3.1 Allgemeines

In der theoretischen Untersuchung von Leistungsstromrichtern und deren Einsatz wurden Stromrichter als Oberschwingungsstromquellen nachgebildet. Einige neue Stromrichter mit Spannungszwischenkreis (unter Verwendung von Steuerungen durch Zwangskommütierung und Pulsdauermodulation (PWM)) werden besser als Oberschwingungsspannungsquellen beschrieben, deshalb werden sie über eine Impedanz (Drossel) an den PC (der ebenfalls eine Spannungsquelle ist) angeschlossen, was sie in Oberschwingungsstromquellen umwandelt.

Dieses allgemeine Modell ist jedoch nicht geeignet, wenn die innere Oberschwingungsimpedanz des Stromrichters gegenüber der des Netzes niedrig ist. Als ein einfaches Beispiel wird hier der Fall eines Diodengleichrichters und kapazitive Filterung betrachtet, in der weder auf der Wechselstrom- noch auf der Gleichstromseite eine Entkopplungsdrossel vorhanden ist. Die Stromkreiskomponente mit der niedrigsten Oberschwingungsimpedanz bestimmt die Oberschwingungsspannung.

Es sind Mindestkenntnisse zum System erforderlich, um eine Nachbildung der Oberschwingungsquellen festzulegen. Für die meisten Stromrichter und Ordnungszahlen der Oberschwingungen bis 25 ist häufig das Modell der Oberschwingungsstromquelle geeignet. Dieses Modell sollte jedoch für Frequenzen über der Ordnungszahl der Oberschwingung von 40 überarbeitet werden, wo Modelle der Oberschwingungsspannungsquelle im Allgemeinen geeigneter sind. Besonders sollte beachtet werden, das geeignete Modell im mittleren Bereich zwischen den Ordnungszahlen der Oberschwingungen von 25 bis 40 festzulegen.

^{N2} Nationale Fußnote: Schreibfehler in der IEC-Publikation: Im Bild B.3 müsste es offensichtlich „PCC“ statt „PC“ heißen“.

EN 61800-3:2004

Es wurden schon verschiedene Modelle angegeben, um die Ordnungszahl und die Amplitude der unterschiedlichen Oberschwingungskomponenten für verschiedene Stromrichtertypen zu definieren. Eine Zusammenfassung dieser Publikationen ist in IEC 61000-2-6, A.1, und in IEC 61800-1, Anhang B, oder IEC 61800-2, Anhang B, angegeben, welche Angaben aus IEC 60146-1-2 einschließen.

Eine derartige Analyse wird an dieser Stelle nicht wiederholt.

Ein PDS ist häufig eine Oberschwingungsstromquelle, die zum Anteil der Oberschwingungsspannungen beiträgt. Die Oberschwingungsspannungen müssen mit den Verträglichkeitspegeln nach IEC 61000-2-2 oder IEC 61000-2-4 verglichen werden. Es sollte auch der Einfluss der Betriebs- und Errichtungsbedingungen berücksichtigt werden. Dies ist in IEC 61000-2-6 dargelegt, in der auch Verfahren zur Summation von Oberschwingungen angegeben werden. Natürlich hat dies Folgen auf geeignete Entstörverfahren (siehe [Anhang C](#)) und auf praktische Regeln für den Anschluss eines PDS (siehe [B.4](#)).

Die industrielle Praxis mit PDS der Kategorie C4 führt zu optimalen Lösungen sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht. Diese enthalten angepasste Entstörverfahren, zum Beispiel den Einsatz von Transformatoren zur Phasenverschiebung, die bei verschiedenen PDS angewendet werden.

Das Filtern jedes PDS kann erhöhte Gefahren mehrerer Resonanzfrequenzen verursachen. Außerdem ist, weil die Oberschwingungsimpedanz und die vorhandene Spannungsverzerrung im Allgemeinen unbekannt und instabil sind, die Bemessung des Filters besonders schwer festzulegen. Daher sollte eine globale Näherung zur Filterung der gesamten Anlage verwendet werden. Eine derartige Näherung wurde in IEEE 519 entwickelt.

B.3.2 Öffentliche Netze

B.3.2.1 Allgemeine Bedingungen

Für Niederspannungs-PDS mit einem Bemessungsstrom über 16 A bis einschließlich 75 A je Phase legt die zukünftige IEC 61000-3-12 die Begrenzung von Oberschwingungsströmen fest, die in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist werden. Diese Grenzwerte in der zukünftigen IEC 61000-3-12 gelten in erster Linie für elektrische und elektronische Einrichtungen, die an öffentliche Niederspannungsverteilungsnetze für Wechselstrom angeschlossen werden.

Wenn es sich bei einem PDS um eine Einrichtung handelt, die in den Anwendungsbereich der zukünftigen IEC 61000-3-12 fällt, gelten die Anforderungen der genannten Norm. Wenn jedoch in einer Einrichtung, die zum Anwendungsbereich der zukünftigen IEC 61000-3-12 gehört, ein oder mehrere PDS enthalten sind, gelten die Anforderungen der genannten Norm für die gesamte Einrichtung und nicht für das einzelne PDS.

Der Prüfaufbau für die direkte Messung oder für die Bestätigung einer Computernachbildung für PDS innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 61000-3-4 oder der zukünftigen IEC 61000-3-12 besteht aus einer Spannungsquelle und einer Messeinrichtung nach der Beschreibung in der zukünftigen IEC 61000-3-12. Wenn bei dieser Prüfung als unabhängige Quelle eine Synchronmaschine benutzt wird, sollte beachtet werden, dass deren Oberschwingungsimpedanz durch die Gegenimpedanz und nicht durch den Kurzschlussstrom bestimmt wird.

ANMERKUNG 1 Falls ein PDS einen Transformator zur Phasenverschiebung enthält, liegt der Messpunkt auf der Primärseite.

Die Messungen werden unter Beharrungsbedingungen durchgeführt. Überlastungszustände (Beeinflussung des Drehmomentes bei voller Drehzahl) sind sicher Ausnahmeanwendungen und sind, sofern vorhanden, zeitlich ausreichend begrenzt und nicht zu berücksichtigen.

Es gibt keinen grundlegenden Unterschied im Vorgang der Oberschwingungsstöraussendung von leistungselektronischen Stromrichtern bezüglich ihrer Betriebsart, entweder Energieaufnahme oder Energierückgewinnung. Daher brauchen Vierquadranten-PDS nur in der Motorbetriebsart geprüft zu werden.

Der Störaussendungspegel darf entweder durch direkte Messung oder durch eine bestätigte Nachbildung unter den Bedingungen beurteilt werden, die in der zukünftigen IEC 61000-3-12 angegeben sind. Ein Überblick zum Verfahren ist in den Flussdiagrammen in den [Bildern B.4](#) und [B.5](#) enthalten.

Es werden zwei unterschiedliche Betriebsbedingungen festgelegt, um die verschiedenen Typen von PDS zu erfassen:

- Bemessungseingangsstrom bei Grunddrehzahl in der Motorbetriebsart (Spannungswechselrichter);
- Bemessungsdrehmoment bei 66 % der Grunddrehzahl in der Motorbetriebsart (Thyristor-Gleichstromantrieb oder Stromwechselrichter).

ANMERKUNG 2 In IEC 61800-1 und IEC 61800-2 wird eine Grunddrehzahl als niedrigste Drehzahl festgelegt, bei der der Motor die höchste Ausgangsleistung liefern kann. Bei einem Spannungswechselrichter ist das oft die gleiche Drehzahl, als würde der Motor direkt von der Netzversorgung gespeist.

Für Einrichtungen, die weder durch IEC 61000-3-2 noch durch die zukünftige IEC 61000-3-12 erfasst werden (Beispiel: Bemessungsstrom über 75 A), sind Empfehlungen im Fachbericht IEC 61000-3-4 und in B.4 angegeben.

ANMERKUNG 3 Oberschwingungen der verschiedenen elektrischen Bauteile der Einrichtung können unter Verwendung des exakteren analytischen physikalischen Gesetzes, das für die Art des PDS und für die Art der anderen Bauteile (siehe [B.3.3](#)) geeignet ist, aufsummiert werden.

B.3.2.2 Bewertung durch Nachbildung

Die Bewertung der einzelnen Oberschwingungsstöraussendung eines PDS durch Nachbildung sollte den in Bild B.4 zusammengefassten Grundregeln folgen. Die Beschreibung des PDS und der Spannungsquelle ist die Anfangsstufe.

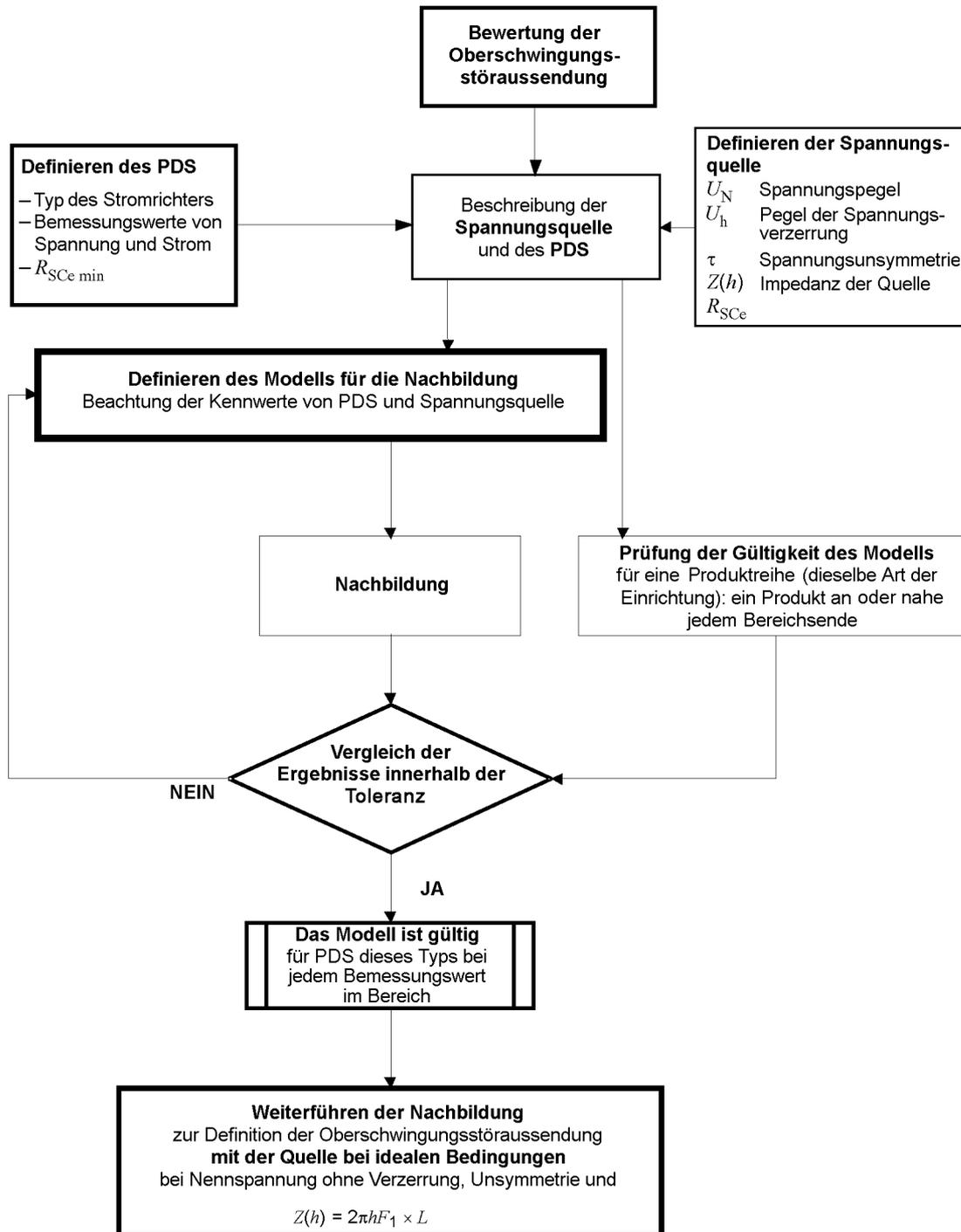


Bild B.4 – Bewertung der Oberschwingungsstöraussendung eines PDS

Im Falle von Hochleistungs- oder Mittelspannungseinrichtungen kann der Nachweis der Gültigkeit einer Nachbildung ein komplexerer Vorgang als der hier beschriebene sein.

B.3.2.3 Lastbedingungen für die Bewertung durch Prüfung

B.3.2.3.1 Allgemeines

Für den Fall, dass die Oberschwingungsstöraussendung eines PDS einzeln gemessen wird, sind die Lastbedingungen entsprechend dem Stromrichtertyp des PDS in Bild B.5 zusammengefasst und Einzelheiten in B.3.2.3.1 bis B.3.2.4 angegeben.

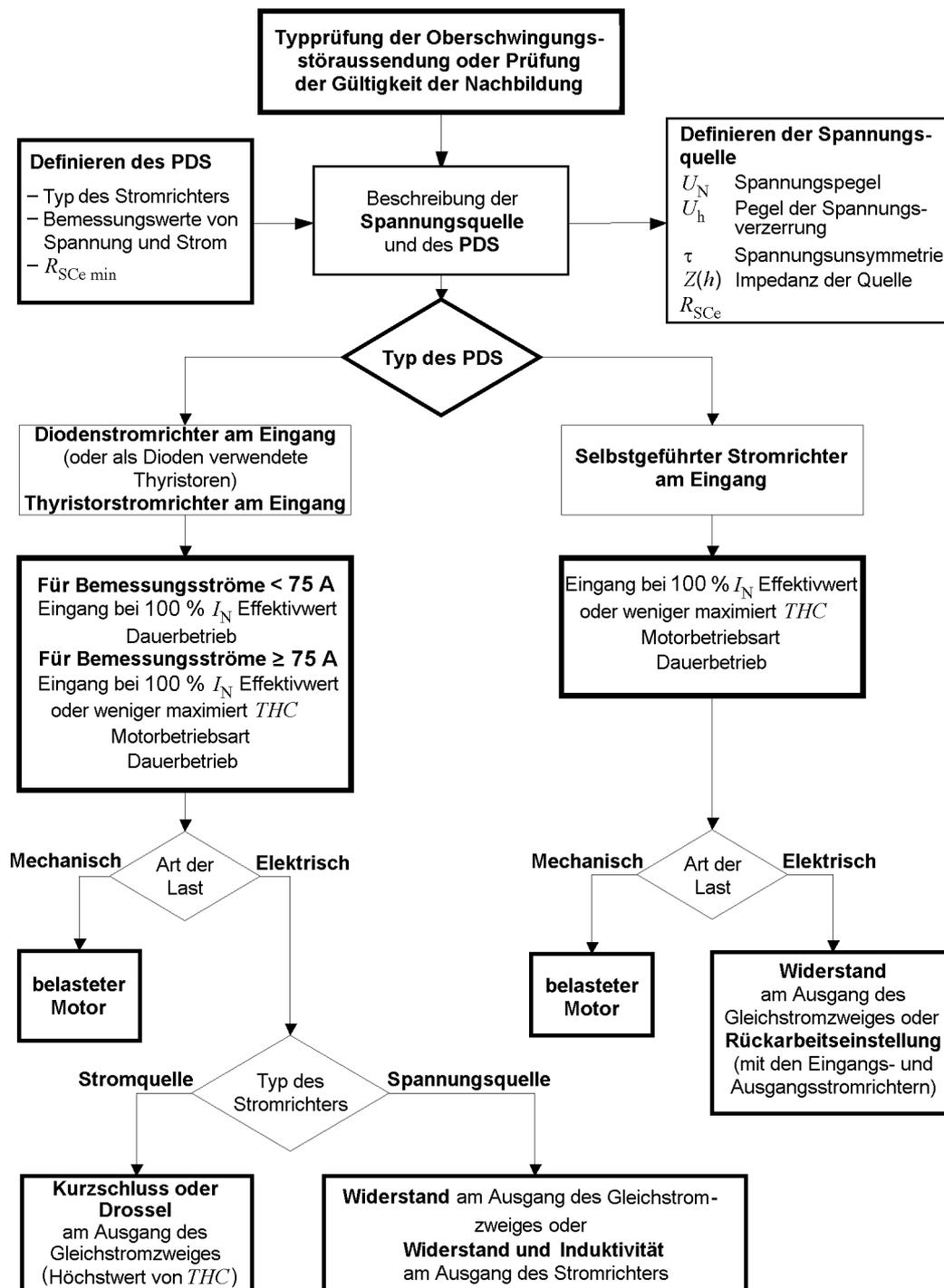


Bild B.5 – Lastbedingungen für die Messung der Oberschwingungsstöraussendung eines PDS

EN 61800-3:2004

Bild B.6 zeigt den Prüfaufbau mit einer mechanischen Last. Die Bilder B.7 und B.8 zeigen die elektrischen Möglichkeiten, wenn keine mechanische Last zur Verfügung steht.

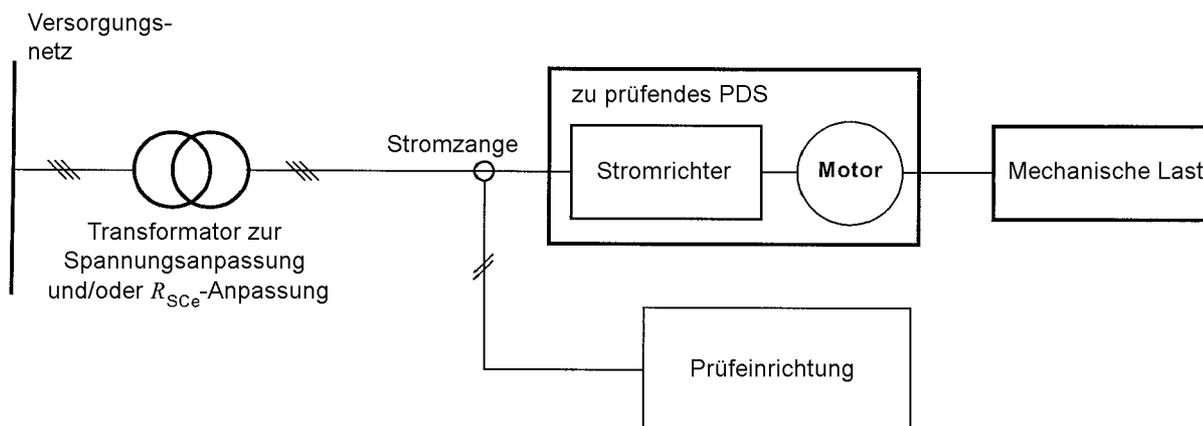


Bild B.6 – Prüfaufbau mit mechanischer Last

B.3.2.3.2 Diodengleichrichter am Eingang

PDS mit Diodengleichrichter am Eingang (oder Thyristor-Gleichrichter, wenn Thyristoren als Dioden mit der Funktion eines Schaltschützes verwendet werden) dürfen bei 100 % Effektivwert des Bemessungseingangsstromes, nach Festlegung in der Spezifikation des Herstellers, geprüft werden. Die erforderliche Belastung zum Erreichen des Eingangsstromes darf durch einen vom Hersteller festgelegten Motor und eine mechanische Belastung für den Dauerbetrieb vorgenommen werden.

Der belastete Motor darf durch eine elektrische Last ersetzt werden, die entweder am Ausgang des Stromrichters oder am Ausgang des Gleichstromzweiges angeschlossen ist:

- am Ausgang des Stromrichters sollte die elektrische Belastung aus einer Drossel und einem Widerstand bestehen, siehe Bild B.7;
- am Ausgang des Gleichstromzweiges sollte die elektrische Belastung aus einem Widerstand bestehen, siehe Bild B.8.

Für Bemessungseingangsströme von 75 A und darüber darf die Bedingung des Bemessungseingangsstromes durch eine Bedingung ersetzt werden, die den *THC* maximiert.

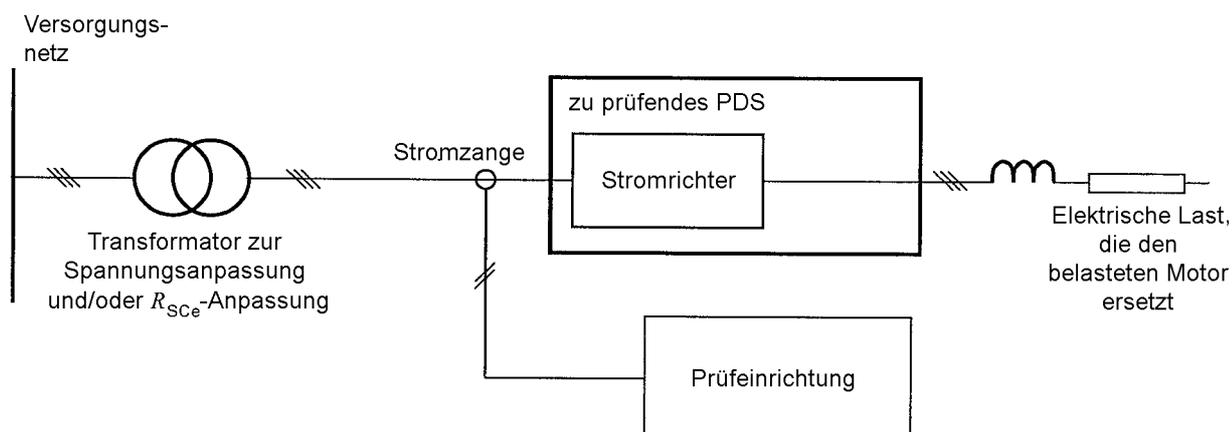


Bild B.7 – Prüfaufbau mit elektrischer Belastung, die den belasteten Motor ersetzt

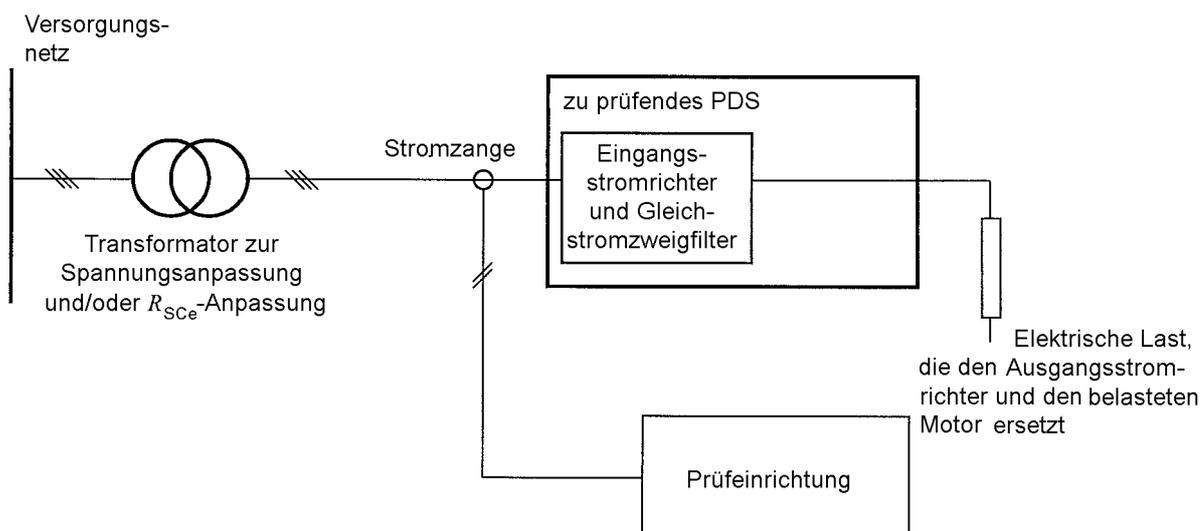


Bild B.8 – Prüfaufbau mit Widerstandsbelastung

B.3.2.3.3 Netzgeführter Eingangstromrichter

Ein PDS mit netzgeführtem Eingangstromrichter (Thyristor-Stromrichter) wird bei einem Effektivwert des Bemessungseingangsstromes, der in der Spezifikation des Herstellers festgelegt ist, oder einem geringeren zur Einstellung des *THC* auf den Höchstwert, geprüft. Es ist keine Prüfung für Rückspeisebedingungen erforderlich. Die zum Erreichen des entsprechenden Eingangsstromes erforderliche Belastung darf durch einen vom Hersteller festgelegten Motor und eine mechanische Belastung für den Dauerbetrieb vorgenommen werden.

