

	Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe Teil 4: Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Wechselstrom-Antriebssystemen über 1000 V AC und höchstens 35 kV (IEC 61800-4:2002) Deutsche Fassung EN 61800-4:2003	DIN EN 61800-4
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0160 Teil 104
ICS 29.160.30; 29.200 Adjustable speed electrical power drive systems – Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1000 V a.c. and not exceeding 35 kV (IEC 61800-4:2002); German version EN 61800-4:2003 Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 4: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînements de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1000 V alternatif et ne dépassant pas 35 kV (CEI 61800-4:2002); Version allemande EN 61800-4:2003 Die Europäische Norm EN 61800-4:2003 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 61800-4 wurde am 2002-11-01 angenommen. Nationales Vorwort 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. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN EN 61800-4 (VDE 0160 Teil 104):2000-11. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 22G „Semiconductor power converters for adjustable speed electric drive systems“ erarbeitet. Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2008 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation – bestätigt, – zurückgezogen, – durch eine Folgeausgabe ersetzt oder – geändert. Fortsetzung Seite 2 bis 6 und 112 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

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.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60034-1:1998 A1:1998 A2:1999	IEC 60034-1:1996, mod. A1:1997 A2:1999	DIN EN 60034-1 (VDE 0530 Teil 1):2000-09	VDE 0530 Teil 1
EN 60034-2:1996 A1:1996 A2:1996	IEC 60034-2:1972 IEC 60034-2A :1974 A1:1996 A2:1996	DIN EN 60034-2 (VDE 0530 Teil 2):1998-09	VDE 0530 Teil 2
EN 60034-5:2001	IEC 60034-5:2000	DIN EN 60034-5 (VDE 0530 Teil 5):2001-12	VDE 0530 Teil 5
EN 60034-6:1993	IEC 60034-6:1991	DIN EN 60034-6 (VDE 0530 Teil 6):1996-08	VDE 0530 Teil 6
EN 60034-7:1993 A1:2001	IEC 60034-7:1992 A1:2000	DIN EN 60034-7 (VDE 0530 Teil 7):2001-12	VDE 0530 Teil 7
EN 60034-9:1997	IEC 60034-9:1997	DIN EN 60034-9 (VDE 0530 Teil 9):1998-06	VDE 0530 Teil 9
EN 60034-14:1996	IEC 60034-14:1996	DIN EN 60034-14 (VDE 0530 Teil 14):1997-09	VDE 0530 Teil 14
–	IEC 60034-17:1998	–	–
EN 60034-18-31:1994 A1:1996	IEC 60034-18-31:1992 A1:1996	DIN EN 60034-18-31 (VDE 0530 Teil 18-31):1995-08 A1:1998-06	VDE 0530 Teil 18-31 VDE 0530 Teil 18-31/A1
–	IEC 60038:1983 A1:1994 A2:1997	DIN IEC 60038:1987-05	–
–	IEC 60050-111:1996	–	–
–	IEC 60050-151:2001	–	–

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-351:1998	–	–
–	IEC 60050-441:1984 A1:2000	–	–
–	IEC 60050-551:1998	DIN IEC 60050-551:1999-12	–
–	IEC 60050-601:1985 A1:1998	–	–
EN 60076-1/A1:2000	IEC 60076-1/A1:1999	DIN EN 60076-1/A1 (VDE 0532 Teil 101/A1): 2001-07	VDE 0532 Teil 101/A1
EN 60076-2:1997	IEC 60076-2:1993	DIN EN 60076-2 (VDE 0532 Teil 102):1997-12	VDE 0532 Teil 102
EN 60076-3:2001	IEC 60076-3:2000 + Corrigendum:2000	DIN EN 60076-3 (VDE 0532 Teil 3):2001-11	VDE 0532 Teil 3
EN 60076-5:2000	IEC 60076-5:2000	DIN EN 60076-5 (VDE 0532 Teil 5):2001-11	VDE 0532 Teil 5
–	IEC 60076-8:1997	–	–
EN 60146-1-1:1993 A1:1997	IEC 60146-1-1:1991 A1:1996	DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558 Teil 11):1994-03 A1:1998-06	VDE 0558 Teil 11 VDE 0558 Teil 11/A1
–	IEC 60146-1-2:1991	–	–
EN 60146-1-3:1993	IEC 60146-1-3:1991	DIN EN 60146-1-3 (VDE 0558 Teil 8):1994-03	VDE 0558 Teil 8
EN 60146-2:2000	IEC 60146-2:1999	DIN EN 60146-2 (VDE 0558 Teil 2):2001-02	VDE 0558 Teil 2
–	IEC 60146-6:1992	–	–
EN 60204-11:2000	IEC 60204-11:2000	DIN EN 60204-11 (VDE 0113 Teil 11):2001-05	VDE 0113 Teil 11
Normen der Reihe EN 60417	Normen der Reihe IEC 60417	Normen der Reihe DIN EN 60417	–
EN 60529:1991 A1:2000	IEC 60529:1989 A1:1999	DIN EN 60529 (VDE 0470 Teil 1):2000-09	VDE 0470 Teil 1
–	IEC 60664-1:2000	–	–
EN 60721-3-1:1997	IEC 60721-3-1:1997	DIN EN 60721-3-1:1998-03	–
EN 60721-3-2:1997	IEC 60721-3-2:1997	DIN EN 60721-3-2:1998-03	–
EN 60721-3-3:1995 A2:1997	IEC 60721-3-3:1994 A1:1995 A2:1996	DIN EN 60721-3-3:1995-09 A2:1997-07	–
HD 464 S1:1988	IEC 60726:1982 A1:1986	DIN VDE 0532-6 (VDE 0532 Teil 6):1994-01 A1:1996-01	VDE 0532 Teil 6
EN 61000-2-4:1994	IEC 61000-2-4:1994	DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839 Teil 2-4):1995-05	VDE 0839 Teil 2-4
EN 61000-4-7:1993	IEC 61000-4-7:1991	DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847 Teil 4-7):1994-08	VDE 0847 Teil 4-7