Im Falle eines Stromrichters mit Stromzwischenkreis darf der belastete Motor durch eine Induktivität am Ausgang des Gleichstromzweiges (an Stelle des Motors) ersetzt werden. Im Falle eines Stromrichters mit Spannungszwischenkreis darf der belastete Motor durch einen Widerstand am Ausgang des Gleichstromzweiges ersetzt werden (siehe Bild B.8).

ANMERKUNG Bedingungen, die einen höchsten *THC* erzeugen, liegen nahe bei den Bedingungen, die im Gleichstromzweig am Ausgang des Eingangstromrichters den Höchstwert des Spitze-Spitze-Wertes des überschwingungsbehafteten Stromes erzeugen.

B.3.2.3.4 Selbstgeführter Eingangstromrichter

Ein PDS mit selbstgeführtem Eingangstromrichter wird bei einem Effektivwert des Bemessungseingangsstromes, der in der Spezifikation des Herstellers festgelegt ist, oder einem geringeren zur Einstellung des *THC* auf den Höchstwert, geprüft. Es ist keine Prüfung für Rückspeisebedingungen erforderlich. Die erforderliche Belastung zum Erreichen des Eingangsstromes darf durch einen vom Hersteller festgelegten Motor und eine mechanische Belastung für den Dauerbetrieb vorgenommen werden.

Der belastete Motor darf durch einen Widerstand am Ausgang des Gleichstromzweiges ersetzt werden. Es ist auch eine Rückarbeitseinstellung für die Belastung möglich; in solch einem Fall ist es offensichtlich, dass nur der Strom des Eingangstromrichters gemessen wird.

B.3.2.4 Repräsentativer Höchstwert des *THC*

Es ist nicht immer der Betrieb mit Bemessungseingangsstrom erforderlich, um die Anforderungen an die Einstellung des Strom-*THC* (Gesamtüberschwingungsanteil im Strom) auf den Höchstwert zu erfüllen.

ANMERKUNG In der vorliegenden Norm ist *THC* der Gesamtüberschwingungsanteil, siehe B.2.2.7, der mit IEC 61000-3-12 übereinstimmt. In IEC 61000-3-12 stellt *THC* den Gesamtüberschwingungsstrom dar, was als eine Abkürzung von Gesamtüberschwingungsanteil im Strom angesehen werden kann.

EN 61800-3:2004

Bei bestimmten Stromrichtertypen (zum Beispiel mit Stromzwischenkreis) hängt die Stromwelligkeit im Gleichstromzweig von der Motordrehzahl ab. Die ungünstigsten Bedingungen werden bei Stillstand des Motors erreicht, was dem Ersatz des belasteten Motors durch eine Induktivität am Ausgang des Gleichstromzweiges gleichwertig ist. Dieser Fall ist im Allgemeinen für den bestimmungsgemäßen Betrieb des PDS nicht repräsentativ.

Für PDS mit einem Bemessungseingangsstrom von 75 A und darüber werden zwei Betriebsbedingungen benötigt, um die Oberschwingungsstöraussendungen der unterschiedlichen Typen von PDS zu bewerten:

- Bemessungseingangsstrom bei Grunddrehzahl in der Motorbetriebsart (Spannungswechselrichter);
- Bemessungsdrehmoment bei 66 % der Grunddrehzahl in der Motorbetriebsart (Thyristor-Gleichstromantrieb oder Stromwechselrichter).

Für andere PDS-Typen, bei denen nicht offensichtlich ist, welche der beiden angegebenen Bedingungen den ungünstigsten Fall darstellt, sollten beide Bedingungen bewertet werden. In beiden Fällen sollten die Oberschwingungsströme als Prozentwert des Bemessungseingangsstromes der Grundschwingung bewertet werden. Der Fall, bei dem sich der höhere Wert für *THC* ergibt, sollte als der ungünstigste Fall betrachtet werden.

Wenn diese beiden Bedingungen nicht bewertet werden können (durch Prüfung oder durch bestätigte Nachbildung) oder für Niederspannungs-PDS mit Bemessungseingangsstrom kleiner als 75 A ist es als eine Alternative zugelassen, die Bedingung des höchsten *THC* mit Hilfe des nachfolgenden vereinfachten Verfahrens nachzuweisen. Der Strom darf unter der Voraussetzung unterhalb des Bemessungseingangsstromes eingestellt werden, dass er die höchste absolute Stromwelligkeit im Gleichstromzweig erzeugt. Die Bedingung kann durch Nachweis der Kurvenform des Stromes an der geeigneten Stelle des Gleichstromzweiges überprüft werden.

Bedingungen, die zu einem repräsentativen Höchstwert des *THC* führen, werden auch mit elektrischen Belastungen durch Abgleich auf den Mittelwert des Stromes im Gleichstromzweig erfüllt. Sie dürfen verwendet werden, um die Belastungsbedingungen der Prüfung zur Bestätigung einer Nachbildung nachzuweisen.

Das unter diesen Bedingungen gemessene *IDR* (einzelnes Verzerrungsverhältnis, siehe [B.2.2.12](#)) führt zu einer Überschätzung der bedeutendsten Oberschwingungskomponenten des Stromes. Sie dürfen auch als Ergebnis der Prüfung verwendet werden, wenn der Bemessungsstrom nicht erreicht werden kann und wenn eine Nachbildung nicht verwendet wird.

B.3.3 Summationsverfahren für Oberschwingungen in einer Anlage – Praktische Regeln

B.3.3.1 Grundsatz

Oberschwingungsstöraussendungen von den unterschiedlichen Bauteilen werden in der geeignetsten Weise summiert. Das gewählte Verfahren der Summation kann eine schnelle, aber vorsichtige Näherung sein. Wenn mehr Genauigkeit erforderlich ist, darf das geeignete Summationsgesetz nach der Art und dem Aufbau des Stromrichters des PDS gewählt werden. Das Ergebnis wird auf den Bemessungsstrom der Grundschwingung des Gerätes oder des Systems bezogen (vereinbarte interne Leistung).

B.3.3.2 Einfache arithmetische Summation von Oberschwingungsströmen

In dieser Näherung werden die Oberschwingungsströme arithmetisch summiert. (Diese Näherung ist einfach, führt jedoch häufig zu überzogenen Werten.) Die Berechnung des einzelnen Verzerrungsverhältnisses *IDR* (für jede Ordnungszahl) oder der Gesamtoberschwingungsverzerrung *THD* wird für Drehstromkomponenten durchgeführt, indem die auf alle Verzerrungskomponenten (Teile der Einrichtung), die zu einer Anlage oder einem Teil einer Anlage gehören, angewendete nachfolgende Gleichung benutzt wird.

HD ist das allgemeine Symbol für *IDR* oder *THD*. Der Index *eq* gibt an, dass dieser Wert mit einem bestimmten Teil einer Einrichtung im System verbunden ist. Der Index *IT* gibt an, dass das Beispiel auf einen Teil einer Anlage bezogen ist, dasselbe jedoch auch für die gesamte Anlage gilt (Verwendung von Index *ST*).

$$HD = \sum_{eq} HD_{eq} \times \frac{S_{eq}}{S_{IT}}$$

In der Gleichung ist HD_{eq} auf den Bemessungsstrom der Grundschiwingung des Bauteils (Teil der Einrichtung) und HD auf den Bemessungsstrom der Grundschiwingung des Teils der Anlage bezogen (vereinbarte interne Leistung).

Einphasige Komponenten werden durch einen Unsymmetrie-Wichtungskoeffizienten berücksichtigt:

- für einphasige Lasten beträgt dieser Koeffizient zwischen den Außenleitern $\sqrt{3}$:

$$\sqrt{3} \left(HD_{eq} \times \frac{S_{eq}}{S_{IT}} \right)$$

- für einphasige Lasten beträgt dieser Koeffizient zwischen Außenleiter und Neutralleiter 3:

$$3 \left(HD_{eq} \times \frac{S_{eq}}{S_{IT}} \right)$$

Der Wichtungskoeffizient wird auf jene Terme angewendet, die auf Lasten bezogen sind, bei deren Überschreitung der Unsymmetriezustand erzeugt wird.

Beispiel: $S_{IT} = 150$ kVA:

Teil der verzerrenden Einrichtung Nr. 1	$S_{eq} = 25$ kVA mit $HD = 65$ %, bezogen auf seinen Bemessungsstrom, $HD_{eq1} = 65 \times (25/150)$ % = 10,8 %, bezogen auf I_{TN1} (oder S_{IT})
Teil der verzerrenden Einrichtung Nr. 2	$S_{eq} = 10$ kVA mit $HD = 10$ %, bezogen auf seinen Bemessungsstrom, $HD_{eq2} = 10 \times (10/150)$ % = 0,7 %, bezogen auf I_{TN1} (oder S_{IT})
Teil der verzerrenden Einrichtung Nr. 3	$S_{eq} = 1$ kVA mit $HD = 85$ %, bezogen auf seinen Bemessungsstrom, jedoch einphasig (Außenleiter zu Außenleiter), äquivalent zum 1,73fachen seines Bemessungswertes als symmetrische Last, mit Oberschwingungen des Vielfachen von Drei (zu berücksichtigen), $HD_{eq3} = 85 \times (1,0/150) \times 1,73 = 1,0$ %, bezogen auf I_{TN1} (oder S_{IT})

Für das System: $HD = (10,8 + 0,7 + 1,0)$ % = 12,5 % mit $\Sigma S_{eq}/S_{IT} = (25 + 10 + 1)/150 = 0,240$.

Die Berechnung sollte für jede Ordnungszahl der Oberschwingungen und für THD durchgeführt werden.

B.3.3.3 Pseudoquadratisches Summationsgesetz (variabler Exponent)

Die Summation der Oberschwingungsströme kann mit einem repräsentativeren Gesetz durchgeführt werden:

- Strom ohne Phasenverschiebung (zum Beispiel Diodengleichrichter), arithmetische Summation bei jeder Ordnungszahl:

$$I_h = \sum_i I_{hi}$$

- beliebige Phasenbeziehung zwischen Strömen, Exponent und Summation für jede Ordnungszahl:

$$I_h = \left[\sum_i I_{hi}^\alpha \right]^{\frac{1}{\alpha}}$$

$\alpha = 1$ für $h < 5$, $\alpha = 1,4$ für $5 \leq h < 10$ und $\alpha = 2$ für $10 \leq h$.

Die vorstehenden Formeln können für einzelne Ordnungszahlen von Oberschwingungen und auch für THD angewendet werden.

EN 61800-3:2004

Dieses Verfahren ergibt eine Bewertung der Störaussendung durch Oberschwingungsströme des Systems. Das Ergebnis bezieht sich auf den Bemessungsstrom der Grundschiwingung des Systems (vereinbarte interne Leistung) und darf verwendet werden, um die Übereinstimmung mit IEC 61000-3-2 oder der künftigen IEC 61000-3-12 (Stufe 1 oder 2) nach der Bemessung der Maschine oder des Systems zu zeigen. Es darf selbst für die Bewertung von größeren industriellen Systemen oder Anlagen verwendet werden.

Übliche Umgebungen, in denen diese Näherung gilt, sind Einrichtungen für die Leichtindustrie mit „vereinbarter Leistung“ zwischen 30 kVA und 100 kVA oder Anlagen für die Leichtindustrie mit „vereinbarter Leistung“ zwischen 100 kVA und 300 kVA.

B.3.3.4 Näherung für Industrienetze auf der Grundlage von Berechnungen und/oder Messungen

Falls Übereinstimmung mit Grenzwerten von Oberschwingungsstöraussendungen mit vorstehenden Näherungen nicht nachgewiesen werden kann, sollte eine genauere Bewertung der Oberschwingungsstöraussendungen verwendet werden. Dies betrifft den Gesamtstrombedarf der Anlage.

Der von der Anlage einschließlich der installierten Last erzeugte Gesamtoberschwingungsstrom sollte durch Berechnung oder Messung festgestellt werden. Die tatsächlichen Phasenbeziehungen zwischen Lasten, die Oberschwingungen erzeugen, sollten in solcher Weise berücksichtigt werden, dass Aufhebungswirkungen nicht vernachlässigt werden.

Übliche Umgebungen, in denen diese Näherung gilt, sind Einrichtungen für die Leichtindustrie mit „vereinbarter Leistung“ höher als 100 kVA oder die Industrie.

B.4 Errichtungsregeln/Bewertung der Oberschwingungsverträglichkeit

B.4.1 Industrielle Drehstromnetze mit kleiner Leistung

Dieser Abschnitt ist vorgesehen, um eine Richtlinie für den Einsatz von PDS für ihre Einbeziehung in Produkte, Geräte oder ganz allgemein in Systeme anzugeben. Die Anwendung von Oberschwingungsgrenzwerten auf jedes PDS kann eine unwirtschaftliche Lösung und/oder einen technischen Unsinn ergeben. Es ist häufig besser, eine globale Näherung für die Filterung der gesamten Anlage anzuwenden. Dies erfordert eine Summation der in einer Anlage erzeugten Oberschwingungsströme.

Das Verfahren für die Bewertung von Oberschwingungsstöraussendungen ist in [Bild B.9](#) zusammengefasst.

Wie in [6.2.3.1](#) angegeben, gelten IEC 61000-3-2 und die künftige IEC 61000-3-12 für ein Gerät, das PDS enthält, die direkt mit einem PCC in einem öffentlichen Niederspannungsnetz verbunden sind. Die Überprüfung der Übereinstimmung wird durchgeführt durch Vergleich mit Tabellen in den zutreffenden in Bezug genommenen Normen, den Pegeln des einzelnen Verzerrungsverhältnisses *IDR* (für jede Ordnungszahl) und der Gesamtoberschwingungsverzerrung (*THD*), die vom System oder Gerät erzeugt wird.

Für PDS, die von diesen Publikationen nicht erfasst werden, kann das nachfolgende Verfahren als Richtlinie verwendet werden. Die übliche Näherung ist, den Grenzwert des Oberschwingungsstromes auf die vollständige Anlage anzuwenden. Die Bewertung der Gesamtoberschwingungsstöraussendung wird nach der geforderten Annäherung (siehe [B.3.3](#)) mit geeigneten Summationsgesetzen durchgeführt. Vereinfachte Verfahren und Kriterien sind möglich, wenn die vereinbarte Leistung innerhalb eines mittleren Bereiches (zum Beispiel zwischen 100 kVA und 300 kVA), wie in [Bild B.9](#) vorgeschlagen, liegt oder örtlichen Regeln entspricht. Es liegt in der Verantwortlichkeit des Anwenders, die ausreichenden Grenzwerte am PCC zu erfüllen.

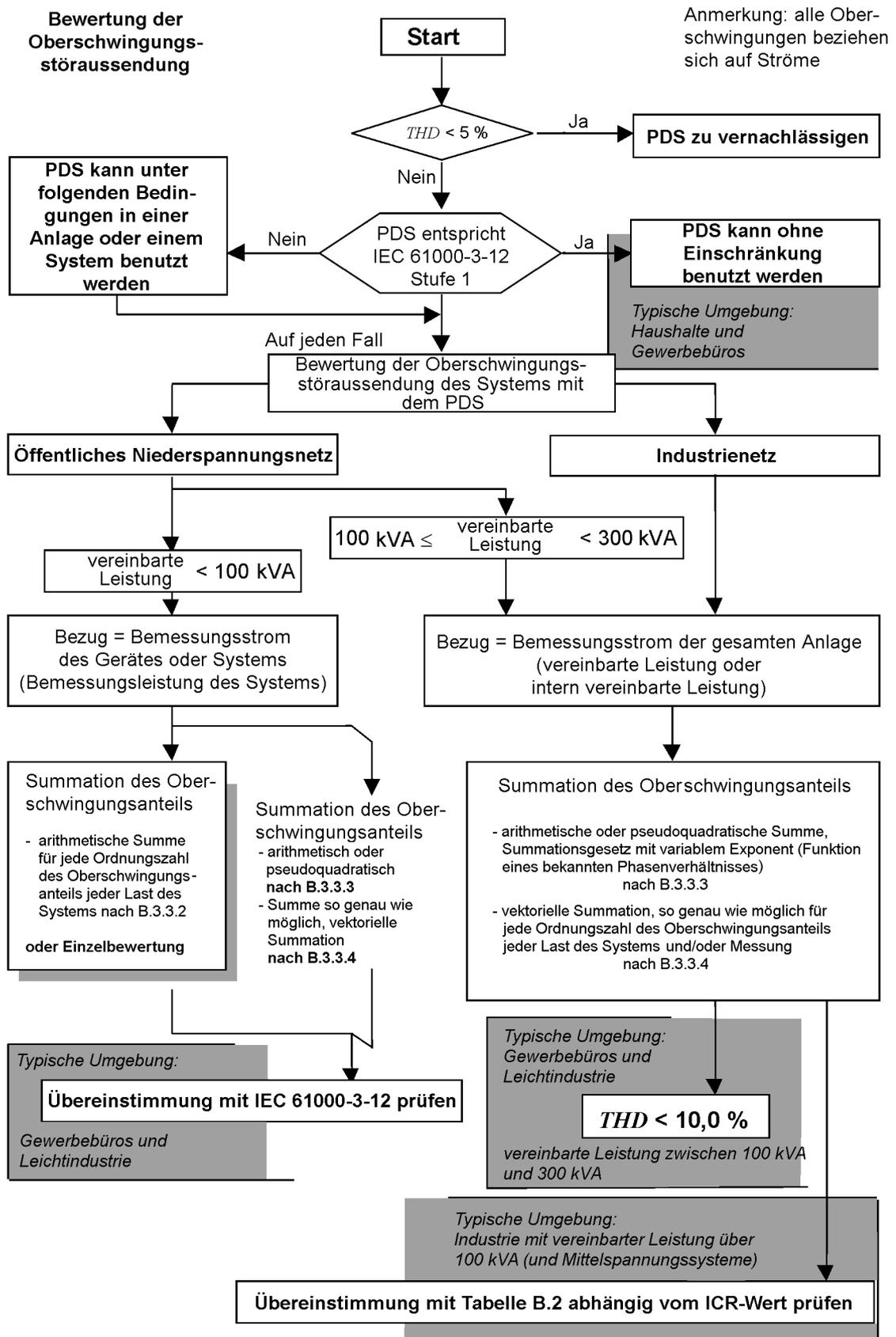


Bild B.9 – Bewertung der Oberschwingungsstöraussendungen bei Verwendung von PDS (Geräte, Systeme und Anlagen)

EN 61800-3:2004

B.4.2 Große Industriesysteme**B.4.2.1 Grundsätze**

Dieser Abschnitt ist vorgesehen, eine Richtlinie für den Einsatz von PDS für ihre Einbeziehung in Systeme anzugeben. Die Anwendung von Oberschwingungsgrenzwerten auf jedes PDS kann eine unwirtschaftliche Lösung und/oder einen technischen Unsinn ergeben. Es ist häufig besser, eine globale Näherung für die Filterung der gesamten Anlage anzuwenden. Dies erfordert eine Summation der in einer Anlage erzeugten Oberschwingungsströme.

Das Verfahren für die Bewertung von Oberschwingungsstöraussendungen ist in [Bild B.9](#) zusammengefasst.

Der Fachbericht IEC 61000-3-6 sollte direkt auf Anlagen angewendet werden, die aus einem Mittelspannungs-Stromversorgungsnetz gespeist werden, was der Fall bei großen PDS und besonders bei jenen mit Bemessungswechselspannungen über 1 000 V ist.

Es ist üblich, die Anlage entsprechend der natürlichen Betriebsmittel zur Entkopplung (Transformatoren usw.) in verschiedene Teile zu trennen. Die Trennung sollte sich aus der Analyse des vollständigen Netzwerkes ergeben, wobei mögliche Resonanzen zu berücksichtigen sind (siehe [Bild B.2](#)).

Der Ort von geforderten Filtern sollte sorgfältig ermittelt werden, es ist jedoch offensichtlich, dass die Filterung jedes PDS nicht durchführbar ist.

Die übliche Näherung ist, Grenzwerte des Oberschwingungsstromes auf die vollständige Anlage oder, wie vorstehend angegeben, auf Teile der Anlage anzuwenden. In kritischen Fällen wird eine detailliertere Analyse unter Einbeziehung des vorhandenen Spannungspegels der Oberschwingungsverzerrung angewendet.

B.4.2.2 Stromverzerrungsverfahren für eine vollständige Anlage

In dieser Näherung werden Grenzwerte des Oberschwingungsstromes auf die gesamte Anlage angewendet. Die Grenzwerte werden sowohl für die einzelnen Verzerrungsverhältnisse (*IDR*) für einzelne Ordnungszahlen als auch auf *THD* angewendet.

Die Oberschwingungsströme der gesamten Anlage sollten am festgelegten Kopplungspunkt der nachfolgenden [Tabelle B.2](#) entsprechen. Siehe Definition von R_{SI} in [B.2.3.6](#). Der Lieferant des PDS und der Kunde sollten den Kopplungspunkt (PCC oder IPC) und die Anwendungen weiterer Störaussendungsgrenzwerte nach örtlichen Rechtsvorschriften vereinbaren. Der Kopplungspunkt sollte eine gekennzeichnete Sammelschiene sein.

ANMERKUNG Aus der Definition von R_{SI} , die einer festgelegten Sammelschiene zugeordnet ist, wird klar, dass alle Lasten, die aus dieser Sammelschiene gespeist werden, zur Festlegung des entsprechenden Stromes (I_{TN}) beitragen, der für die Berechnung der Oberschwingungsstöraussendung berücksichtigt werden muss.

In den USA gilt nach IEEE 519 diese Näherung bei allen Spannungspegeln für Elektrizitätsverteilungsnetze. In [Tabelle B.2](#) ist ein Beispiel für praktische Grenzwerte angegeben, mit denen in Nordamerika schon Erfahrungen gesammelt wurden.

Oberschwingungsströme werden als Prozentwert des Gesamtstromes angegeben, der der intern vereinbarten Leistung der Wechselstromversorgung der Gesamtanlage (*IDR*) entspricht. Im Falle eines PCC ist der Laststrom durch die „vereinbarte Leistung“ definiert, die zwischen dem Anwender und dem Energieversorgungsunternehmen vereinbart wurde. Im Falle eines IPC entspricht der Bemessungslaststrom der Grundschwingung dem Bemessungslaststrom der Zuleitung zum IPC. Siehe [B.2.3.5](#) und [B.2.3.6](#).

Tabelle B.2 – Anforderungen an die Störaussendung durch Oberschwingungsströme in Bezug auf den Gesamtstrom der vereinbarten Leistung am PCC oder IPC

R_{SI}	Einzelnes Verzerrungsverhältnis IDR					TDR
	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	
$R_{SI} < 20$	4 %	2 %	1,5 %	0,6 %	0,3 %	5 %
$20 \leq R_{SI} < 50$	7 %	3,5 %	2,5 %	1 %	0,5 %	8 %
$50 \leq R_{SI} < 100$	10 %	4,5 %	4 %	1,5 %	0,7 %	12 %
$100 \leq R_{SI} < 1\ 000$	12 %	5,5 %	5 %	2 %	1 %	15 %
$1\ 000 \leq R_{SI}$	15 %	7 %	6 %	2,5 %	1,4 %	20 %

Geradzahlige Oberschwingungen sind auf 25 % der ungeradzahligen Oberschwingungen begrenzt.

Für Systeme mit einer Pulszahl (= q) höher als 6 werden die Grenzwerte für jede einzelne Oberschwingung um den Faktor $\sqrt{q/6}$ erhöht. Dies entspricht für ein 12-Pulssystem $\sqrt{2}$. Der THD -Grenzwert bleibt unverändert.

B.4.2.3 Fallweise Analyse

Als eine Alternative kann eine vollständige Analyse des Systems ausgeführt werden, und sie sollte in kritischen Fällen durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Analyse können dann für die richtige Festlegung der Gesamtfilterung oder anderer Entstörmaßnahmen verwendet werden.

Es sollte das nachfolgende Verfahren ausgeführt werden:

- Bewerten des vorhandenen Pegels der Oberschwingungsspannungsverzerrungen am PCC (unter Verantwortung des Energieverteilungsunternehmens – öffentlich oder privat);
- Berechnen oder Messen der Oberschwingungsimpedanz der Versorgung am PC (wenn PCC öffentlich oder privat – in Verantwortung des EVU's, wenn IPC – gemeinsamer Netzanschlusspunkt innerhalb einer Anlage – in Verantwortung des Anwenders); IEC 61000-2-6, A.2, gibt Informationen über die im System auftretende Oberschwingungsimpedanz;
- Berechnen oder Messen der Oberschwingungsströme, die das angeschlossene PDS in das System einspeisen wird (in der Verantwortung des Herstellers);
- Berechnen der sich daraus ergebenden Oberschwingungsspannungen (in der Verantwortung des Anwenders).

ANMERKUNG Es gelten alle in der technischen Spezifikation IEC 61000-3-6 verzeichneten Regeln und Verfahren für Industrienetze einschließlich ihrer Niederspannungsteile, obwohl sie für öffentliche Mittelspannungsnetze (von 1 kV bis einschließlich 35 kV) oder Hochspannungsnetze (> 35 kV) festgelegt sind.

Im Falle eines PCC sollten die sich ergebenden Oberschwingungsspannungen die vom Energieversorgungsunternehmen festgelegten Planungspegel nicht überschreiten. Im Falle eines IPC sollten die Oberschwingungsspannungen die Verträglichkeitspegel nicht überschreiten.

Verträglichkeitspegel für Oberschwingungsspannungen sind für öffentliche Niederspannungsnetze in IEC 61000-2-2, für öffentliche Mittelspannungsnetze in IEC 61000-2-12 und für private Industrienetze in IEC 61000-2-4 festgelegt.

Am PC kann eine zur Verfügung stehende Nennleistung (als vereinbarte interne Leistung bezeichnet) festgelegt werden. Im Falle eines PCC ist dies die „vereinbarte Leistung“ (siehe B.2.3.4 und B.2.3.5). Dem angeschlossenen PDS kann eine zugelassene Störspannung zugewiesen werden. Die vernünftige Lösung besteht in der Festlegung dieser zugelassenen Störspannung proportional zum Verhältnis der Bemessungsleistung des PDS zur vereinbarten internen Leistung am PC und proportional zu den in vorstehend angeführten Normen festgelegten Verträglichkeitspegeln.

EN 61800-3:2004

B.4.2.4 Fernsprechstörungen

In Nordamerika und Finnland hat der parallele Aufbau von Energieverteilungs- und Telefonleitungen zur Einführung des Telefonstörfaktors TIF (TIF – Telephone Interference Factor) geführt. IEEE 519:1992, 6.8, enthält das Ergebnis der Wichtung der verschiedenen Oberschwingungen.

Der äquivalente psophometrische Strom ist definiert als $I_p = I \times TIF$

und die örtlich empfohlene Praxis fordert, dass $I_p < I_{pA}$

eingehalten werden muss.

Innerhalb der Anlage kann die unsymmetrische Oberschwingungsaussendung auf dem Motorkabel Störungen in Telefonleitungen verursachen, wenn sie parallel verlaufen. Dies sollte vermieden werden (siehe 6.2.5).

B.4.3 Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl und Spannungen oder Ströme bei höheren Frequenzen

In diesem Frequenzbereich, Oberschwingungen mit der Ordnungszahl über 40 und bis zu 9 kHz, sollte das PDS als Spannungsquelle für Störaussendungen angesehen werden. Bis zur Normung von Verträglichkeitspegeln gibt es keine Anforderungen an die Störaussendung für PDS.

Die Anwendung von bestimmten Typen von PDS kann jedoch die Beachtung der Störaussendung von Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl oder von Strömen oder Spannungen bei höheren Frequenzen (bis zu 9 kHz) erfordern. Dies ist hauptsächlich der Fall bei Hochleistungs-PDS, wie z. B. Steuerstromrichter oder Wechselrichter mit Stromzwischenkreis. Dies kann auch der Fall bei Stromrichtern mit aktivem Eingangsteil sein, bei dem die PWM-Schaltvorgänge direkt mit dem Netz gekoppelt sind.

Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl bei Frequenzen, die wenig von der Grundschwingung oder den vorherrschenden Oberschwingungen abweichen, können ebenfalls Spannungsschwankungen hervorrufen (siehe B.6.2). Sie ergeben sich aus Schwebungsfrequenzen, die auch in nichtlinearen Systemen, wie z. B. der Beleuchtung, angetroffen werden (Funktion des Quadrates der Spannung). Diese nichtlineare Antwort der gestörten Einrichtung verursacht das Auftreten der Summe und Differenz der verschiedenen Frequenzen von Oberschwingungen und Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl. Die Differenzfrequenz kann in dem Bereich liegen, wo Flimmern verursacht wird. Die Hauptursache sind Steuerstromrichter und Wechselrichter mit Stromzwischenkreis. Dieser Fall wird durch die in IEC 61000-2-4 angegebenen Verträglichkeitspegel abgedeckt.

Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl können Kondensatorbatterien zur Korrektur des Leistungsfaktors und OberschwingungsfILTER, besonders durch Resonanzen, direkt beeinflussen.

Die Störaussendung sollte auf 80 % der nachstehend angeführten Spannungspegel (aus IEC 61000-2-4:2002, Anhang C) begrenzt werden.

$u = 0,2 \%$ für IPC der Klasse 2

$u = 1 \%$ für IPC der Klasse 3

$u_b = 0,3 \%$ für IPC der Klasse 2

$u_b = 1,5 \%$ für IPC der Klasse 3

Dabei ist „ u “ das Verhältnis des Effektivwertes der Spannung bei jener Frequenz zu dem Effektivwert der Grundschwingungskomponente der Spannung und „ u_b “ der Pegel, auf den eine jeweilige Bandbreite von 200 Hz zur Mittenfrequenz F bezogen ist, ausgedrückt wie folgt:

$$u_b = \frac{1}{V_{1N}} \times \sqrt{\frac{1}{200 \text{ Hz}} \times \int_{F-100 \text{ Hz}}^{F+100 \text{ Hz}} V^2(f) \times df}$$

Dabei ist:

V_{1N} der Bemessungseffektivwert der Grundschwingungskomponente;

$V(f)$ der Effektivwert der Spannung bei der Frequenz f ;

F die Mittenfrequenz des Bandes (das Band oberhalb der Oberschwingung 40. Ordnung).

Bei höheren Frequenzen geht die Ursache hauptsächlich von Stromrichtern mit aktivem Eingangsteil aus, bei denen die PWM-Schaltvorgänge eng mit dem Netz gekoppelt sind.

B.5 Spannungsunsymmetrie

B.5.1 Ursprung

Die Spannungsunsymmetrie in einem Drehstromversorgungsnetz wird im Allgemeinen durch ungleiche Belastung an zwei der drei Phasen mit Einphasenlasten hervorgerufen. Die Spannungsunsymmetrie ist direkt von der Größe der Einphasenlast als ein Prozentwert der Bemessung und der Impedanz der Netzstromversorgung abhängig. Als ein Beispiel wird ein Drehstromtransformator mit einer definierten Regelung und einer Einphasenlast betrachtet, die zwischen zwei Phasen angeschlossen ist. Falls die Last einen bedeutenden Prozentwert der Scheinleistungsbemessung (kVA) des Transformators darstellt, werden die Ausgangsspannungen (Außenleiter nach Neutralleiter) der beiden Phasen, an die die Last angeschlossen ist, verringert, während sie an der dritten Wicklung ohne jede Last dieselbe bleibt.

Beträchtliche Unsymmetrien an Transformatoren verursachen eine übermäßige Erwärmung. Es sollte der Hersteller zu Rate gezogen werden, um zu bestimmen, ob der Transformator Einphasenlasten, die einen bedeutenden Prozentwert seiner Bemessungs-Scheinleistung darstellen, speisen kann.

Weitere Drehstromlasten, die an einer unsymmetrischen Drehstromversorgungsquelle angeschlossen sind, werden im Allgemeinen in nachteiliger Weise beeinflusst. Als ein Beispiel verursacht die Unsymmetrie eine Gegenstromkomponente in einem Drehstrom-Asynchronmotor, die das Ausgangsdrehmoment bei Bemessungsstrom verringert oder zu einer übermäßigen Erwärmung des Motors bei Bemessungsausgangsleistung führt. In einigen Motoren kann eine Unsymmetrie von 3 % eine Herabsetzung ihrer Ausgangsleistung von 10 % ergeben. Falls ein Unsymmetriezustand in der Netzstromversorgung eines Drehstrommotors vorhanden ist, ist es wichtig, den Motorhersteller zu Rate zu ziehen, um die richtige Herabsetzung der Leistung für einen sicheren Betrieb zu bestimmen.

B.5.2 Definition und Bewertung

B.5.2.1 Definition

Spannungsunsymmetrie ist in IEC 61000-2-2, IEC 61000-2-4 oder IEC 61000-2-12 definiert. Einige Berechnungsverfahren sind nachstehend angegeben.

In einem Mehrphasensystem ist die Spannungsunsymmetrie ein Zustand, bei dem die Effektivwerte der Grundschwingungskomponente der Spannung zwischen den Außenleitern oder der Phasenwinkel zwischen aufeinander folgenden Phasen nicht alle gleich sind. Im Sinne der vorliegenden Norm wird der Grad der Ungleichheit als das Verhältnis der Gegenkomponente zur Mitkomponente angegeben.

Unter manchen Umständen sollte die Nullkomponente in die Bewertung der Spannungsunsymmetrie einbezogen werden.

B.5.2.2 Vollständige Analyse

Die genaue Definition bezieht sich auf die Analyse der symmetrischen Komponenten des Drehstromsystems. Dieser Analysentyp basiert auf dem Konzept, dass jede Phasenspannungsabweichung vom idealen Drehstromnetz durch die Addition von drei Vektoren beschrieben werden kann. Sie werden der Null-, Mit- und Gegenvektor genannt und sind folgendermaßen definiert:

EN 61800-3:2004

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{A0} + \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} \quad \text{Phasenspannung A}$$

$$\underline{U}_{A0} = (\underline{U}_A + \underline{U}_B + \underline{U}_C) / 3 \quad \text{Nullkomponente}$$

$$\underline{U}_{A1} = (\underline{U}_A + a\underline{U}_B + a^2\underline{U}_C) / 3 \quad \text{Mitkomponente}$$

$$\underline{U}_{A2} = (\underline{U}_A + a^2\underline{U}_B + a\underline{U}_C) / 3 \quad \text{Gegenkomponente}$$

dabei sind \underline{U}_A , \underline{U}_B und \underline{U}_C die Phasenspannungsvektoren und „a“ der Operator, $a = -(1/2) + j(\sqrt{3}/2)$.

Das Verhältnis der Gegen- zur Mitkomponente der Spannung ist die Spannungsunsymmetrie. Sie ist:

$$\tau (\%) = 100 U_2 / U_1$$

Beispiel 1: Amplituden und Phasenwinkel der Phasenspannungen sind bekannt und lassen die Berechnung der Außenleiterspannungen und der zugehörigen Phasenwinkel zu.

$$U_{AN} = 231,00 \text{ und } 0,0^\circ, \quad U_{BN} = 220,00 \text{ und } -125,1^\circ, \quad U_{CN} = 215,00 \text{ und } 109,8^\circ$$

$$U_{AB} = 400,32 \text{ und } 26,7^\circ, \quad U_{BC} = 386,00 \text{ und } -98,0^\circ, \quad U_{CA} = 364,98 \text{ und } 146,3^\circ$$

Das ergibt

$$U_0 = 22,36 \text{ und } 35,2^\circ, \quad U_2 = 20,40 \text{ und } 90,7^\circ, \quad U_1 = 383,51 \text{ und } -5,0^\circ$$

und die Spannungsunsymmetrie: $\tau = 100 (20,36^{N3} / 383,51) = 5,320 \%$ mit einer Nullkomponente von 5,831 %.

Beispiel 2: Amplituden und Phasenwinkel der Phasenspannungen sind bekannt und lassen die Berechnung der Außenleiterspannungen und der zugehörigen Phasenwinkel zu.

$$U_{AN} = 230,00 \text{ und } 0,0^\circ, \quad U_{BN} = 280,00 \text{ und } -135,0^\circ, \quad U_{CN} = 170,00 \text{ und } 130,0^\circ$$

$$U_{AB} = 471,50 \text{ und } 24,8^\circ, \quad U_{BC} = 339,94 \text{ und } -105,1^\circ, \quad U_{CA} = 363,40 \text{ und } 159,0^\circ$$

Das ergibt

$$U_0 = 59,34 \text{ und } -138,8^\circ, \quad U_2 = 85,79 \text{ und } 48,1^\circ, \quad U_1 = 386,40 \text{ und } -3,7^\circ$$

und die Spannungsunsymmetrie: $\tau = 100 (85,79 / 386,40) = 22,230 \%$ mit einer Nullkomponente von 15,356 %.

B.5.2.3 Näherungsverfahren

Nachstehend sind drei Näherungen angegeben. Die erste liefert im Allgemeinen die besseren Ergebnisse mit einem Fehler von weniger als 5 % bei jeder Art von Unsymmetrie, bei der die Spannungen zwischen Außenleiter und Neutralleiter Phasenwinkel mit einer Grenzabweichung von $\pm 5^\circ$ und eine Amplitude mit einer Grenzabweichung von $\pm 20 \%$, verglichen mit einem ideal symmetrischen Netz (Mitkomponente oder Gegenkomponente), aufweisen.

^{N3} Nationale Fußnote: Schreibfehler in der IEC-Publikation: Anstelle 20,36 müsste es offensichtlich 20,40 (= U_2) heißen.

U_{12} , U_{23} und U_{31} sind die drei Spannungen zwischen den Außenleitern mit $\delta_{ij} = (U_{ij} - U_{\text{average}})/(3 \times U_{\text{average}})$ für jede der drei Spannungen zwischen den Außenleitern, und τ ist die Spannungsunsymmetrie als das Verhältnis der Gegenspannungsamplitude zur Mitspannungsamplitude.

$$\tau \approx \sqrt{6 \sum_1^3 \delta_{ij}^2}$$

Die viel einfachere Näherung:

$$\tau \approx \left(\frac{2}{3}\right) \times \left[\frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{average}}} \right]$$

führt zu annehmbaren Ergebnissen (absoluter Fehler im Allgemeinen kleiner als 1 %) für τ bis zu 7 %.

Die von NEMA vorgeschlagene Formel ergibt ebenfalls annehmbare Ergebnisse (absoluter Fehler im Allgemeinen kleiner als 1 %) für τ bis zu 10 % oder wo die Phasenverschiebungen größer sind:

$$\tau \approx \frac{\text{MAX} |U_{ij} - U_{\text{average}}|}{U_{\text{average}}}$$

Beispiel 1, wie oben:

$$U_{\text{AN}} = 231,00 \quad U_{\text{BN}} = 220,00 \quad \text{und} \quad U_{\text{CN}} = 215,00$$

$$U_{\text{AB}} = 400,32 \quad U_{\text{BC}} = 386,00 \quad \text{und} \quad U_{\text{CA}} = 364,98$$

$$U_{\text{average}} = (400,32 + 386,00 + 364,98)/3 = 383,77 \text{ und ohne Kommastellen}$$

$$U_{\text{average}} = (400 + 386 + 365)/3 = 383,66$$

$$\delta_{12} = 1,432 \% \quad \delta_{23} = 0,197 \% \quad \delta_{31} = -1,629 \%;$$

Die Spannungsunsymmetrie ist $[6 (1,432^2 + 0,197^2 + 1,629^2)]^{1/2} = 5,3 \%$

oder $(2/3) \times (U_{\text{max}} - U_{\text{min}})/U_{\text{average}} = (2/3) \times (400 - 365)/383,7 = 6,1 \%$ oder unter Verwendung der letzten Näherung: $18,7/383,7 = 4,9 \%$.

Beispiel 2, wie oben:

$$U_{\text{AN}} = 230,00 \quad U_{\text{BN}} = 280,00 \quad \text{und} \quad U_{\text{CN}} = 170,00$$

$$U_{\text{AB}} = 471 \quad U_{\text{BC}} = 340 \quad \text{und} \quad U_{\text{CA}} = 363$$

$$U_{\text{average}} = (472 + 340 + 363)/3 = 391,7$$

$$\delta_{12} = 6,801 \% \quad \delta_{23} = -4,397 \% \quad \delta_{31} = -2,404 \%$$

Die Spannungsunsymmetrie ist $[6 (6,801^2 + 4,397^2 + 2,404^2)]^{1/2} = 20,7 \%$

^{N4} Nationale Fußnote: Schreibfehler in der IEC-Publikation: Anstelle 4,397² müsste es offensichtlich 2,404² heißen.

EN 61800-3:2004

oder $(2/3) \times (U_{\max} - U_{\min})/U_{\text{average}} = (2/3) \times (472^{\text{N5}} - 340)/391,7 = 22,4 \%$ oder unter Verwendung der letzten Näherung: $80,3/391,7 = 20,5 \%$.

B.5.3 Auswirkung auf PDS

Die Auswirkung auf das PDS wird in Abhängigkeit vom Typ des Stromversorgungskreises und des verwendeten Steuer- und Regelverfahrens variieren. Jeder Typ der Steuer- und Regelung sowie des Stromkreises sollte im Einzelnen analysiert werden. Im Allgemeinen wird die Auswirkung auf gesteuerte und ungesteuerte Stromrichter, die Widerstandslasten speisen, gering sein. Phasengesteuerte Stromrichter von dem Typ, der die phasenverschobene Netzspannung als seinen Referenzwert verwendet, werden weniger beeinflusst als Stromrichter, die für ihren Referenzwert einen Spannungsanstieg verwenden, der unter Verwendung der Nulldurchgänge mit dem Netz synchronisiert ist. Gesteuerte und ungesteuerte Stromrichter, die Kondensatorbatterien speisen, die in der Gleichstromschleife von Zwischenkreisumrichtern (Wechselrichter mit Spannungszwischenkreis) verwendet werden, haben Stromunsymmetrien, die bedeutend größer sind als die Spannungsunsymmetrie und größer als in Stromrichtern, die eine induktive Last wie z. B. einen Gleichstrommotor speisen.

Es sollte beim Entwurf von Stromrichtern, die Kondensatorbatterien speisen, besonders darauf geachtet werden, dass der Spitzenstrom durch die Spannungsunsymmetrie stark erhöht wird. Bei sehr großen Kondensatorbatterien, wo die Welligkeitsspannung klein ist, wird der Spitzenstrom aus einer Phase nur durch die Stromquellenimpedanz und irgendwelche zusätzlichen Impedanzen im PDS sowie der Differenz zwischen der Spannung der Kondensatorbatterie und der Netzspannung begrenzt. Das Verhältnis der Spitzenströme zwischen den Phasen kann 20 % für eine Spannungsunsymmetrie von 3 % und eine Stromquellenimpedanz von 1 % betragen. Glücklicherweise ist dies eine extreme Bedingung, da es unwahrscheinlich ist, dass eine einphasige Belastung diese Höhe der Unsymmetrie mit einer Stromquellenimpedanz von 1 % hervorrufen kann.

B.6 Spannungseinbrüche – Spannungsschwankungen**B.6.1 Spannungseinbrüche****B.6.1.1 Definition**

Die allgemeinste Form der Niederfrequenzstörung ist wahrscheinlich der Spannungseinbruch oder eine Verringerung der Spannung in einer oder allen Phasen des Drehstromnetzes. Ein Spannungseinbruch ist eine plötzliche Verringerung der Spannung an einem Punkt im elektrischen System, der nach einer kurzen Zeit von einer halben Periode bis zu einigen Sekunden die Spannungsrückkehr folgt. Ein Spannungseinbruch wird im Allgemeinen durch die Beseitigung von Fehlern durch das das Netz speisende Energieversorgungsunternehmen oder durch den Anlauf von großen Motoren am oder in der Nähe des Ortes des Anwenders verursacht. Untersuchungen von verschiedenen Energieversorgungsunternehmen in verschiedenen Ländern haben gezeigt, dass Spannungseinbrüche in einem Zeitbereich von einer halben Periode bis zu 15 Perioden und mehr bei Spannungen auftreten, die außerhalb der Grenzabweichung der Spannung von 10 % liegen. Die Restspannung (geringster Wert der Spannung beim Einbruch) wird jetzt auf die Tiefe des Einbruchs bezogen, damit die Größe beschrieben werden kann (die Tiefe ist die Differenz zwischen der Referenzspannung und der Restspannung). Die Restspannung hängt größtenteils vom relativen Ort der Spannungsquelle (im Allgemeinen eine Hochspannungs-/Mittelspannungsstation), dem einem Kurzschluss entsprechenden Ereignis und dem Beobachtungspunkt ab. Umfassende Angaben sind in IEC 61000-2-8 enthalten.

B.6.1.2 Auswirkungen auf PDS**B.6.1.2.1 Grundlagen**

Spannungseinbrüche können beeinträchtigende Auswirkungen auf das Betriebsverhalten von PDS haben. Im Allgemeinen wird, wenn die Versorgungsspannung verringert wird, die Energie, die vom Netz zum Motor übertragen wird, ebenfalls verringert. Einige PDS-Stromrichter kompensieren jedoch Spannungseinbrüche über begrenzte Bereiche, indem sie die Steuerwinkel für Eingangsgleichrichter verändern. Außerdem ist von

^{N5} Nationale Fußnote: Die Berechnung in der IEC-Publikation wurde offensichtlich mit 471,5 durchgeführt.

Bedeutung, dass Energie zurückgewinnende Stromrichter, die mechanische Energie vom Motor zurück in die Netzstromversorgung übertragen, auf Situationen mit Spannungseinbrüchen treffen können.

Die Auswirkung von Spannungseinbrüchen auf PDS sollte nach der physikalischen Art der angetriebenen Einrichtung betrachtet werden. Außerdem muss zwischen der elektronischen Steuer- und Regelung des PDS und den Leistungsbauteilen des Stromrichters unterschieden werden (siehe Fachbericht IEC 61000-2-8).

Der Steuer- und Regelteil könnte mit dem Betriebsverhaltenskriterium A für bestimmte Einbrüche störfest sein und dies könnte ohne Nutzen sein, außer es stimmt mit dem Verhalten des Stromrichters oder der angetriebenen Einrichtung überein. Der Stromrichter besitzt keine Energiespeicherfähigkeit. Die angetriebene Einrichtung hat im Allgemeinen eine geringe Energiespeicherfähigkeit, die unter bestimmten Bedingungen verwendet werden kann. Allein auf der Grundlage der Störfestigkeit des Steuer- und Regelteiles in Anspruch nehmen zu können, dass ein Stromrichter störfest gegen Spannungseinbrüche ist, würde irreführend sein. Die Anwendung einer speziellen Folge in der Steuer- und Regelung sollte dokumentiert werden, um es für den Anwender möglich zu machen, die geeignete Anpassung an die angetriebene Einrichtung festzulegen.

B.6.1.2.2 Gesteuerte Stromrichter

Gesteuerte Stromrichter wie jene, die aus Thyristoren, GTOs (gitterabschaltbaren Thyristoren) oder Transistoren aufgebaut sind, werden im Allgemeinen verwendet, um die Netzwechselspannung in eine veränderbare Gleichspannung umzuwandeln. Die Logik, die zur Synchronisierung der Steuerung der Leistungshalbleiter verwendet wird, ist häufig ausgelegt, die Gleichrichtung zu beenden, wenn die Netzspannung unter einen festgelegten Wert absinkt. In einigen Fällen wird die Steuerung abgeschaltet, bis der Anwender die Logik zurücksetzt, oder der Betrieb wird in anderen Fällen nur fortgesetzt, wenn die Spannung innerhalb einer festgelegten Zeit zurückkehrt. Üblicherweise ist das PDS nicht in der Lage, den Motor während der Einbruchsdauer zu steuern, und die Steuerung könnte bis zum Zurücksetzen verloren gehen. Falls der Prozess, der vom PDS gesteuert wird, kritisch ist, sollten Gespräche mit dem Hersteller des PDS geführt werden, so dass die Reaktion der Logik auf den Spannungseinbruch mit den Prozesserfordernissen kompatibel ist. In einigen kritischen Fällen ist es erforderlich, zusätzliche Maßnahmen anzuwenden (zum Beispiel alternative Stromversorgungsquellen), um den Prozess bei starken Spannungseinbrüchen weiterzuführen.

Während der Spannungseinbrüche ist die Energie, die vom BDM/CDM und für den Motor zur Verfügung steht, verringert. Dies kann den Betrieb in Abhängigkeit von den Arbeitspunkten des Motors beeinflussen. Es wird der Fall einer gesteuerten 6-Thyristorbrücke betrachtet, die einen Gleichstrommotor mit Energie versorgt. Wenn der Motor mit einer hohen Drehzahl läuft, kann ein Spannungseinbruch die Netzspannung veranlassen, unter die Ankerspannung abzusinken. Die Thyristoren werden durch den Ankerstromkreis abgeschaltet und der Strom im Ankerstromkreis wird verringert. Falls andererseits ein Spannungseinbruch auftritt, wenn der Motor mit niedriger Drehzahl läuft, kann die Steuerschaltung den Steuerpunkt vorverlegen, um die verringerte Spannung zu kompensieren. In diesem Fall wird die Steuerung des Motors nicht beeinflusst. Bei kritischen Lasten sollte die Auswirkung des Spannungseinbruchs mit dem Hersteller des PDS besprochen werden, um zu bestimmen, wie die Steuerschaltung reagiert.

Rückspeisefähige Stromrichter von dem Typ, der die Netzspannung verwendet, um die Thyristoren in der Brücke zu kommutieren, reagieren besonders empfindlich auf Spannungseinbrüche. Falls die Netzspannung während des Energierückflusses zu tief absinkt, geht die Steuerung des Energieflusses vom Motor zum Netz verloren, da die Thyristoren nicht abgeschaltet werden können. Falls die Steuerschaltung nicht reagiert oder wenn der Einbruch besonders abrupt ist oder auftritt, nachdem ein Thyristor eingeschaltet ist, kann der Thyristor nicht abgeschaltet werden und es können übermäßige ungesteuerte Ströme aus dem Motor fließen. Diese Ströme können eine potenziell beeinträchtigende Auswirkung auf den Prozess haben oder sogar den Motor beschädigen. Bei kritischen Lasten sollte die Auswirkung von Spannungseinbrüchen auf rückspeisefähige Stromrichter mit dem Hersteller des PDS besprochen werden, um zu bestimmen, wie die Steuer- und Regelungs- sowie Leistungsstromkreise während dieser Zeit reagieren. Bei kritischen Lasten können zusätzliche Schaltungsteile hinzugefügt werden, um die Thyristoren zwangszuführen, oder es können alternative Stromversorgungsquellen verwendet werden, um das PDS während der Einbrüche zu betreiben.

Rückspeisefähige Stromrichter von dem Typ, der durch einige Hilfsmittel zwangsgeführt ist, können ebenfalls durch Spannungseinbrüche beeinflusst werden. Dies tritt deswegen auf, weil die Verringerung der Spannung während des Einbruchs den Energiewert vermindern kann, der von der Last zum Motor und zum Netz übertragen werden kann. Falls diese Bedingung vorhanden ist, kann die Steuerung in dieser Zeit verloren gehen.

EN 61800-3:2004

B.6.1.2.3 Ungesteuerte Stromrichter

Ungesteuerte Stromrichter, wie z. B. Diodenbrücken, werden nicht stark von einem Spannungseinbruch beeinflusst, mit der Ausnahme von hohen Einschaltströmen, die in die Kondensatorbatterien von Stromrichtern mit Spannungszwischenkreis fließen können, nachdem die Spannung wiederkehrt. Ihre Ausgangsleistung und Spannung ist jedoch während des Spannungseinbruchs verringert. Dies kann schädliche Auswirkungen auf andere Teile des PDS haben. Falls zum Beispiel der Stromrichter Energie in einen Wechselrichter einspeist, wird die Ausgangsspannung des Wechselrichters begrenzt und die Steuerung des Wechselstrommotors geht verloren.

Einige Hersteller unterbrechen den Betrieb, wenn die Spannungseinspeisung des Wechselrichters unter einen festgelegten Wert absinkt. Manche Bauformen erfordern auch, dass die Logik zurückgesetzt wird, bevor der Betrieb fortgesetzt wird. Andere Bauformen nehmen den Betrieb wieder auf, wenn die Spannung zurückkehrt, aber die Steuerung des Motors geht während der Zeit verloren, in der die Logik unterbrochen ist. Dieser Zeitraum kann durch die Zeit erweitert werden, die für die Synchronisierung der Steuerlogik des Stromrichters mit der tatsächlichen Drehzahl des Motors, nachdem die Steuerung verloren ging, benötigt wird.

Die Synchronisierung ist erforderlich, um die Ausgangsfrequenz des Wechselrichters an die tatsächliche Drehzahl des Motors anzupassen. Der Synchronisierungsvorgang bestimmt die geeignete Frequenz und Spannung, die an den Motor für einen sanften Übergang vom Auslauf zur Steuerung angelegt werden sollte.

Ein PDS von dem Typ, der eine große Kondensatorbatterie besitzt, kann wegen der in der Kondensatorbatterie gespeicherten Energie kurze Spannungseinbrüche überstehen. Im Allgemeinen ist es jedoch nicht wirtschaftlich, die Kondensatorbatterie so groß zu machen, dass der Betrieb bei Spannungseinbrüchen fortgesetzt wird. Im Falle von kritischen Lasten kann eine Batterie verwendet werden, um während eines Spannungseinbruchs Energie einzuspeisen. PDS mit angepasster Steuerung und Regelung können in der Lage sein, den Betrieb bei einer Spannungsunterbrechung fortzusetzen, vorausgesetzt, dass die Ausgangsleistung annähernd Null ist. In allen Fällen sollten die Auswirkungen von Spannungseinbrüchen auf den Betrieb des PDS mit dem Hersteller besprochen werden, um zu bestimmen, ob das PDS für den geforderten Prozess geeignet ist.

B.6.1.2.4 Allgemeine Schutzarten

Es wurde gezeigt, dass die Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche sehr stark von der Art des Stromrichters und dem Lastverhalten abhängt. Ein absoluter Schutz kann sehr kostspielig sein, und die Wahl des Schutzes sollte sorgfältig mit den Prozessanforderungen verglichen werden.

Absoluter Schutz erfordert eine Reservestromversorgung. Dies kann zum Beispiel eine externe USV-Anlage oder eine Gleichstromquelle (Batterie) sein, die den Gleichstromzweig eines Wechselrichters mit Spannungszwischenkreis speist.

Überbrückungssteuerung ist ein Verfahren, das die Möglichkeiten von Steuerungsbefehlen verwendet, um einen transienten Überstrom ohne Reservestromversorgung zu vermeiden. Dabei wird die Drehzahl einer passiven Last notwendigerweise mit einer Geschwindigkeit abnehmen, die etwa durch das Verhältnis von Lastdrehmoment zu Trägheitsmoment gegeben ist. Aus Sicherheitsgründen kann diese Schutzart nicht mit aktiven Lasten verwendet werden (zum Beispiel Hebezeuge mit Rückspeisung, wo eine mechanische Bremsung erforderlich ist).

Die **Fangschaltung** ist die Weiterführung der Überbrückungssteuerung, die im Falle von passiven Lasten mit langer und sehr langer Auslaufzeit verwendet werden kann. Dies kann auch ein Schutz gegen Einbrüche und kurze Unterbrechungen sein.

Der **automatische Wiederanlauf** schließt immer Sicherheitsbedingungen ein, die in der Verantwortlichkeit des Anwenders liegen.

B.6.2 Spannungsschwankungen

Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl können, wie in [B.4.3](#) erläutert, Flackern der Beleuchtungseinrichtungen verursachen, und Verträglichkeitspegel sind, je nach Art des Netzes, in IEC 61000-2-2, IEC 61000-2-4 und IEC 61000-2-12 angegeben. Störaussendungen eines PDS durch Ober-

schwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl sollten in solch einer Weise begrenzt werden, dass die berechnete Oberschwingungsspannung am IPC für ein gegebenes PDS 80 % der Spannungsverträglichkeitspegel nicht überschreitet.

PDS, die große Lasten wie z. B. Stanzen, Kreissägen und Werkzeugmaschinen antreiben, erfordern periodisch hohe Ströme aus dem Netz. Dies verursacht Spannungsschwankungen in der Netzspannung. Die Quellenimpedanz des Netzes, das diese PDS speist, sollte so bemessen sein, dass die Spannungsschwankungen die Grenzabweichung von 10 % nicht überschreiten.

Spitzenlasten, die im Mittel die Bemessungswerte des Stromversorgungsnetzes nicht überschreiten, die aber Abweichungen der Versorgungsspannung erzeugen, die die Grenzabweichung überschreiten, sollten ebenfalls betrachtet werden, wenn diese Impedanz bemessen wird. In einem öffentlichen Netz wird nicht erwartet, dass die Spannungsschwankung durch eine einzelne Einrichtung 3 % übersteigt. Falls Schwankungen häufig auftreten, müssen Flackergrenzwerte auf das öffentliche Netz und auf jedes Netz, das eine Beleuchtungsanlage speist, angewendet werden (siehe 6.2.4).

B.7 Nachweis der Störfestigkeit gegen niederfrequente Störungen

Nach 5.2.1 darf die Störfestigkeit des PDS gegen niederfrequente Phänomene durch Berechnung, Nachbildung oder Prüfung nachgewiesen werden. Der Hersteller kann die Zellen von Tabelle B.3 dazu benutzen, um zu kennzeichnen, welches Nachweisverfahren für welches Phänomen benutzt wurde.

Tabelle B.3 – Nachweisplan für die Störfestigkeit gegen niederfrequente Störungen

Erscheinung	Berechnung	Nachbildung	Prüfung	Analyse	Nicht zutreffend
Oberschwingungen					
Kommutierungseinbrüche					
Spannungsänderungen					
Spannungswechsel					
Spannungsschwankungen					
Spannungseinbrüche					
Spannungsunsymmetrie					
Frequenzänderungen					
Einflüsse der Stromversorgung – magnetische Felder					

Anhang C (informativ)

Blindleistungskompensation – Filtermaßnahmen

C.1 Anlage

C.1.1 Üblicher Betrieb

Ein Anwender von Elektroenergie, die aus einem Verteilungsnetz geliefert wird, besitzt im Allgemeinen mehrere oder viele Geräte, die letztendlich an demselben PCC angeschlossen sind. Der Begriff „Anlage“ wird benutzt, um die Kombination von Geräten, Einrichtungen oder Systemen und ihre Speisesysteme zu beschreiben, die an den PCC angeschlossen sind.

In derselben Weise enthalten viele industrielle Geräte mehr als ein einzelnes PDS.

Die Betrachtung von Leistungsfaktor, Blindleistung und Oberschwingungsstöraussendung eines einzelnen PDS ist nicht ausreichend und kann unnötige technische Schwierigkeiten bereiten. In Wirklichkeit ist die erforderliche Lösung eine Lösung für die Anlage. Die Anlage enthält viele unterschiedliche Lasten.

Im eingeschwungenen Zustand sind an jedem Punkt eines Drehstromnetzes die Spannung zwischen Außen- und Neutralleiter sowie der Leiterstrom periodische Größen mit der Periodendauer T und der Frequenz $f = 1/T$. Spannung und Strom sind selten ohne Phasenverschiebung und sie enthalten Oberschwingungen, die ihre reinen sinusförmigen Kurvenverläufe stören. Die Elektroenergie wird jedoch mit Hilfe von Spannungsquellen verteilt, so dass an jedem Punkt einer Stromversorgung (Stromversorgung eines Stromrichters oder Stromversorgung einer Industrieanlage) der Kurvenverlauf des Stromes stärker verzerrt ist als derjenige der Spannung. Daher ist es für die Berechnung von Wirk- und Blindleistung vernünftig, davon auszugehen, dass an jedem Punkt des Netzes die Spannung eine rein sinusförmige Welle ist, deren Effektivwert (Außen- zu Neutralleiter) gleich V ist. Die Berechnung der Wirkleistung P einer einzelnen Phase ist gegeben durch:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) i(t) dt$$

was vereinfacht werden kann zu:

$$P = VI_1 \cos(\varphi_1)$$

Dabei ist:

I_1 der Effektivwert der Grundschwingungskomponente des Leiterstromes;

φ_1 die Phasenverschiebung zwischen der Grundschwingungskomponente des Stromes und der Spannung zwischen Außen- und Neutralleiter.

P ist üblicherweise positiv, wenn der Strom I eine Phasenverschiebung von weniger als $\pi/2$ in Bezug auf die Spannung hat (mit Spannung in V , Strom in A ergibt sich die Leistung in W). Unter denselben Annahmen ist die Blindleistung Q , angegeben in Volt-Ampere reaktiv, Var , definiert durch:

$$Q = VI_1 \sin(\varphi_1)$$

Diese Größe beweist das Vorhandensein von Blindelementen wie z. B. Drosseln und Kondensatoren in der Industrieanlage. Es wurde vereinbart, dass jene Bauelemente Verbraucher von Blindleistung sind, wenn die Größe Q positiv ist (Drosseln), oder Blindleistung erzeugen, wenn die Größe Q negativ ist (Kondensatoren).

In ähnlicher Weise ist die Scheinleistung S (in Volt-Ampere, VA) an einem Punkt im Netz als das Produkt aus dem Effektivwert der Spannung (Außen- zu Neutralleiter) und dem Leiterstrom festgelegt:

$$S = V I_1$$

In einem Drehstromnetz sind die Wirkleistung, die Blindleistung und die Scheinleistung die Summe der entsprechenden Leistung in jeder Phase, was für ein symmetrisches Netz Nachfolgendes ergibt:

$$P = 3VI_1 \cos(\varphi_1) = \sqrt{3} UI_1 \cos(\varphi_1)$$

$$Q = 3VI_1 \sin(\varphi_1) = \sqrt{3} UI_1 \sin(\varphi_1)$$

$$S = VI = \sqrt{3}UI$$

Dabei ist U der Effektivwert der Spannung zwischen den Außenleitern.

Der Leistungsfaktor λ ist als das Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung definiert und wird sowohl in Einphasen- als auch Drehstromnetzen durch nachfolgende Gleichung angegeben:

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{I_1}{I} \cos(\varphi_1)$$

Diese grundlegende Gleichung zeigt, dass der Leistungsfaktor sowohl vom Grundswingungsleistungsfaktor als auch vom Oberswingungsgehalt des Stromes abhängig ist.

Zusammenfassend führt dies zu der angegebenen grundlegenden Annahme, dass die Spannung als ein reiner sinusförmiger Kurvenverlauf angesehen wird und der Strom verzerrt ist. Diese Annahme gilt für die Berechnung der Leistung und aller darauf beruhenden Größen wie z. B. dem Leistungsfaktor. Bei anderen Berechnungen, wie dem Beitrag der Verzerrung durch eine Oberswingungsspannung zu einer Last, sollte der Innenwiderstand des Netzes berücksichtigt werden. Der Beitrag der Spannungsverzerrung zu dieser Last kann aus dem verzerrten Strom, der an diesem Punkt fließt, und dem dort wirksamen Innenwiderstand berechnet werden.

C.1.2 Praktische Lösungen

C.1.2.1 Übliche Vorgehensweise

Es ist gut bekannt, dass es, um eine Überbemessung der Anlage und eine nicht benötigte Erhöhung des Stromes, der im Verteilungsnetz fließt, zu vermeiden, erforderlich ist, mit einem guten Leistungsfaktor zu arbeiten. Im praktischen Einsatz wird dieser Leistungsfaktor jedoch nur vom Standpunkt der Blindleistung betrachtet, tatsächlich ist hier aber zu sehen, dass auch der Oberswingungsgehalt dazu beiträgt.

Es ist üblicherweise der Fall, dass eine Industrieanlage Blindleistung verbraucht. Daher war es auch üblich, eine gemeinsame Kompensation zu errichten, um den Grundswingungsleistungsfaktor und den Blindleistungsverbrauch der Anlage zu verringern. Um das zu bewerkstelligen, wurden Kondensatoren installiert, entweder dicht beim Blindleistungsverbraucher oder gemeinsam nahe dem PCC. In einigen Ländern werden Gebühren für jenen Grundswingungsleistungsfaktor erhoben, besonders wenn das Verteilungsnetz voll ausgelastet ist.

C.1.2.2 Entwicklung dieser üblichen Vorgehensweise

Da es den Leistungsfaktor betrifft und wegen des steigenden Einsatzes von verzerrenden Lasten ist eine Oberswingungskompensation erforderlich. Diese Oberswingungskompensation kann gemeinsam durch Filtermaßnahmen an der vollständigen Anlage oder örtlich mit Filtern nahe der verzerrenden Lasten durchgeführt werden. Es kann auch besser sein, Lasten zu verwenden, die keine Störungen hervorrufen.

Unter dieser Voraussetzung ist erkennbar, dass zwei Kompensationsarten erforderlich sind: bezüglich des Grundswingungsleistungsfaktors und bezüglich des Oberswingungsgehaltes. Für jede dieser Kompensationsarten können zwei Verfahren verwendet werden: eine gemeinsame Näherung für die Gesamtanlage

EN 61800-3:2004

oder eine örtliche Näherung für jede verzerrende Last. Es sind vier Fälle vorhanden, jedoch ist keiner unabhängig, so dass dieses Problem genauer betrachtet werden muss.

C.1.3 Blindleistungskompensation

C.1.3.1 Allgemeine Kompensationskriterien

Eine Einrichtung zur Korrektur des Leistungsfaktors setzt sich aus Kondensatorbatterien zusammen, die über elektromechanische oder statische Schaltschütze an die Netzleitung angeschlossen sind. Nachfolgend werden Phänomene behandelt, die sich durch die Anwendung von Kondensatorbatterien ergeben, die über elektromechanische Schaltschütze angeschlossen sind.

Die Größe der zu errichtenden Kondensatorbatterie ist eine Funktion der für das System erforderlichen Wirk- und Blindleistungskompensation und auch ihrer tageszeitlichen Änderung (Last-Zeit-Kennwerte). Sie ist auch eine Funktion der Preispolitik des Energieversorgungsunternehmens.

Die Korrektur wird häufig durch den Mittelwert des Energieverbrauchs (Wirk- und Blindanteile) während der Hauptbelastungszeiten des Tages, bezogen auf die Zeitdauer eines Monats, festgelegt.

ANMERKUNG Das in diesem Anhang benutzte Konzept der Blindenergie ist durch das zeitliche Integral der Blindleistung definiert.

Zur Bemessung ist es erforderlich, die Kriterien des Energieversorgungsunternehmens zu kennen:

- Hauptlastzeiten an einem Tag;
- Grenzwerte des kostenfreien Blindleistungsverhältnisses (zum Beispiel $\tan \varphi$);
- Anwenderdaten wie z. B. Last-Zeit-Kennwert.

Es ist zu erkennen, dass eine Korrektur des Blindleistungsverbrauchs weder konstant noch andauernd erfolgen kann. Eine ständige Korrektur würde sogar zu bestimmten Zeiten zur Einspeisung von Blindleistung in das Stromversorgungsnetz führen. Das Ergebnis würde ein Anstieg der Spannung in der Anlage des Anwenders sein. Dies ist nicht unbedingt ein Vorteil. Eine derartige Untersuchung betrifft die vollständige Anlage und ist für jedes einzelne PDS meist unmöglich.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist, dass die Kondensatoren entweder an der Niederspannungs- oder Mittelspannungsseite installiert werden können. Die allgemeine Praxis zeigt, dass die Installation an der Mittelspannungsseite einen wirtschaftlichen Vorteil hat, sobald die Blindleistungskorrektur 600 kVar erreicht. Für niedrigere Bemessungswerte sollte die Niederspannungsseite vorgezogen werden.

Falls Kondensatoren zur Leistungsfaktorkorrektur in Netzen mit Oberschwingungsstromquellen installiert werden müssen, wird empfohlen, dass Drosseln in Reihe mit den Kondensatoren geschaltet werden sollten. Die sich ergebenden Resonanzfrequenzen werden unterhalb der niedrigsten Frequenz der charakteristischen Oberschwingung, üblicherweise die mit der Ordnungszahl 5, geschoben (siehe C.1.3.4).

C.1.3.2 Anwendung der Korrektur auf der Niederspannungsseite

C.1.3.2.1 Verschiedene Lösungen

Nach den örtlichen Bedingungen können vier Korrekturarten definiert werden:

- Korrektur einzelner Geräte;
- abschnittsweise Korrektur;
- globale Korrektur.

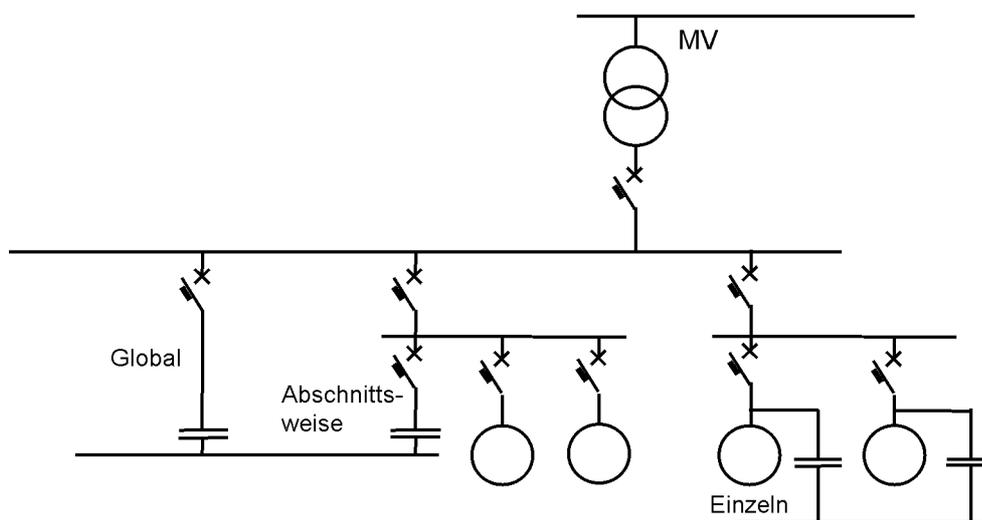


Bild C.1 – Blindleistungskompensation

C.1.3.2.2 Einzelne Kompensation – für Motoren, die direkt mit dem Netz verbunden sind

Eine einzelne Kompensation ist besonders dann ratsam, wenn ein Motor mit fester Drehzahl und einer Bemessungsleistung höher als 25 kW vorhanden ist und wenn er über den größten Teil der Arbeitsstunden läuft. Dies gilt besonders für Motoren, die Maschinen mit hohem Trägheitsmoment wie z. B. Lüfter antreiben. Der Betriebsschalter des Motors schaltet den Kondensator automatisch ein und aus. Es ist ratsam nachzuweisen, dass es keine Gefahr einer Resonanz gibt.

- Vorteile:** Die Blindenergie wird direkt an dem Punkt erzeugt, an dem sie verbraucht wird. Es ergibt sich eine Verringerung der Blindstrombelastung über die gesamte Länge des Stromversorgungskabels. Die einzelne Kompensation liefert somit den wichtigsten Beitrag zur Verringerung der Scheinleistung und von Spannungsverlusten sowie -einbrüchen im Leiter.
- Nachteile:** Die einzelne Kompensation ist relativ kostenaufwändig, mehrere kleine Kondensatoren sind teurer als eine einzelne große Kondensatorbatterie. Wenn die Kondensatoren angeschlossen sind, erhöhen sie die Spannung des Anlagennetzes örtlich. Es würde daher erforderlich erscheinen, dass sie während Zeiten mit niedriger Belastung im öffentlichen Netz (und deshalb hoher Spannung) abgeschaltet werden können, um die Spannung zu vermindern. Eine hohe Spannung würde tatsächlich eine Gefahr der übermäßigen Beanspruchung der Einrichtung mit sich bringen und ihre vorzeitige Alterung verursachen. Die Kondensatoren sollten, sofern möglich, konsequent mit ihren eigenen Schaltgeräten an das Netz geschaltet werden. Ein weiterer wichtiger Nachteil ist, dass eine Anhäufung von Kondensatoren im Industrienetz die Gefahren von Resonanzerscheinungen erhöht. Alle diese Faktoren verringern bedeutend die potenziellen Vorteile, die durch eine einzelne Kompensation erzielt werden können.

C.1.3.2.3 Abschnittsweise Kompensation

Im Falle der abschnittswisen Kompensation kompensiert eine einzelne Kondensatorbatterie, die mit eigenem Schaltgerät geschaltet wird, bei einer Gruppe von Verbrauchern, die in einem Betrieb oder einem Bereich angeordnet ist, die Blindenergie.

- Vorteile:** Die abschnittsweise Kompensation erfordert einen geringeren Investitionsaufwand als eine einzelne Kompensation. Die Belastungskurven sollten jedoch vorher gut bekannt sein, um eine richtige Bemessung der Kondensatorbatterien zu ermöglichen und die Gefahren einer Überkompensation (wenn die gelieferte Blindleistung größer als die erforderliche ist) zu vermeiden, die ständig Überspannungen erzeugt und zur vorzeitigen Alterung führt. Die Kondensatorbatterie hat ihr eigenes Schaltgerät, was es vereinfacht, sie in Schwachlastzeiten im öffentlichen Netz abzuschalten, selbst wenn die entsprechenden Energieverbraucher eingeschaltet bleiben.
- Nachteile:** Die Stromversorgungskabel der verschiedenen Energieverbraucher müssen so bemessen werden, dass sie sowohl die Wirk- als auch die Blindströme übertragen können. Zusätzlich sollten Maßnahmen ergriffen werden, um die Kondensatoren zu schützen (zum Beispiel Sicherungen, Leistungsschalter, usw.) und sie während Instandhaltungsvorgängen aus Sicherheitsgründen zu entladen (Entladewiderstände). Die Sicherungen sollten regelmäßig überwacht werden.

EN 61800-3:2004

C.1.3.2.4 Globale Kompensation

Im Falle der globalen Kompensation wird die Erzeugung der Blindenergie auf einen einzelnen Punkt konzentriert, häufig in der Schaltstation oder in einem Bereich, der ausreichend groß und gut belüftet ist. In Anlagen, die nur kleine Energieverbraucher haben, ist es im Allgemeinen ratsam, eine automatisch gesteuerte zentrale Kompensation vorzusehen, wieder um Überkompensation zu vermeiden. Wenn die Belastungskurve geringe Schwankungen aufweist, ist es erforderlich, lediglich die gesamte Batterie während der Betriebszeiten der Anlage einzuschalten.

- a) **Vorteile:** Die Kondensatoren haben einen guten Ausnutzungsgrad und die Anlage ist leichter zu überwachen. Zusätzlich kann mit der automatischen Steuerung über die Kondensatorbatterie der Belastungskurve der Anlage wirksam gefolgt werden, wobei manuelle Eingriffe vermieden werden (d. h. Ein- und Ausschalten per Hand). Diese Lösung ist potenziell von einem wirtschaftlichen Gesichtspunkt von Vorteil, wenn Laständerungen nicht speziellen Leistungsverbrauchern zugeordnet werden können.
- b) **Nachteile:** Die Anlagen hinter dem Anschluss der gemeinsamen Kompensation müssen die gesamte Blindleistung übertragen.

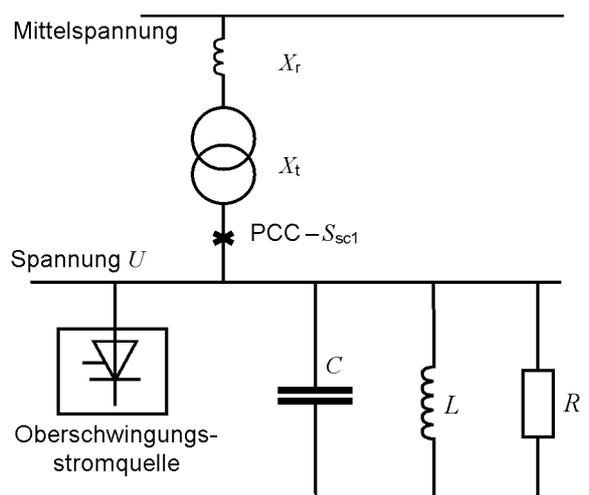
C.1.3.3 Anwendung der Leistungskorrektur auf Mittelspannungsebene

Die Kompensation wird im Allgemeinen auf zentralisierter Grundlage ausgeführt. Die Kondensatoren sind in der Mittelspannungsschaltstation in Batterien angeordnet. Die Batterien sind über einen Leistungsschalter mit der Mittelspannungssammelschiene verbunden. Ihre Leistung kann einige MVar erreichen, und sie können in kleine Abschnitte unterteilt sein, die nacheinander in Betrieb genommen werden, um eine optimale Kompensation als Funktion der täglichen Belastungskurve zu erhalten. Jeder Abschnitt wird als Funktion der täglichen Belastungskurve oder über eine direkt gekoppelte Regelung mit einem Schalter in Betrieb genommen, der für diesen Zweck vorgesehen ist.

- a) **Vorteile:** Wenn die Kondensatorbatterien Leistungspegel von mehr als 600 kVar haben, sind die Kosten der Mittelspannungskompensation gewöhnlich geringer als die der Niederspannungskompensation.
- b) **Nachteile:** Dieses Kompensationsverfahren bewirkt keine Entlastung für den Teil des Netzes, der hinter den Kondensatoren angeordnet ist. Das Einschalten der Kondensatorbatterie verursacht Spannungsschöße. Die Beherrschung dieser Anlage ist schwieriger als mit Kondensatoren im Niederspannungsbereich.

C.1.3.4 Gefahr von Resonanzen

Die Gefahr von Resonanzen entsteht durch das gleichzeitige Vorhandensein von Kondensatoren zur Kompensation der Blindleistung und Quellen von Oberschwingungsströmen, die von elektronischen Stromrichtern ausgehen, in einem Netz. Ein vereinfachtes Einphasenschaltbild eines Netzes, einschließlich einer passiven R-L-Last und einer Kondensatorbatterie, die die Last auf gemeinsamer Grundlage kompensiert, ist nachfolgend dargestellt.



Legende

- P Wirkleistung der passiven Last und Verluste;
 Q Blindleistung der passiven Last;
 X_r Impedanz des Stromversorgungsnetzes mit der Kurzschlussleistung S_{sc0} ;
 X_t Impedanz des Transformators mit der Scheinleistung S_N (Reaktanz X_{sc});
PCC gemeinsamer Kopplungspunkt der sekundärseitigen Sammelschiene mit der Kurzschlussleistung S_{sc1} ;
 R, L Widerstand und Reaktanz entsprechend der Wirk- und Blindleistung P und Q der Last;
 C Kondensatoren zur Kompensation der Blindenergie der Leistung Q_{cond} .

Bild C.2 – Vereinfachtes Schaltbild eines industriellen Netzes

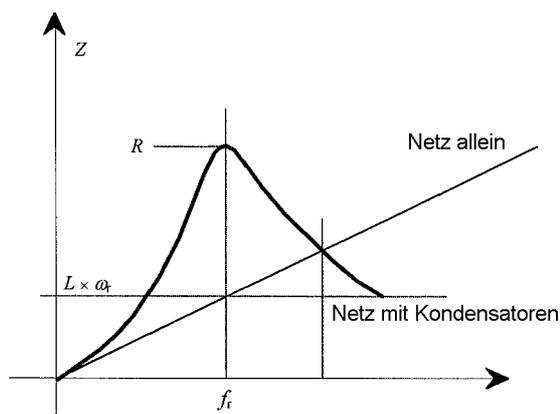


Bild C.3 – Impedanz in Abhängigkeit von der Frequenz in einem vereinfachten Netz

Diese Darstellung zeigt die Änderungen der Oberschwingungsimpedanz des Netzes am PCC und die Gefahren des Auftretens von Resonanz, die mit dem Vorhandensein einer Quelle von Oberschwingungsströmen verbunden sind. Die Einspeisungsimpedanzen X_r und X_t tragen zu einer Verringerung der Kurzschlussleistung bei, die am PCC vom Wert S_{sc0} bis zum Wert S_{sc1} zur Verfügung steht:

$$S_{sc1} = (1/S_{sc0} + X_{sc}/S_N)^{-1}$$

EN 61800-3:2004

Daher hat die entsprechende Oberschwingungsersatzimpedanz Z_h des Netzes am PCC für die Ordnungszahl h der Oberschwingung nachfolgenden Wert:

$$Z_h = (hU)^2 \left[\left(h^2 Q_{\text{cond}} - S_{\text{sc}1} - Q \right)^2 + h^2 P^2 \right]^{-1/2}$$

und die Resonanzfrequenz ist:

$$f_r = f_1 \left[(S_{\text{sc}1} + Q) / Q_{\text{cond}} \right]^{1/2}$$

Dabei ist f_1 die Frequenz der Grundschwingung.

Bild C.3 zeigt die Änderung der Impedanz Z_h und der Netzimpedanz als eine Funktion der Frequenz, die nur durch X_r und X_t hervorgerufen wird. Es ist zu beachten, dass Z_h im Vergleich zur Netzimpedanz allein eine Verstärkung bei der Resonanzfrequenz f_r zeigt. Beispiele für die Netzimpedanz und Überlegungen zur Dämpfung sind in IEC 61000-3-6 angegeben.

Wenn die Netzimpedanz bei bestimmten Oberschwingungsfrequenzen hoch ist und die Einspeisung von Oberschwingungsströmen bei den entsprechenden Frequenzen auftritt, ergeben sich beträchtliche Oberschwingungsspannungen, was durch Anwendung des Ohmschen Gesetzes ermittelt werden kann. Somit gibt es also eine Resonanz zwischen den induktiven Drosseln und den Netzkondensatoren. Dies hat eine Vielzahl von Folgen.

- Es besteht die Gefahr der Überlastung der Kondensatoren durch Überströme, die besonders bei den hohen Frequenzen der Oberschwingungen durch sie hindurchfließen.
- Es besteht die Gefahr eines Durchschlags an den Anschlussklemmen dieser Kondensatoren durch beträchtliche Oberschwingungsspannungen.
- Eine hohe Oberschwingungsspannung an den Anschlussklemmen einer Industrieanlage kann zu außergewöhnlichen Betriebszuständen von Geräten mit empfindlicher Elektronik und zu Überhitzung von Motorwicklungen führen.
- Das Auftreten von Oberschwingungsspannungen führt zur Erzeugung von Oberschwingungsströmen im Verteilungsnetz und in anderen Kundenanlagen.

Es sollte darauf geachtet werden, dass entweder die Störaussendung der Oberschwingungsstromquellen verringert wird oder Filter installiert werden. Der Einsatzort von Kondensatoren ist daher ein wichtiger Faktor für das Auftreten von Resonanzen.

Resonanzprobleme erfordern häufig eine genaue Analyse des elektrischen Netzes, bevor sie gelöst werden können. Diese Probleme sind ihrer Art nach nicht systematisch, aber wenn sie auftreten, bestehen ihre Folgen häufig in Schäden an den Einrichtungen, abgesehen von den Auswirkungen auf die beschleunigte Alterung.

Die vorstehende Analyse ist auf einen Stromkreis zur Blindleistungskompensation begrenzt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Mehrfachanwendung solcher Stromkreise die Resonanzgefahren vervielfacht.

C.1.4 Filterverfahren

C.1.4.1 Kriterien

Die Filtermaßnahmen an einer Anlage treffen für die vorliegende Norm nicht zu. Die Anwendung auf PDS zeigt jedoch ähnliche Schwierigkeiten wie diese Maßnahmen. Überdies könnte die in [C.1.3.2](#), [C.1.3.3](#) und [C.1.3.4](#) entwickelte Analyse über die Blindleistungskompensation mit ähnlicher Näherung und ähnlichen Schlussfolgerungen befolgt werden, wobei nur die Anfangskriterien spezieller sind.

Wenn ein übermäßig hoher Hochspannungsverzerrungspegel erwartet werden kann, sollten Filtermaßnahmen angewendet werden. Der Spannungsverzerrungspegel wird nach [B.3](#) und [B.4](#) bewertet. Ein besonderes zu filterndes PDS ist durch seine charakteristischen Kennwerte der Oberschwingungsaussendung

gekennzeichnet, d. h. die Pegel des Oberschwingungsstromes sind bekannt. Diese Kennwerte reichen jedoch nicht aus, um ein Filter festzulegen.

Ein Filter besteht im Allgemeinen aus Einrichtungen, die mit dem Netz verbunden sind und die eine sehr niedrige Impedanz bei bestimmten zu filternden Frequenzen darstellen. Daher absorbiert das Filter Oberschwingungsströme dieser bestimmten Frequenzen. Es gibt jedoch keinen Unterschied zwischen dem Oberschwingungsstrom, der vom PDS kommt und dessen bevorzugter Weg über die niedrige Impedanz des Filters führt (statt durch das Netz mit höherer Impedanz), und dem Oberschwingungsstrom, der von der im Netz vorhandenen Oberschwingungsspannung ausgeht. Der letztgenannte Strom wird nur durch die Summe aus der Oberschwingungsimpedanz des Netzes und der Impedanz des Filters begrenzt (siehe Bild C.4). Aus dieser Betrachtung kann entnommen werden, dass die Bemessung eines Filters ein ziemlich komplexer Vorgang ist, der die Kenntnis von drei grundlegenden Parametern erfordert:

- den zu filternden Strom, dessen Ursprung das PDS ist (liegt in der Verantwortlichkeit des Herstellers des PDS);
- vorhandene Oberschwingungsspannung (Verträglichkeitspegel können ausgewählt werden, würden jedoch allgemein zur Überdimensionierung des Filters führen);
- Oberschwingungsimpedanz am PC (liegt in der Verantwortlichkeit des Energieverteilers: Anwender innerhalb des Betriebes, falls IPC, Energieversorgungsunternehmen, falls PCC).

Der Aufbau solcher Filter erfordert einen Informationsaustausch zwischen Systemlieferant und Anwender.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Kenntnis der Oberschwingungsspannung nicht ausreicht, wenn die Oberschwingungsimpedanz nicht bekannt ist. Für eine richtige Bemessung des Filters sind häufig vorausgehende Messungen von Spannungen und Impedanz erforderlich.

Letztendlich wird aus ähnlichen Gründen, wie sie in C.1.3.4 entwickelt wurden, auf die Gefahr von mehrfachen Resonanzen hingewiesen.

C.1.4.2 Passive Filter

Die meisten herkömmlichen Filter sind Resonanzschaltungen (Reihenschaltung aus Induktivität und Kondensatoren) oder gedämpfte Stromkreise unter Hinzufügen von Widerständen oder aber komplexe Strukturen, die zur Impedanz des Filters weitere Pole und Nullstellen hinzufügen.

Ein Filter stellt eine sehr niedrige Impedanz bei einer bestimmten Frequenz dar, die ein Vielfaches der Netzfrequenz ist. Eine Filterbatterie, die verschieden parallel geschaltete Resonanzkreise verwendet, führt zur Filterung von Oberschwingungen mehrerer Ordnungszahlen, z. B. 5, 7, 11 und 13 (siehe Bild C.4). Sie kann auch Hochpasskreise umfassen. Sie sind für eine konstante Netzfrequenz ausgelegt und die Wirksamkeit des Filters ist, besonders wenn sie nur leicht bedämpft sind, von der Stabilität der Netzfrequenz abhängig.

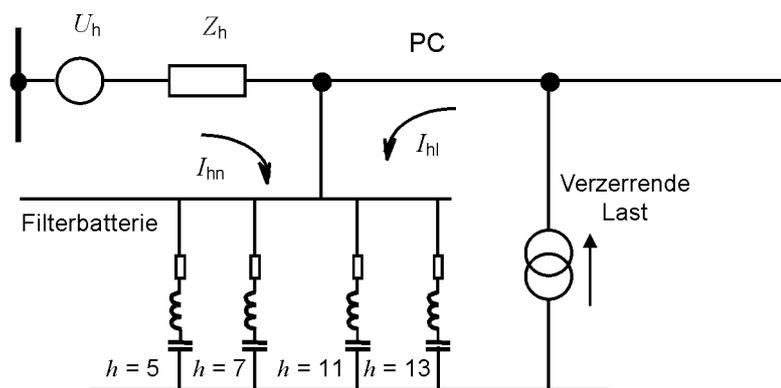


Bild C.4 – Beispiel einer passiven Filterbatterie

Es ist zu beachten, dass die Filterung von Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnungszahl gedämpfte Filter erfordert und nur in einem schmalen Frequenzband wirkungsvoll ist.

EN 61800-3:2004

Die beiden Haupterscheinungen sind bezüglich der Resonanzgefahren zu betrachten:

- Eine Resonanz ist im Allgemeinen bei einer Frequenz vorhanden, die etwas niedriger als die eingestellte Frequenz ist. Es ist erforderlich nachzuweisen, dass ein möglicherweise in diesem Netz verwendetes Rundsteuerungsverfahren davon nicht beeinflusst wird. Es liegt in der Verantwortlichkeit des Anwenders mit Hilfe des Energieversorgungsunternehmens, den Hersteller gegebenenfalls auf solche Rundsteuerungsverfahren mit den üblichen Trägerfrequenzen aufmerksam zu machen.
- Die Filterung jedes PDS vervielfacht die Gefahr von Resonanzen und das Ergebnis kann einen großen Teil der Anlage beeinflussen. Im Allgemeinen können diese Probleme nur durch eine fallweise Analyse beseitigt werden, was ein Grund dafür ist, warum eine gemeinsame Kompensation bevorzugt werden sollte.

C.1.4.3 Anordnung des Filters

Im Falle eines einzelnen Filters muss die Filtereinrichtung so nahe wie möglich am störenden PDS angebracht werden.

Bei dem zu bevorzugenden Verfahren der globalen Kompensation sollten der Einsatzort und der Aufbau des Filters im Hinblick auf die Parameter der Anlage gewählt werden:

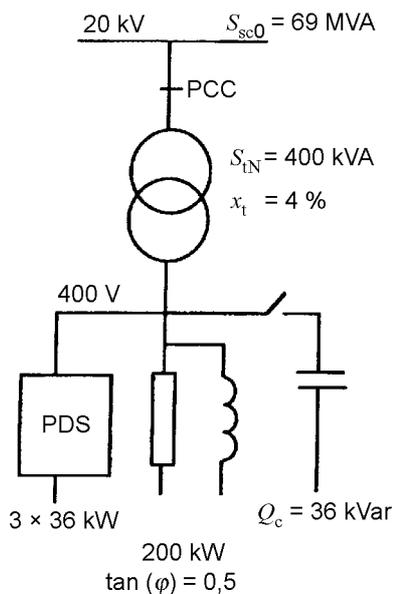
- natürlich entkoppelte Abschnitte im Netz;
- andere verzerrende PDS oder verzerrende Lasten mit ihren Störeigenschaften, d. h. herkömmliche Störaussendung durch Oberschwingungsströme;
- Impedanz des Verteilungsnetzes, besonders Vorhandensein von großen Kabellängen oder Stromkreisen zur Blindleistungskompensation (siehe C.2).

C.2 Blindleistung und Oberschwingungen

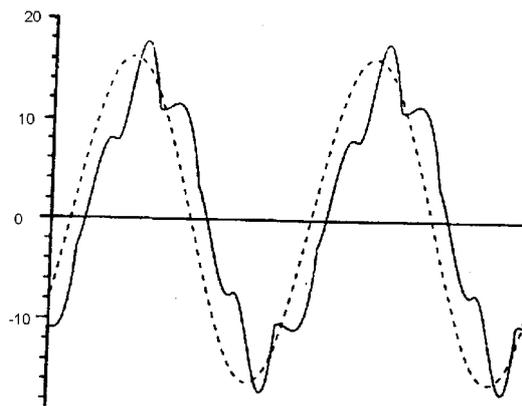
C.2.1 Installation gebräuchlicher Dämpfungsverfahren

Wie in C.1.1 gezeigt wurde, sind die Blindleistungskompensation und die Filterverfahren für Oberschwingungsströme miteinander verknüpft, so dass sie unabhängig nicht richtig angewendet werden können.

Bezugnehmend auf C.1.3.4 ist die Gefahr der Resonanz vorhanden, sobald ein Kondensator mit einem Netz verbunden ist, das von Natur aus induktiv ist. Elektrokabel bringen auch Kapazitäten in das Netz ein. Das nachfolgende Beispiel zeigt, dass mit einem Kondensator, der die Blindleistung kompensiert, die Oberschwingungsströme am PCC erhöht werden. Es fließen auch wesentliche Oberschwingungsströme in den Kondensator.

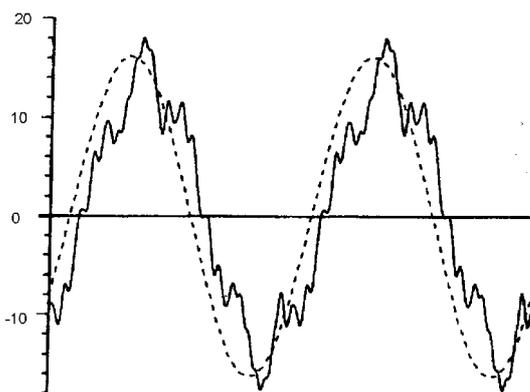


a) Schaltplan



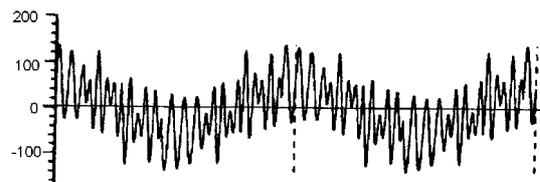
Volllinie Strom in Ampere
gestrichelte Linie Spannung zwischen Außenleiter und Neutralleiter in kV

b) Kurvenformen am PCC, wenn Q_c nicht verbunden ist



Volllinie Strom in Ampere
gestrichelte Linie Spannung zwischen Außenleiter und Neutralleiter in kV

c) Kurvenformen am PCC, wenn Q_c verbunden ist



Volllinie Strom in Ampere

d) Strom in Q_c

Bild C.5 – Beispiel einer unzulänglichen Lösung für die Blindleistungskompensation

Es kann aus Bild C.5 ersehen werden, dass das Problem mit nur einem Kondensator komplex ist und es verstärkt sich noch mit der Anzahl der für die Kompensation der Blindleistung verwendeten Kondensatoren. Die Vervielfachung in einem Kondensatornetzwerk sowohl zur passiven Filterung als auch zur Kompensation der Blindleistung erhöht die Anzahl der möglichen Resonanzfrequenzen. Daher zeigt die globale Kompensation, die das ganze System berücksichtigt, die besten Ergebnisse.

Darüber hinaus erhöht der Einsatz von getrennter Blindleistungskompensation und Filterung die Gefahr der Überproduktion von Blindleistung. Eine wirksame passive Filterung erzeugt auch zusätzlich eine beträchtliche Blindleistung. Daher ergibt die gemeinsame Berücksichtigung beider Erscheinungen die Möglichkeit, eine bessere Lösung bei der Bemessung einer optimalen Einrichtung für die Gesamtanlage festzulegen.

EN 61800-3:2004

C.2.2 Andere Lösungen

C.2.2.1 Einführung

Der Hauptnachteil passiver Filter liegt häufig in ihrer Unfähigkeit, sich an die Netzänderungen und Änderungen der Filterbauteile (Alterung, Temperatur usw.) anzupassen. Ein passives Filter ist sinnvoll, wenn seine Impedanz bei gegebener Frequenz im Vergleich zu derjenigen der Quelle sehr niedrig ist. In bestimmten Fällen wird jedoch die Kompensation schwierig, wenn die Quellenimpedanz (d. h. die Netzimpedanz) niedrig ist oder wenn die Filterfrequenzkennwerte nicht genau auf die von der Last erzeugten Oberschwingungen abgestimmt sind. Vor allem sind jedoch Serien- und Parallelresonanzen mit dem Netz, die auftreten können, die schwierigsten Probleme.

Folglich können für das Elektroenergieversorgungsunternehmen und/oder den Anwender andere Kompensationsverfahren erforderlich sein, um die optimale Verwendung der aus dem Netz entnommenen Energie sicherzustellen. Neue Lösungen, die ein besseres Betriebsverhalten bieten, sind in Bearbeitung und einige haben schon das Fertigungsstadium erreicht. Diese Lösungen sind aktive Filter und störungsfreie PDS einschließlich Regeleinrichtungen zur Korrektur des Leistungsfaktors.

C.2.2.2 Aktive Filter

Das Prinzip von aktiver Filterung besteht in der Schaltung eines Stromrichters, der aus einem Wechselrichter besteht, der Strom- und Spannungsüberschwingungen kompensieren kann, zwischen die Last und das Stromversorgungsnetz. Wenn ein aktives Filter parallel geschaltet ist und einen zu dem von der Last erzeugten gegensinnigen Oberschwingungsstrom einspeist, handelt es sich um eine Parallelfiltereinrichtung (shunt filter). Wenn das aktive Filter in Reihe zum Netz liegt, kompensiert es die Oberschwingungsspannung am Anschlusspunkt der Last. Der wesentliche Vorteil eines aktiven Filters im Vergleich zum passiven Filter ist seine Anpassungsfähigkeit an Netz- und Laständerungen.

Unter Verwendung von Parallel- und Reihenschaltungen sind verschiedene Filterstrukturen möglich. Es scheint jedoch, als könnte der Einsatz aktiver Filter in Verbindung mit passiven Bauteilen das Betriebsverhalten verbessern und die potenziellen Anwendungen von aktiven Filtern durch Verringerung der Bemessungswerte und Zulassen des Anschlusses an das Mittelspannungsnetz erweitern. Außerdem gibt es eine leichte Tendenz zur Verringerung der Kosten für aktive Filter.

C.2.2.3 Störungsfreie PDS

Neue Strukturen von Netzstromrichtern stellen eine Alternative zu aktiven Filtern dar. Diese einphasigen oder Drehstromstrukturen ersetzen die Dioden- und Thyristorschaltungen in netzgeführten Stromrichtern. Sie lassen die Korrektur des Leistungsfaktors des PDS sowohl durch Ausgleich der Phasenverschiebung des aus dem Netz aufgenommenen Stromes und der Netzspannung als auch der Minimierung von Oberschwingungsströmen zu. Die in diesen Stromrichtern verwendeten Bauteile sind jedoch teurer, da sowohl das Einschalten als auch das Ausschalten gesteuert wird. Eine klassische Struktur für diese netzseitigen Stromrichter ist der Spannungsumrichter, der sechs Transistoren oder sechs GTO verwendet. Antriebssysteme, die diesen Typ von Brückenschaltung zur Korrektur des Leistungsfaktors benutzen, werden als saubere oder störungsfreie PDS bezeichnet.

C.2.2.4 Anwendung

Die Kosten solcher Systeme sind ein wichtiger Bestandteil der Kosten der durch sie korrigierten störenden Lasten (PDS oder andere) oder können es sein. Dies sollte sowohl hinsichtlich der Anschaffung, des Betriebes als auch der Instandhaltung verstanden werden. Es ist zu beachten, dass der Betrieb Kosten mit steigenden Verlusten ebenso erzeugt wie Gewinne mit verringertem Blindleistungsverbrauch. Die Kosten werden an das technische Ziel angepasst, was keine Alternative zur „Sicherstellung der EMV“ zulässt (d. h. Übereinstimmung mit Verträglichkeitspegeln).

Ein weiterer Punkt ist, dass die Kompensation, global, einzeln oder kombiniert, wegen der Verringerung der Resonanzgefahren leichter sein kann als mit passiven Lösungen.

Letztlich erhöhen diese aktiven Lösungen die Anzahl der kommutierten elektronischen Leistungsbaulemente und sind für eine Erhöhung der Hochfrequenzstöraussendungen verantwortlich.

Eine ideale Lösung gibt es nicht und es sollten alle diese Elemente berücksichtigt werden. Die Festlegung der Lösung für ein besonderes Problem sollte jedoch das besondere Umfeld dieses Problems berücksichtigen. Die Einteilung des Umfeldes lässt sich zwar allgemein vornehmen, muss aber durch genaue Kenntnis der industriellen Bedingungen von Fall zu Fall verfeinert werden.

Anhang D (informativ)

Betrachtungen zur hochfrequenten Störaussendung

D.1 Leitfaden für Anwender

D.1.1 Erwartete Störaussendung von PDS

D.1.1.1 PDS und seine Bauteile

In industriellen Umgebungen oder in öffentlichen Netzen, die keine Wohngebäude versorgen, verfügen die Kunden, die PDS einsetzen, über einen allgemeinen technischen Sachverstand und sind sich der EMV-Erscheinungen bewusst.

Beim Verkauf der Bauteile eines PDS kann der Hersteller keine Maßnahmen zur Verringerung der Hochfrequenzstörung einbauen, weil ihm die EMV-Grenzbedingungen der Endanlage nicht bekannt sind. Außerdem sollte der Anwender der Bauteile eine freie Entscheidung vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt haben, um globale oder einzelne Filtermaßnahmen oder Abschirmungsverfahren, natürliche Dämpfungen über Entfernungen oder den Einsatz von verteilten parasitären Elementen der vorhandenen Anlage zu verwenden, um von Fall zu Fall elektromagnetische Verträglichkeit zu erreichen.

D.1.1.2 Leitungsgeführte Störspannungen

Die Verfahren und Werte zur quantitativen Beurteilung der erreichten EMV sind ausführlich im normativen Teil der vorliegenden Norm beschrieben. Ein wichtiger Informationsaspekt für den Anwender eines ungefilterten PDS, um mögliche Entstörmaßnahmen zu beurteilen, ist der Pegel der leitungsgeführten Störspannungen im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz, der am Stromversorgungsanschluss eines PDS erwartet werden kann.

Die nachfolgenden Ergebnisse basieren auf Messungen, die an mehreren Typen von PDS (Typen mit Spannungs- und Stromzwischenkreis) zwischen 1990 und 1994 in verschiedenen Ländern vorgenommen wurden. Für eine Beurteilung des Bereiches der Störaussendungspegel, die üblicherweise erwartet werden können, wurde der Frequenzbereich in drei übliche Teilbereiche unterteilt (CISPR 11: 0,15 MHz – 0,50 MHz, 0,50 MHz – 5,0 MHz und 5,0 MHz – 30 MHz), und der höchste Pegel von jedem PDS in jedem Teil wurde für diesen Abschnitt als repräsentativ aufgezeichnet. Die Messungen wurden in den meisten Fällen unter Verwendung eines Spitzenwertdetektors durchgeführt. Eine Bereichsbreite von ± 20 dB vom Mittelwert V_{dist} wurde angenommen, siehe Bild D.1, um etwa 91 % aller ermittelten Werte, die sich unter verschiedenen Lastbedingungen (Schwachlast und Höchstlast), unterschiedlichen Bemessungseingangsspannungen (230 V, 400 V, 460 V und 690 V) sowie verschiedenen Bemessungsleistungen (0,75 kVA bis 740 kVA) ergaben, zu erfassen.

Entsprechend dem physikalischen Hintergrund der Störaussendung kann der Mittelwert der Spitzenwerte beliebig durch zwei gerade Linien mit Anstiegen von 20 dB/Dekade und 40 dB/Dekade angenähert werden. Die beiden Linien kreuzen sich bei der Übergangsfrequenz $f_{\text{trans}} \approx 2$ MHz und können nach Literaturhinweis [7] analytisch beschrieben werden durch:

$$\bar{U}_{\text{dist}}/\text{dB}(\mu\text{V}) = 20 \log \frac{80 \text{ V} \times 10 \text{ kHz}}{\pi \times f \times 1 \mu\text{V}}$$

wenn $100 \text{ kHz} \leq f \leq f_{\text{trans}}$;

$$\bar{U}_{\text{dist}}/\text{dB}(\mu\text{V}) = 20 \log \frac{80 \text{ V} \times 10 \text{ kHz} \times f_{\text{trans}}}{\pi \times f^2 \times 1 \mu\text{V}}$$

wenn $f_{\text{trans}} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$.

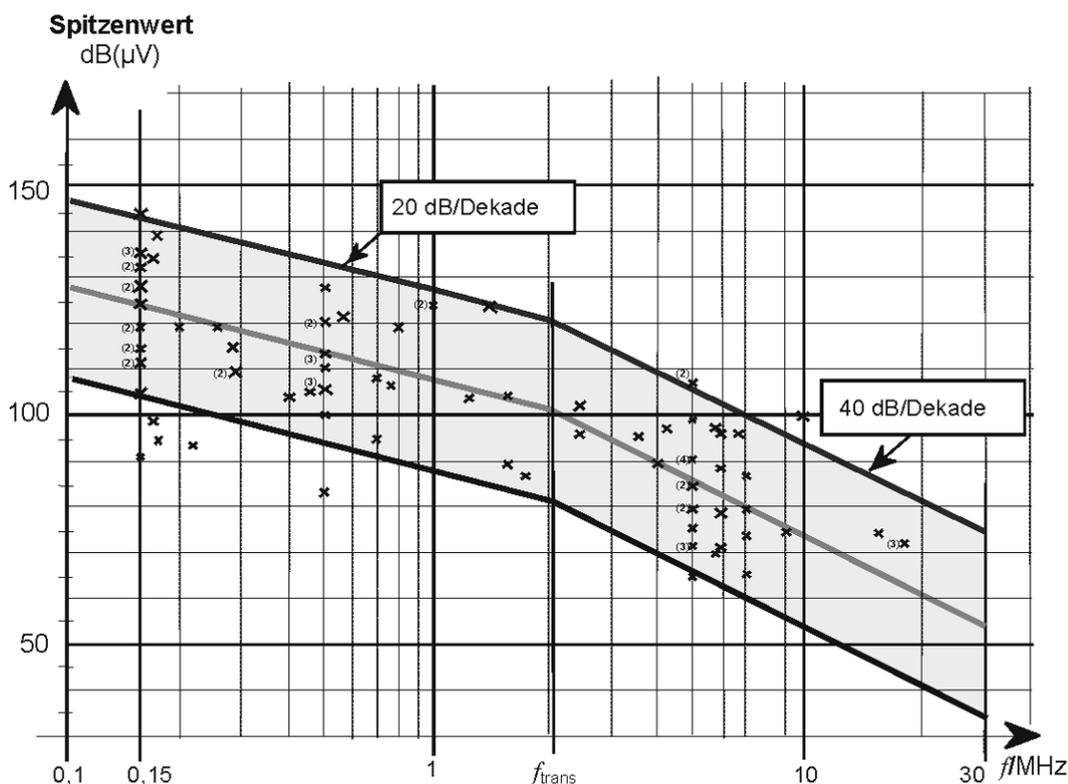


Bild D.1 – Leitungsgeführte Störaussendung von unterschiedlichen PDS ohne Filtereinrichtungen

Die Ergebnisse sind in Spitzenwerten angegeben. Nach Literaturhinweis [2] ist der Quasi-Spitzenwert niedriger als der Spitzenwert und wird mit Verringerung der Schaltfrequenz der Leistungsbaulemente zunehmend niedriger. Für ein PDS mit einer Schaltfrequenz im Bereich von 200 Hz bis 10 kHz ist der Quasi-Spitzenwert im Allgemeinen 5 dB bis 2 dB niedriger als der Spitzenwert. In den Fällen von Messergebnissen, die nur als Aufzeichnungen der Quasi-Spitzenwerte zur Verfügung standen, wurde diese Korrektur für die Beurteilung des Bildes D.1 verwendet.

In den meisten Fällen werden diese Einrichtungen ohne Störung verwendet, jedoch müssen in der Nähe von Rundfunksendern oder eines empfindlichen Gerätes, wie z. B. solche zur Messung von sehr niedrigen Spannungen, Entstörmaßnahmen (zum Beispiel HF-Filterung) ergriffen werden.

D.1.1.3 Feldgebundene Störungen

Durch das Fehlen von Beanstandungen in diesem Bereich wurden Messungen, die die feldgebundenen Störaussendungen nachweisen, nicht umfassend untersucht. Was von einer Einrichtung jedoch erwartet werden kann, ist in Bild D.2 dargestellt. Die beurteilten Ergebnisse stellen Messungen dar, die auf Spitzenwerte bei einer Messentfernung von 10 m für PDS mit oder ohne unterschiedlich angewendeten Entstörmaßnahmen korrigiert wurden.

Die Fortsetzung der erwarteten Störspannungsbereiche aus Bild D.1 in den Bereich über 30 MHz ist nur eine grobe Näherung mit sehr wenigen repräsentativen Werten, könnte jedoch genug Daten zeigen, um das Fehlen von Beanstandungen zu erklären. Es ist aus diesem Bild ersichtlich, dass die Mittelwerte der feldgebundenen Störaussendung über 100 MHz sogar ohne Entstörmaßnahmen häufig unter den Grenzwerten von CISPR 11 liegen.

Eine analytische Näherung wurde für diesen Bereich nicht dargestellt. Der Grund dafür ist, dass die Hauptquellen der feldgebundenen Störaussendungen in den meisten Fällen die Mikroprozessoren oder einige Schaltnetzteile innerhalb der Einrichtung sind und nicht die Hauptleistungselektronik der Stromrichter insgesamt.

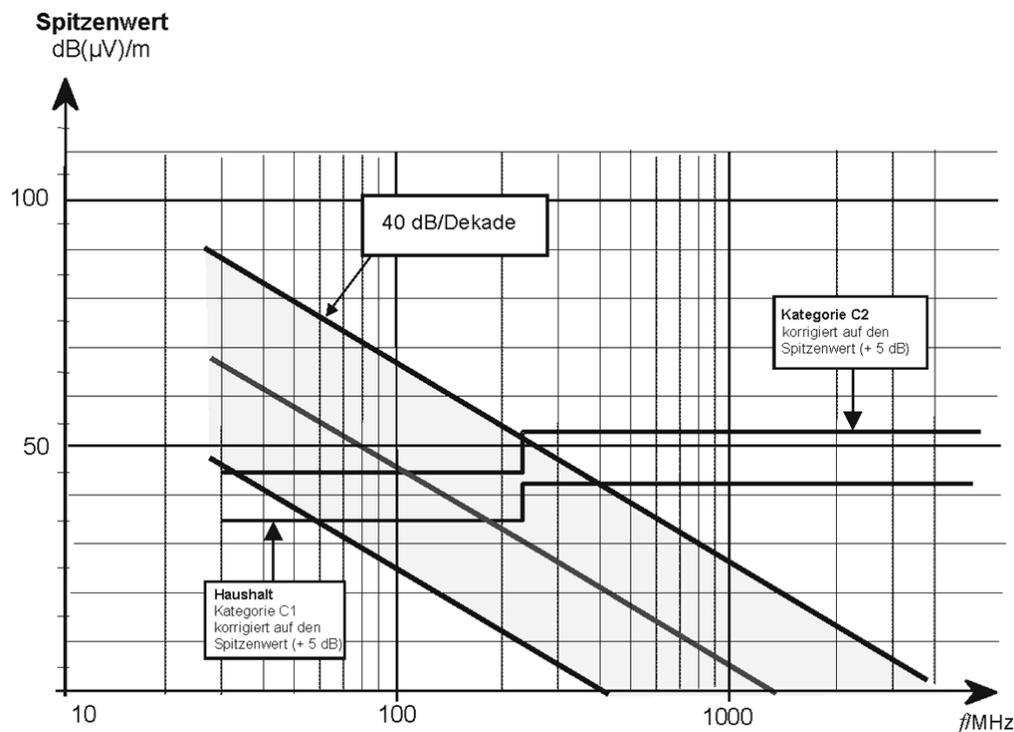


Bild D.2 – Erwartete feldgebundene Störaussendung von PDS mit einer Bemessungsspannung bis 400 V, Spitzenwerte auf 10 m normiert

D.1.1.4 Störaussendung der Stromversorgungsschnittstelle

Die Störaussendung der Stromversorgungsschnittstelle wird hauptsächlich durch unsymmetrische Spannungen hervorgerufen. Die unsymmetrische Spannung an der Stromversorgungsschnittstelle kann eine hohe Anstiegsgeschwindigkeit von dv/dt enthalten, die einen Strom in den Streukapazitäten sowohl des Kabels als auch der elektrischen Belastung induzieren (im Allgemeinen wird die elektrische Belastung durch die Ankerwicklungen des Motors gebildet). Diese Streuströme fließen durch Erde und entweder durch das Stromversorgungsnetz oder die Eingangsfilter des entsprechenden Stromrichters zu ihrer Quelle zurück. Daher ist die Störaussendung der Stromversorgungsschnittstelle mit den Störspannungen verbunden, die am Leistungsanschluss gemessen werden.

D.1.2 Leitfaden

D.1.2.1 Öffentliches Niederspannungsnetz

Die potenziellen Auswirkungen der von einem PDS erzeugten Störungen sind von der Umgebung abhängig, in der das PDS eingesetzt wird.

In einigen Ländern können kleine und mittelständische Fertigungsbetriebe durch eine öffentliche Niederspannungsstromversorgung versorgt werden, die auch Wohngebäude versorgt. In diesem System gibt es keine galvanische Trennung zwischen Drehstromeingangsanschlussklemmen des PDS in den kommerziellen und Leichtindustriestandorten und den Netzsteckdosen der Wohngebäude.

Wenn ein nicht entstörtes PDS direkt an die öffentliche Niederspannungsversorgung, die Wohngebäude versorgt, angeschlossen wird, entsteht eine beträchtliche Störfahr für den Rundfunk- und Fernsehempfang. In dieser Umgebung wird es dringend empfohlen, dass der Netzeingang des PDS mit Filtereinrichtungen versehen wird. Daher sollte der Anwender ein PDS auswählen, das die entsprechenden in 6.4 der vorliegenden Norm angegebenen Grenzwerte erfüllt.

D.1.2.2 Zweite Umgebung

In einer industriellen Umgebung, die nicht an eine öffentliche Niederspannungsversorgung angeschlossen ist, ist der Einsatz von PDS ohne Filtereinrichtungen seit vielen Jahren übliche Praxis. Im Allgemeinen haben

diese korrekt gearbeitet und andere Einrichtungen nicht gestört. Dies zeigte sich durch das Fehlen von Beanstandungen über Rundfunkstörungen gegenüber der Industrie. Daher gelten sie als verträglich.

Falls Probleme auftreten, sind sie wahrscheinlich auf leitungsgeführte Störungen aus dem BDM/CDM zurückzuführen. Diese Störungen breiten sich entlang der Stromversorgungs- und Motorkabel aus und können durch Leitung, induktive oder kapazitive Kopplung oder feldgebunden eingekoppelt werden.

Es können Probleme auftreten, wenn ein PDS ohne Filtereinrichtungen in unmittelbarer Nähe zu einer besonders empfindlichen Einrichtung eingesetzt wird. Ein PDS braucht jedoch nicht die einzige Störquelle zu sein und die empfindliche Einrichtung hat üblicherweise eine niedrigere Leistungsbemessung als das PDS. Daher kann die Verbesserung der Störfestigkeit der empfindlichen Einrichtung die wirtschaftlichere Lösung als das Filtern der Störaussendung des PDS sein.

Probleme werden gewöhnlich durch Befolgung üblicher Errichtungshinweise, einschließlich der Trennung von Signal- und Stromversorgungskabel, verhindert. Falls dies nicht ausreicht, sollte in Abhängigkeit von der wirtschaftlichsten Lösung entweder die Störfestigkeit des Störpuffers erhöht oder die Störaussendung vom PDS verringert werden.

Die Verwendung von handelsüblichen EMV-Filtern an der Stromversorgungsschnittstelle zwischen BDM/CDM und dem Motor kann zu Problemen führen. Es ist wahrscheinlich, dass die Kondensatoren in diesem Filter durch die schnellen Schaltflanken am BDM/CDM-Ende dieser Schnittstelle beschädigt werden.

Falls ein abgeschirmtes oder armiertes Kabel für die Verbindung zwischen dem BDM/CDM und dem Motor ohne Filtereinrichtung am BDM/CDM-Eingang verwendet wird, wird die Einkopplung aus dem Motorkabel verringert, die leitungsgebundenen Störungen in der Netzstromversorgung durch die Kapazität des armierten Kabels werden erhöht. Daher sollte, wenn zur Lösung von EMV-Problemen ein abgeschirmtes oder armiertes Kabel zwischen dem BDM/CDM und dem Motor verwendet wird, am Netzeingang des BDM/CDM ein Filter angeschlossen werden. Auch die Minimierung der Länge des Motorkabels wird im Allgemeinen die Verringerung der feldgebundenen Störaussendung des Motorkabels unterstützen.

Da das Filtern Sicherheitsprobleme in Netzen, die vom Erdpotenzial getrennt sind, verursachen kann, ist es in diesem Fall die einzige Lösung, sicherzustellen, dass andere Einrichtungen eine ausreichende Störfestigkeit für diese Umgebung haben. Im Falle von Netzen, in denen eine aktive Leitung mit dem Erdpotenzial verbunden ist (corner grounded), sollten Kondensatoren der Y-Klasse (Außenleiter nach Erde) für die volle Spannung zwischen den Außenleitern bemessen werden.

D.1.2.3 Kategorien C1 und C3

Der Hersteller sollte Angaben zur Verfügung stellen, die für den Anwender erforderlich sind, um die richtige Störaussendungskategorie auszuwählen und die Einrichtung richtig zu errichten. Diese Angaben sollten eindeutige Anweisungen für alle Filter enthalten, die als Einzelteile mitgeliefert werden. Falls spezielle Kabel erforderlich sind, sollte dies angegeben werden.

Schaltschrankhersteller verwenden häufig Isolationsprüfungen, um die Qualität ihrer Verdrahtung zu überprüfen. Ein EMV-Filter kann jedoch diesen Prüfungen im geringeren Maße widerstehen als ein Stromrichter. Daher sollte der Hersteller dem Anwender diesbezüglich eindeutige Anweisungen angeben.

Falls ein PDS nicht störgeschützt ist oder einer hohen Störaussendungskategorie angehört, sollte der Hersteller dies eindeutig in den Anwenderunterlagen angeben. In diesem Fall muss der Hersteller nach [6.4.1.1](#) und [6.4.1.3](#) eine Warnung mitliefern, dass das PDS nicht in einem öffentlichen Niederspannungsnetz, das Wohngebäude versorgt, eingesetzt werden darf.

Falls das PDS Kommutierungseinbrüche am Eingang erzeugt, sollte dies in den Anwenderunterlagen angegeben werden.

Im Falle von Problemen sollte der Hersteller (zu Lasten des Anwenders) die Lösung anbieten, die erforderlich ist, um das PDS für eine niedrigere Störaussendungskategorie geeignet zu machen.

EN 61800-3:2004

D.1.2.4 Kategorien C2 und C4

In diesem Fall muss der Anwender die technische Kompetenz haben, ein richtiges EMV-Konzept für die Anlage anzuwenden. Der Hersteller sollte Angaben zur Störaussendungskategorie des PDS bereitstellen.

Der Anwender wird in der Lage sein, die richtige Kombination aus Störaussendungskategorie und Entstörmaßnahmen auszuwählen, um die wirtschaftlichste Lösung für die Anlage zu finden.

D.2 Sicherheitsmerkmale und Filtereinrichtungen für Hochfrequenzstörungen in Stromversorgungsnetzen

D.2.1 Sicherheitsmerkmale und Ableitströme

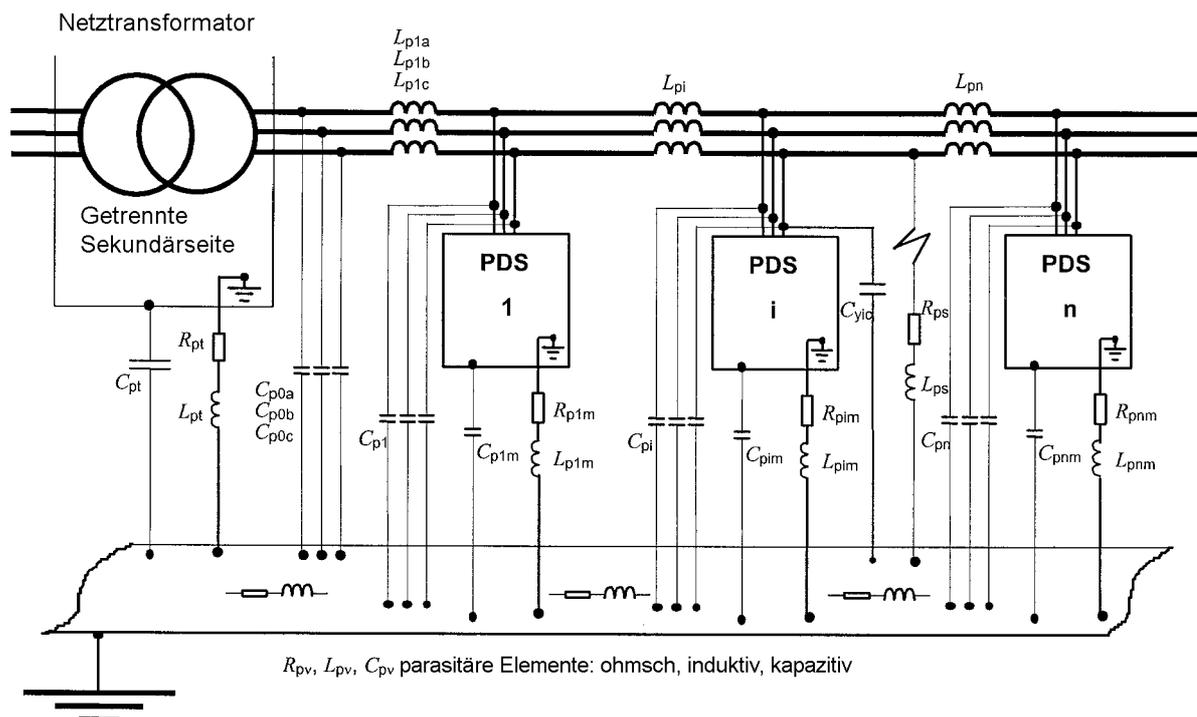
Die zur Einhaltung der Störaussendungsgrenzwerte ausreichenden Filtereinrichtungen für Hochfrequenzstörungen sind gut bekannt und entsprechen dem neuesten Stand der Technik. Es ist wichtig zu beachten, dass die Kapazitätswerte und damit der Energieinhalt und letztendlich die Wirksamkeit von für Filter verwendeten Y-Kondensatoren durch die normativen Anforderungen von Sicherheitsnormen, wie z. B. IEC 60065 im Falle von steckbaren Geräten, begrenzt sind. Falls der Ableitstrom durch diese Kapazität in Filtereinrichtungen für Hochfrequenzstörungen nach Erde zu hoch ist, kann die Wirksamkeit von Differenzialschutzeinrichtungen (Erdschlussschutz) in diesen Stromversorgungsnetzen beeinträchtigt werden.

Auf Ableitströme bezogene Sicherheitsanforderungen einschließlich Anforderungen an Warneinrichtungen sind in IEC 61800-5-1 enthalten.

D.2.2 Sicherheitsmerkmale und Filtereinrichtungen für Hochfrequenzstörungen in ungeerdeten Stromversorgungsnetzen

In komplexen Prozessen wie Walzwerken, Stabwalzwerken und Papierfabriken sowie bei Zentrifugen und Hilfsausrüstungen in der Zuckerindustrie, Krananlagen und der chemischen Industrie ist es sinnvoll und Stand der Technik, ein verteiltes isoliertes Stromversorgungsnetz vorzusehen. Selbst wenn zum Beispiel die Motoren außerhalb des Gebäudes installiert werden und hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt sind, kann es erforderlich sein, den Prozess im Falle eines Kurzschlusses nach Erde fortzusetzen. Dieser Kurzschluss wird über eine „Erdschlussüberwachung“ nachgewiesen und lässt es zu, den gesamten Prozess bis zum nächsten Serviceintervall sicher weiterzuführen.

Diese „Philosophie der Prozesssicherheit“ in Industrieanlagen kann jedoch von einer Vielzahl parasitärer Elemente, wie in [Bild D.3](#) dargestellt, beispielsweise durch die Kapazitäten C_{pv} zwischen Versorgungsnetz und Erde, gestört werden. Die resultierende Kapazität ist die Summe aller Y-Kapazitäten und parasitären Kapazitäten. Die Summe aller C_{pv} kann Werte von mehreren Mikrofarad erreichen. Jedes System von Funkentstörfiltern würde diese Kapazität gegen Erde wegen der großen Anzahl von verwendeten Y-Kapazitäten auf einen äußerst hohen Wert erhöhen (zum Beispiel n -mal die Kondensatoren C_y). Mit wachsender Kapazität würde es zunehmend schwieriger und letztlich unmöglich, einen Erdfehler richtig nachzuweisen.



Mehrere PDS arbeiten zusammen in einem komplexen Prozess mit verteilter isolierter Stromversorgung.

Bild D.3 – Sicherheit und Filtereinrichtungen

Mit Betriebsmitteln für die Funkentstörung C_y werden von jedem Kurzschluss nach Erde sehr hohe Stromwerte verursacht, die durch die Halbleiterschalter im Antriebssystem fließen. Diese Verhältnisse sind Kurzschlussbedingungen im Erdungsnetz bei einem Fehler am Ausgang gleichwertig. Dies würde zu einer Auslösung der elektronischen Notschutzgeräte und letztlich zum unbeabsichtigten Abschalten des Prozesses mit nicht vorhersagbaren wirtschaftlichen Folgen führen.

Dies sind die Gründe dafür, warum Funkentstörfilter mit isolierten Netzen in verteilten Prozessen unverträglich sind und daher in den vorstehend genannten Beispielen nicht besprochen wurden. Andererseits kann erwartet werden, dass Funkentstörfilter in diesen Netzen nicht sehr wirksam sein würden. Dies gilt deshalb, weil der Rückweg des Störstromes, auf dem er zur Quelle zurückfließt, in ungeerdeten Netzen immer kapazitiv ist. Er ist wegen der Resonanzen mit den parasitären Leitungsinduktivitäten L_{pv} schwer zu definieren oder zu berechnen. Letztlich könnte eine Erhöhung der Störströme, die durch einige Kapazitäten C_y dieses wenig definierten Weges fließen, zu Funkstörproblemen mit anderen Einrichtungen führen, die am gleichen Stromversorgungsnetz arbeiten.

Anhang E (informativ)

EMV-Analyse und EMV-Plan

E.1 Allgemeines – Für PDS geltende EMV-Systemanalyse

E.1.1 Elektromagnetische Umgebung

E.1.1.1 Allgemeines

Nach der ersten genormten Einteilung des vorgesehenen Einsatzes (siehe Definitionen in 3.2) kann eine detailliertere und angepasste Beschreibung erfolgen. Es dürfen verschiedene Näherungen verwendet werden, um die elektromagnetische Umgebung (EM-Umgebung) zu beschreiben. Es sollten die allgemeinen Eigenschaften der Umgebung, auf der Verträglichkeitspegel beruhen, definiert werden. Falls die elektromagnetische Verträglichkeit von Systemen erreicht werden muss, sollten die Störfestigkeitskennwerte der Einrichtung zusammen mit Errichtungspraktiken und Auslegung, physikalischer Trennung, Filterung und Abschirmung betrachtet werden.

Nach den Typen von PDS können besondere Umgebungsklassen bestimmt werden.

E.1.1.2 Allgemeine Modellierung

Ein System besteht aus mehreren Teilsystemen. Die vorhandenen Betriebsmittel (Teilsysteme) können zwei Funktionen haben, Störaussendung und/oder Störempfindlichkeit (Bild E.1).

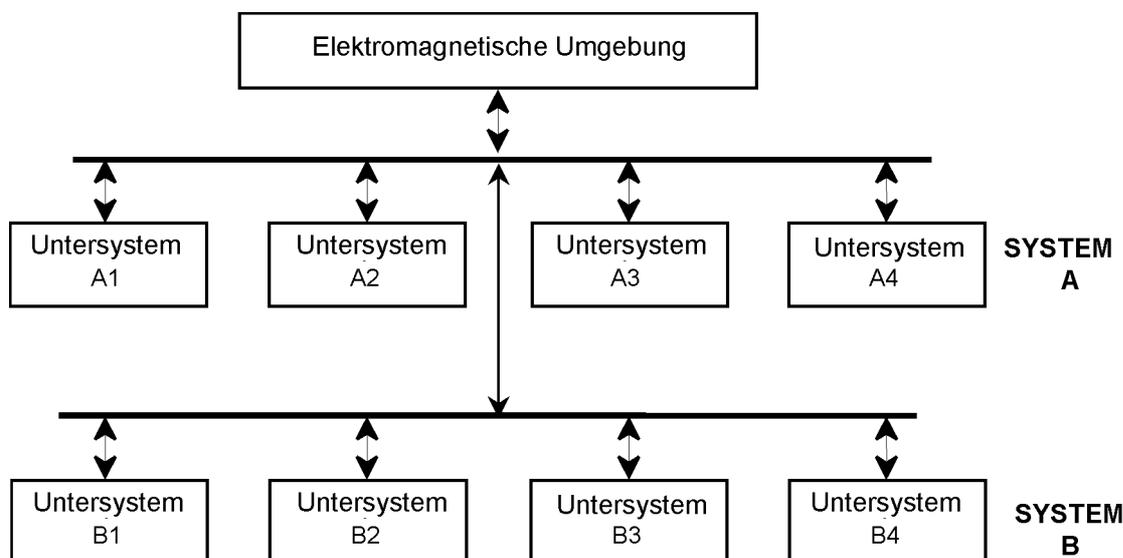


Bild E.1 – Wechselwirkung zwischen Systemen und EM-Umgebung

Störungen aussendende Betriebsmittel bestimmen die elektromagnetische Umgebung. Störaussendung kann empfindliche Betriebsmittel über verschiedene Kopplungsarten erreichen. Die allgemeinen Wechselwirkungen sind zwischen Teilsystem i und Teilsystem j sowie der Umgebung definiert. Diese Wechselwirkungen werden mit einem Kopplungsmodell festgelegt, das die verschiedenen Kopplungsarten verwendet [allgemeine Impedanzkopplung, Kopplung durch Induktion und feldgebundene Kopplung (Tabelle E.1)].

Dieses Modell hilft, die verschiedenen EMV-Probleme zu definieren und spezielle Grenzwerte festzulegen. Einige Beispiele sind in Bild E.1 und Tabelle E.1 angegeben.

E.1.2 Techniken der EMV-Systemanalyse

E.1.2.1 Bereichskonzept

Die Aufgaben der EMV-Systemanalyse sollten unter Nutzung der Kenntnis der Signalkennwerte in jedem Teilsystem, der Umgebungsstörfestigkeitspegel von kritischen Stromkreisen, technischen Bewertungsprüfungen und Berücksichtigung der betriebsmäßigen EM-Umgebung durchgeführt werden. Modelle für Quellen (Sender), Empfänger, Antennen, Ausbreitungsmedien und Kopplungspfade sollten erforderlichenfalls entwickelt werden. Die Zielstellung der EM-Systemanalyse ist, die Entwicklungs- und Entwurfsanforderungen und -verfahren zu unterstützen, um sicherzustellen, dass das Antriebssystem die EMV-Anforderungen erfüllt.

Das Bereichskonzept für das Antriebssystem sollte auf der Grundlage der betriebsmäßigen elektromagnetischen Umgebung und der Störimpfindlichkeit von Teilsystemen und Einrichtung festgelegt werden. Vor jeder EMV-Prüfung sollten spezielle Annahmekriterien für jeden Bereich festgelegt werden. Diese Kriterien sollten das für das Betriebsverhalten des Antriebssystems während der Störfestigkeitsprüfung verwendete Verfahren festlegen und benutzt werden, um Betriebsstörungen oder Abweichungen von Spezifikationsanforderungen nachzuweisen. Die Annahmekriterien für ein besonderes Teilsystem (oder eine Einrichtung) sollten im anwendbaren EMV-Prüfverfahren enthalten sein. Das Bereichskonzept ist in Bild E.2 dargestellt.

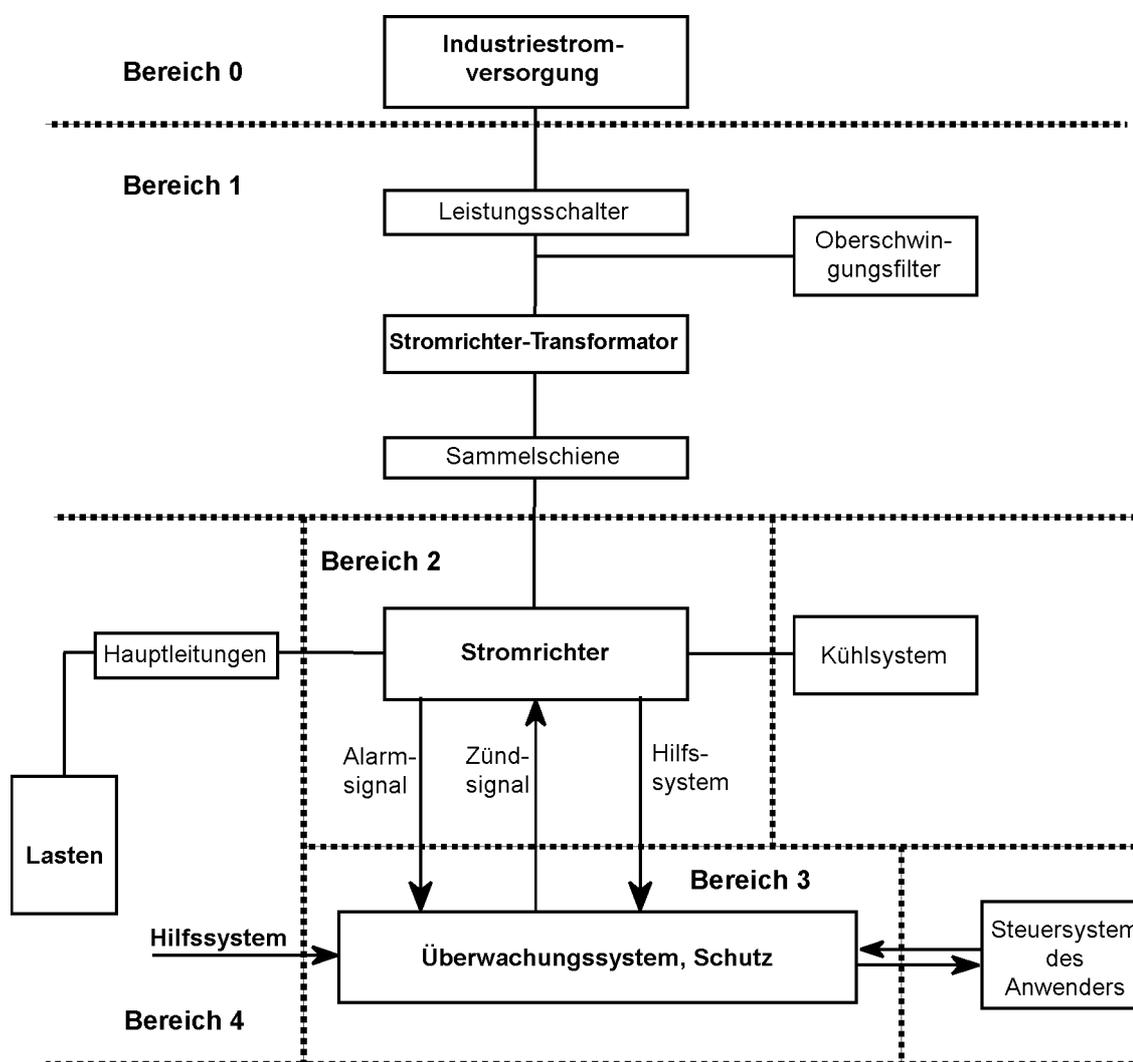


Bild E.2 – Bereichskonzept

EN 61800-3:2004

E.1.2.2 Schnittstellen

Tabelle E.1 enthält ein Beispiel für eine Stromversorgungsschnittstelle zwischen den Teilsystemen des PDS (wie in Bild E.3 dargestellt) und den Störungsarten (leitungsgeführt, feldgebunden).

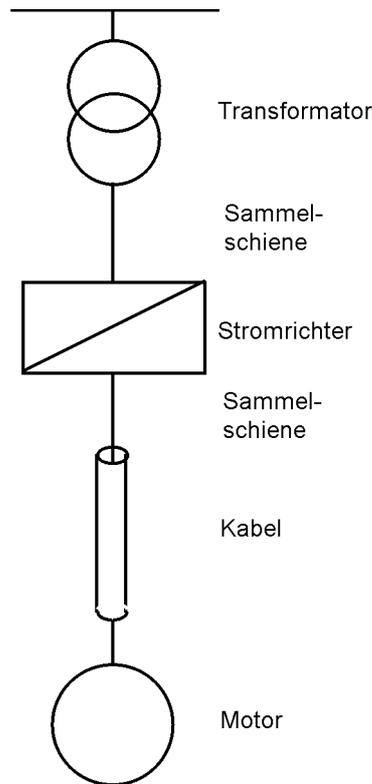


Bild E.3 – Beispiel für einen Antrieb

Tabelle E.1 – Elektromagnetische Wechselwirkung zwischen Teilsystemen und Umgebung

Teilsysteme als EM-Quelle	Teilsysteme als stömpfindliche Betriebsmittel				
	Umgebung	Transformator	Stromrichter	Kabel	Motor
Umgebung	n. a.	CI	CI, Rad.	CI	CI
Transformator	CI, E, H, Rad.	n. a.	CI	n. a.	n. a.
Stromrichter	CI, Rad.	CI	n. a.	CI	n. a.
Kabel	CI, Rad.	Rad.	CI, Rad.	n. a.	CI
Motor	Rad.	n. a.	CI	CI	n. a.

ANMERKUNG Kopplungsmodellierung:

- allgemeine Impedanzkopplung:
 - CI sowohl ohmsche als auch reaktive Kopplung
 - n. a. nicht anwendbar
- Kopplung durch Induktion:
 - E Kopplung durch elektrisches Feld
 - H Kopplung durch magnetisches Feld
 - Rad. feldgebundene Kopplung

E.1.2.3 Einrichtung

Die elektromagnetischen Kennwerte jeder Einrichtung (Störaussendung, Störfestigkeit) und des Bereiches, zu dem sie gehört, sollten bestimmt werden.

In Fällen, wo ein EMV-Plan nach 6.5.1 erforderlich ist, kann die nachfolgende Form verwendet werden.

ANMERKUNG Dieser Plan basiert auf IEC 61000-5-1.

Dieser EMV-Plan enthält den Einsatz eines PDS in einer speziellen Anlage. Der Zweck des Plans ist, eine EMV-Analyse auf Anlagenniveau durchzuführen. Auf der Grundlage der EMV-Analyse werden Maßnahmen festgelegt, um die elektromagnetische Verträglichkeit zu erreichen.

E.2 Beispiel eines EMV-Plans für allgemeine Anwendungen

E.2.1 Projektdaten und Beschreibung

Nach 6.5.1 spiegelt der EMV-Plan die Vereinbarung und den Austausch technischer Daten zwischen dem Anwender und dem Hersteller wider. Er sollte die Verantwortlichkeiten des Herstellers des PDS, des Errichters und des Anwenders festlegen. Der EMV-Plan wird gemeinsam durch alle drei Beteiligten geschaffen. Alle Fragen, die nicht für die besondere Anwendung zutreffen, dürfen fortgelassen werden.

Der EMV-Plan ist in zwei Teile unterteilt:

- E.2 legt die Punkte fest, die üblicherweise vereinbart werden sollten;
- E.3 legt zusätzliche Punkte fest, die in bestimmten Anwendungen erforderlich sein können.

ANMERKUNG Es ist die Bezeichnung n. a. (nicht anwendbar) zu verwenden, wenn die Anforderung nicht zutrifft. In solch einem Fall ist eine Erläuterung anzugeben.

Das nachstehend vorgeschlagene Beispiel enthält Fragen, deren Antworten einen EMV-Plan darstellen.

Name des Herstellers/Lieferanten

Name des Endanwenders

Auftrag Nr..... Datum

Anlagentyp (z. B. Chemiewerk, Maschine zur Papierherstellung)

Anwendung (z. B. Pumpe, Lüfter, Fördergerät).....

Für EMV verantwortliche Person(en)

E.2.2 Analyse der elektromagnetischen Umgebung

E.2.2.1 Anlagendaten

Einsatzort der Anlage

Beschreibung der Nachbarschaft (nahe der zweiten Umgebung, in der das PDS errichtet wird)

Erste Umgebung..... Zweite Umgebung

Der Abstand des Gebäudes/Raumes des PDS zur ersten Umgebung:..... Meter

Der Abstand des Gebäudes/Raumes des PDS zu Anlagen in der zweiten Umgebung: Meter

Aufbau des Gebäudes und Raumes

Typ (Holz, Ziegel, Beton, Stahl, Aluminium usw.)

Bewehrung (Stahl usw.) Ja Nein

Dem System zugeordneter Raum Ja Nein

EN 61800-3:2004

Raumgestaltung

Skizze der Raumgestaltung, so maßstabsgetreu wie möglich. Zeigt alle Haupteinrichtungen: Fenster, Türen usw.

E.2.2.2 Angaben zur Stromversorgung und Erdung

Energieverteilung

Energieverteilungssystem für das PDS:

Kennzeichnung des Kopplungspunktes (Kennzeichnungskode von Verteilerfeld, Schaltgeräten oder Transformator)

Typ des Verteilungsnetzes (z. B. TN-C, TN-S, TT, IT)

Typ der Stromversorgung des PDS:

Sternschaltung Dreieckschaltung Anzahl der Phasen Anzahl der Leiter

Erdschiene: Wie und wo verbunden?

Stromlaufplan

Zeichnung der einphasigen Schaltung des Stromverteilungsnetzes vom Haupttransformator zum PDS. Darstellung aller Transformatoren, Verteilerfelder usw. Außerdem Angabe der Nennspannung, Leistungsbemessung, Kabelverlegung und -verlegeverfahren, Anzahl der Leiter und ungefähre Länge von einbezogenen Kabeln/Schienen.

E.2.2.3 EMV-Daten

Erdung des PDS

Referenzerde des PDS? Einzelpunkt Vermascht

Angabe einer schematischen Darstellung des Äquipotenzialanschlusses.

Abschirmung des PDS

Werden geschirmte Schaltschränke für CDM/BDM verwendet? Ja..... Nein

Beschreibung:

Werden geschirmte Kabel verwendet? Ja..... Nein

Beschreibung:

Weitere verwendete Maßnahmen (Behälter)? Ja..... Nein

Beschreibung (unter Berücksichtigung von Motoren und Kabeln):

Hochfrequenzstörempefindliche Einrichtung in der Anlage

Alle Einrichtungen im Gebäude oder nahe dem Einsatzort der Anlage, die empfindlich für HF-Störungen sind?

Ja..... Nein.....

Beschreibung (z. B. Prozesssteuer- und -regelung und -messung, Datenbusse, Rechner usw.)

Ungefähre Entfernung vom PDS/von der Verkabelung des PDS: Meter

Wahrscheinlichster Kopplungspfad für Störungen: Leitungsgeführt Feldgebunden.....

Hochfrequenzstörempefindliche Einrichtung außerhalb der Anlage

Jede sichtbare oder nahe der Anlage befindliche Rundfunk- oder Fernsprechempfangsantenne?

Ja Nein

Beschreibung (z. B. Radar, Rundfunk/Fernsehen, Amateurfunk, Höchsthfrequenz oder andere):

Frequenz..... Entfernung von der Antenne..... Meter

CB-Band (CB), Handfunksprechgeräte, Funkfernsehverkehr, Fernsteuerung oder Uhrensynchronisationssysteme, die in der Anlage benutzt werden?

Ja Nein

Beschreibung:

E.2.3 EMV-Analyse

E.2.3.1 Identifizierung der empfindlichen Geräte oder Systeme

Es ist zu untersuchen, inwieweit die elektromagnetische Umgebung die Installation begrenzt.

E.2.3.2 Identifizierung der Teile der PDS, die mit höchster Wahrscheinlichkeit Störungen verursachen

Es ist zu untersuchen, inwieweit die elektromagnetische Umgebung die Installation begrenzt.

E.2.3.3 Gibt es Risiken bezüglich Fehlfunktionen der in a) aufgeführten Punkte bezüglich Störungen vom PDS?

Ja Nein

Beschreibung:

E.2.4 Festlegung von Errichtungsvorschriften

E.2.4.1 Erdung

Es sind die vom Hersteller des PDS angegebenen Empfehlungen zu beachten, wenn die Errichtungsvorschriften ermittelt werden. Um die EMV-Wirksamkeit der Erdung sicherzustellen, sind nachstehende Punkte zu bewerten:

- Erdungssystem des PDS (Einzelpunkt/vermascht);
- Äquipotenzialanschluss:
 - Verbindung von ungeschützten elektrisch leitfähigen Teilen;
 - Anschluss von Metallteilen des PDS an das Erdungssystem;
- HF-Qualität der Verbindungen:
 - Verbindung von Metall zu Metall durch Verbindungselemente;
 - Entfernung von Anstrichstoffen oder anderen isolierenden Werkstoffen, sofern erforderlich;
- Beschreibung (EMV-Lösungen).

EN 61800-3:2004

E.2.4.2 Kabel und Leitungen sowie Verdrahtung

E.2.4.2.1 Auswahl von Kabel und Leitungen

Es sind die vom Hersteller des PDS angegebenen Empfehlungen zu beachten, wenn die Errichtungsvorschriften ermittelt werden. Um die EMV-Wirksamkeit von Kabeln und Leitungen sicherzustellen, sind nachstehende Punkte zu bewerten:

- der Signaltyp (digitale Daten, PWM zum Motor usw.);
- unbenutzte Leiter;
- Typ der Kabel und Leitungen und Typ der Abschirmung (sofern vorhanden);
- Beschreibung (EMV-Lösungen).

E.2.4.2.2 Leitungsverlegung

Es sind die vom Hersteller des PDS angegebenen Empfehlungen zu beachten, wenn die Errichtungsvorschriften ermittelt werden. Um die EMV-Wirksamkeit der Verkabelung sicherzustellen, sind nachstehende Punkte zu bewerten:

- Trennung von Starkstromkabeln und Schwachstrom- oder Signalkabeln;
- Minimierung von parallelen Kabellängen;
- Entfernungen für Trennschottungen;
- Kreuzungen von Kabeln und Leitungen unter 90°;
- Verwendung von Schutzrohren und Kabeltrögen als paralleler geerdeter Leiter;
- Anordnung der Kabel und Leitungen in Kabeltrögen;
- Erdung von Kabeltrögen;
- Beschreibung (EMV-Lösungen).

E.2.4.3 Abschirmung des Schaltschranks vom PDS

Es sind die vom Hersteller des PDS angegebenen Empfehlungen zu beachten, wenn die Errichtungsvorschriften ermittelt werden. Um die EMV-Wirksamkeit von Gehäusen sicherzustellen, sind nachstehende Punkte zu bewerten:

- Durchgängigkeit des metallenen Gehäuses;
- Maße von Schlitz und Öffnungen;
- Eintritt von Kabeln und Leitungen durch die Erdreferenzebene;
- Verbindung der Abschirmungen von Kabeln und Leitungen mit der Erdreferenzebene (360° bevorzugt);
- Beschreibung (EMV-Lösungen).

E.2.4.4 Zugeordneter Transformator

Es sind die vom Hersteller des PDS angegebenen Empfehlungen zu beachten, wenn die Errichtungsvorschriften ermittelt werden. Um die EMV-Wirksamkeit sicherzustellen, ist die Anwendung von Nachstehendem zu beachten:

- zugeordneter Trenntransformator;
- Transformator mit elektrostatischer Abschirmung;
- Beschreibung (Größe, Einsatzort).

E.2.4.5 Filtereinrichtungen

Es sind die vom Hersteller des PDS angegebenen Empfehlungen zu beachten, wenn die Errichtungsvorschriften ermittelt werden. Um die EMV-Wirksamkeit sicherzustellen, ist die Anwendung von Nachstehendem zu beachten:

- zentrale oder verteilte Anordnung von HF-Filtern;

- Filtereinrichtungen für Signalleitungen;
- Filtereinrichtungen für Stromversorgungsschnittstellen, sofern geeignet;
- Beschreibung (EMV-Lösungen).

E.2.4.6 Zusätzliche Entstörmaßnahmen

Es sind die vom Hersteller des PDS angegebenen Empfehlungen zu beachten, wenn die Errichtungsvorschriften ermittelt werden. Sind weitere Verbesserungsverfahren erforderlich? Ja..... Nein.....

Es ist die Anwendung nachfolgender Verfahren zu berücksichtigen:

- elektrische Trennung von Stromkreisen;
- Lichtwellenleiter;
- galvanische Trennung für Datenleitungen (z. B. Optokoppler, Wandler);
- Zusatzschutz für empfindliche Betriebsmittel;
- Beschreibung (EMV-Lösungen).

E.2.5 Formelle Ergebnisse und Aufrechterhaltung

Es ist zu überprüfen, ob die Anlage nach den festgelegten Errichtungsvorschriften gebaut wurde.

Werden die Errichtungsvorschriften in allen Einzelheiten befolgt? Ja Nein.....

Beschreibung der Maßnahmen zur Beseitigung von Abweichungen.

Es sind Anweisungen für die Aufrechterhaltung der EMV-Kennwerte der Anlage festzulegen (z. B. Maßnahmen gegen Korrosion, Staub, der den Kontakt zwischen Tür und Rahmen beeinträchtigen könnte, Lösen von Verbindungen usw.).

Unterschrift(en) der für EMV verantwortlichen Person(en)

Datum

Unterschrift(en)

E.3 Beispiel für die Ergänzung zum EMV-Plan für besondere Anwendungen

E.3.1 Komplementäre Analyse der elektromagnetischen Umgebung

E.3.1.1 Energieverteilung von der Schaltstation des Energieversorgungsunternehmens zum Hauptversorgungstransformator der Anlage

Die Fragen in E.3 sind auf außerhalb vom PDS wirkende Faktoren bezogen, die für das EMV-Betriebsverhalten in einer komplexeren Anwendung zutreffen können.

Elektroenergieversorgungsunternehmen:

Ungefähre Entfernung zur nächsten Schaltstation des Energieversorgungsunternehmens (sofern bekannt):

Anschlussverteilung des Energieversorgungsunternehmens von der Schaltstation:

Freileitungen	Erdkabel	Kombination daraus
---------------	----------	--------------------

Beschreibung

EN 61800-3:2004

Kennwerte des Hauptstromversorgungstransformators der Anlage: kVA

Eingang (Primärseite): Spannung Anzahl der Phasen
 Anschlussart: Sternschaltung Dreieckschaltung

Weitere Beschreibung

Ausgang zur internen Verteilung (Sekundärseite)

Spannung Anzahl der Leiter Anzahl der Phasen
 Anschlussart: Sternschaltung Dreieckschaltung

Ist der Transformator geerdet? (Beschreibung wie und wo)

Die Elektrode zur Gebäudeerdung besteht aus:

Erdstab mehrere Stäbe Erdgitter Erdplatte
 Erdleiter Wasserleitungsrohr Gebäudearmierung

Falls weitere, Beschreibung

Zeichnung des Stromlaufplanes

Zeichnung der einphasigen Schaltung des Stromverteilungsnetzes von der Schaltstation des Energieversorgungsunternehmens zum Haupttransformator. Darstellung aller Transformatoren, Verteilerfelder usw.

Impedanz der Erdelektrode in Ohm (falls bekannt).

E.3.1.2 Energieverteilung vom Hauptversorgungstransformator der Anlage zum örtlichen Verteilerfeld/Schaltgerät/Transformator für das PDS

Die Fragen in E.3 sind auf außerhalb vom PDS wirkende Faktoren bezogen, die für das EMV-Betriebsverhalten in einer komplexeren Anwendung zutreffen können.

Stromlaufplan

Zeichnung der einphasigen Schaltung des Stromverteilungsnetzes vom Hauptversorgungstransformator zum örtlichen Verteilerfeld/Schaltgerät/Transformator.

Örtliches Verteilerfeld/Schaltgerät/Transformator

Kennzeichnung des örtlichen Verteilerfeldes/Schaltgerätes/Transformators

Aufbau des Verteilerfeldes: wo und wie angeschlossen

Typ der Stromversorgung für Verteilerfeld/Schaltgerät/Transformator

Sternschaltung Dreieckschaltung Anzahl der Phasen
 Anzahl der Leiter Leitermaße (Außenleiter, Nullleiter, PE-Leiter): Cu Al

Neutralstromschiene: wie und wo angeschlossen

Erdstromschiene: wie und wo angeschlossen

Einzelner isolierter PE-Leiter vom PDS oder Teil des PDS.

Ja..... Nein.....

Beschreibung

EN 61800-3:2004

Falls ja, kann ein Verfahren wie nachstehend erforderlich sein:

- Erarbeitung eines EMV-Prüfplanes (Bezug nehmend auf die EMV-Analyse).
- Durchführung von EMV-Prüfungen und Schreiben von Prüfberichten.

Sind die Prüfergebnisse annehmbar?

Ja Nein

Beschreibung aller Handlungen zur Berichtigung von Fehlern:

Literaturhinweise

- [1] ENEL (Italian Electricity Supply Industry) Spezifikation GLI (EMC) 07, Anhang A
- [2] T. Williams: „EMC for Product Designers“ – Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1992
- [3] IEC 61000-4-3:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test – Annex A*
- [4] Post Verfügung. Amtsbl Vfg 1045 – Dezember 1984, Anlage 1 – § 2, Nr. 4
 „... für Anlagen oder für Bauteile, die Teile einer Anlage sind, ist kein Kennzeichen für eine eingebaute Funkstörunterdrückung erforderlich, jedoch muss die Aufmerksamkeit des Kunden auf den Gesichtspunkt gelenkt werden, dass für die Gesamtanlage Entstörmaßnahmen erforderlich sein könnten ...“
- [5] Post Verfügung. Amtsbl Vfg 1046 – Dezember 1984, Anlage 1 – § 6 und § 7
- [6] Vorschriften der in den Verweisungen [5] und [6] angeführten Schriftstücke sind in der elektrotechnischen Norm VDE 0875 harmonisiert.
- [7] W. Graupner, S. Rolle: „Funkstörspannungen leistungselektronischer Antriebe“, Symposium der Gesellschaft für Mikroelektronik GMM des VDI, Frankfurt 1993

China	„Provisional Regulation for Harmonics in Electricity Systems“ SD 126-84
Deutschland	„Grundsätze für die Beurteilung von Netzurückwirkungen“ VDEW 1992
Schweiz	„Limitation des Perturbations Electriques dans les Réseaux Publics de distribution », ASE 3600-1-1987 et ASE 3600-1987/SNV4 3600-1 et 2
Vereinigtes Königreich	„Planning levels for harmonic voltage distortion and the connection of non-linear equipment to transmission systems and distribution networks in the United Kingdom“ G5/4 February 2001 from Electricity Association
USA	„IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System“ IEEE 519-1992

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050-101:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 101: Mathematics*

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 551: Power electronics*

IEC 60050-551-20:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 551-20: Power electronics – Harmonic analysis*

IEC 60146-1-2:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*

IEC 60146-1-3:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-3: Transformers and reactors*

IEC 60146-2:1999, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters*

IEC 61000-2-3:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 3: Description of the environment – Radiated an non-network-frequency-related conducted phenomena*

EN 61800-3:2004

IEC 61000-2-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 5: Classification of electromagnetic environments, Basic EMC Publication*

IEC 61000-2-8:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-8: Environment – Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results*

IEC 61000-2-12:2003, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-12: Environment – Compatibility levels in low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage supply systems*

IEC 61000-3-5:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 5: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*

IEC 61000-3-6:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems, Basic EMC Publication*

IEC 61000-3-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current ≤ 75 A per phase and subject to restricted connection¹*

IEC 61000-4-1:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61400-4-series*

IEC 61000-4-7:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 7: General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

IEC 61000-4-9:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 9: Pulse magnetic field immunity test, Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-10:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 10: Damped oscillatory magnetic field immunity test, Basic EMC Publication*

IEC 61000-5-1:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 1: General considerations, Basic EMC publication*

IEC 61000-5-2:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling*

IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 1: Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 2: Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-4:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 4: Emission standard for industrial environments*

IEC 61000-6-5:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for power stations and substations environments*

IEC 61800-5-1:2003, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IEC 62103:2003, *Electronic equipment for use in power installations*

¹ In Vorbereitung.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60050-131	2002	International Electrotechnical Vocabulary Part 131: Circuit theory	–	–
IEC 60050-151	2001	Part 151: Electrical and magnetic devices	–	–
IEC 60050-161	1990	Chapter 161: Electromagnetic compatibility	–	–
IEC 60146-1-1	1991	Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors Part 1-1: Specifications of basic requirements	EN 60146-1-1	1993
IEC 60364-1	2001	Electrical installations of buildings Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions	–	–
IEC 60664-1	1992	Insulation coordination for equipment within low- voltage systems Part 1: Principles, requirements and tests	EN 60664-1 ¹⁾	2003
IEC/TR 61000-1-1	1992	Electromagnetic compatibility (EMC) Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms	–	–
IEC/TR 61000-2-1	– ²⁾	Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems	–	–
IEC 61000-2-2	2002	Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems	EN 61000-2-2	2002
IEC 61000-2-4	2002	Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances	EN 61000-2-4	2002
IEC 61000-2-6	1995	Part 2-6: Environment – Assessment of the emission levels in the power supply of industrial plants as regards low-frequency conducted disturbances	–	–

¹⁾ EN 60064-1 enthält A1:2000 + A2:2002 zu IEC 60664-1.

²⁾ Undatierte Verweisung.

EN 61800-3:2004

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 61000-3-2 (mod)	2000	Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)	EN 61000-3-2	2000
IEC 61000-3-3	1994	Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection	EN 61000-3-3 + Corr. Juli	1995 1997
IEC/TS 61000-3-4	1998	Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3-4: Limits – Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A	–	–
IEC 61000-3-7	1996	Electrical apparatus for the detection and measurement of combustible gases, toxic gases or oxygen – Requirements and tests for apparatus using software and/or digital technologies	–	–
IEC 61000-3-11	2000	Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection	EN 61000-3-11	2000
IEC 61000-4-2	– ²⁾	Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test	EN 61000-4-2	1995 ³⁾
IEC 61000-4-3	2002	Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	EN 61000-4-3	2002
IEC 61000-4-4	1995	Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test	EN 61000-4-4	1995
A1	2000		A1	2001
A2	2001		A2	2001
IEC 61000-4-5	1995	Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test	EN 61000-4-5	1995
IEC 61000-4-6	2003	Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	–	–
IEC 61000-4-8	1993	Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test	EN 61000-4-8	1993
A1	2000		A1	2001
IEC 61800-1	1997	Adjustable speed electrical power drive systems Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems	EN 61800-1	1998
IEC 61800-2	1998	Part 2: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable frequency a.c. power drive systems	EN 61800-2	1998

²⁾ Undatierte Verweisung.

³⁾ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 61800-4	2002	Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c. and not exceeding 35 kV	EN 61800-4	2003
CISPR 11	2003	Industrial scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement	–	–
CISPR 14	Reihe	Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus	EN 55014	Reihe
CISPR 16-1	1999	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus	–	–
A1	2002		–	–
CISPR 22	2003	Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement	–	–

Anhang ZZ (informativ)

Zusammenhang mit grundlegenden Anforderungen von EG-Richtlinien

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erstellt, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde. Diese Europäische Norm deckt innerhalb ihres Anwendungsbereiches alle relevanten grundlegenden Anforderungen ab, die in Artikel 4 der EG-Richtlinie 89/336/EG enthalten sind.

Die Übereinstimmung mit dieser Norm ist eine Möglichkeit, die Konformität mit den festgelegten grundlegenden Anforderungen der betreffenden EG-Richtlinie(n) zu erklären.

WARNHINWEIS: Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EG-Richtlinien anwendbar sein.