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 61136-1:1995	IEC 61136-1:1995, mod.	DIN EN 61136-1:1995-12	–
EN 61378-1:1998	IEC 61378-1:1997	DIN EN 61378-1 (VDE 0532 Teil 41):1999-09	VDE 0532 Teil 41
EN 61800-2:1998	IEC 61800-2:1998	DIN EN 61800-2 (VDE 0160 Teil 102):1999-08	VDE 0160 Teil 102
EN 61800-3:1996 A11:2000	IEC 61800-3:1996	DIN EN 61800-3 (VDE 0160 Teil 100):2001-02	VDE 0160 Teil 100
EN ISO 1680:1999	ISO 1680:1999	DIN EN ISO 1680:2000-02	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60034-1 (VDE 0530 Teil 1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten (IEC 60034-1:1996, modifiziert + A1:1997 + A2:1999); Deutsche Fassung EN 60034-1:1998 + A1:1998 + A2:1999.*

DIN EN 60034-2 (VDE 0530 Teil 2), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades von drehenden elektrischen Maschinen aus Prüfungen (ausgenommen Maschinen für Schienen- und Straßenfahrzeuge) (IEC 60034-2:1972 + IEC 60034-2A:1974 + A1:1996 + A2:1996); Deutsche Fassung EN 60034-2:1996 + A1:1996 + A2:1996.*

DIN EN 60034-5 (VDE 0530 Teil 5), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 5: Schutzarten aufgrund der Gesamtkonstruktion von drehenden elektrischen Maschinen (IP-Code) – Einteilung (IEC 60034-5:2000); Deutsche Fassung EN 60034-5:2001.*

DIN EN 60034-6 (VDE 0530 Teil 6), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 6: Einteilung der Kühlverfahren (IC-Code) (IEC 60034-6:1991); Deutsche Fassung EN 60034-6:1993.*

DIN EN 60034-7 (VDE 0530 Teil 7), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 7: Klassifizierung für Bauarten, der Aufstellungsarten und der Klemmkasten-Lage (IM-Code) (IEC 60034-7:1992 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 60034-7:1993 + A1:2001.*

DIN EN 60034-9 (VDE 0530 Teil 9), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 9: Geräuschgrenzwerte (IEC 60034-9:1997); Deutsche Fassung EN 60034-9:1997.*

DIN EN 60034-14 (VDE 0530 Teil 14), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 14: Mechanische Schwingungen von bestimmten Maschinen mit einer Achshöhe von 56 mm und höher; Messung, Bewertung und Grenzwerte der Schwingstärke (IEC 60034-14:1996); Deutsche Fassung EN 60034-14:1996.*

DIN EN 60034-18-31 (VDE 0530 Teil 18-31), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen für drehende elektrische Maschinen – Hauptabschnitt 31: Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen – Thermische Bewertung und Klassifizierung von Isoliersystemen für Maschinen bis einschließlich 50 MVA und 15 kV (IEC 60034-18-31:1992); Deutsche Fassung EN 60034-18-31:1994.*

DIN EN 60076-1/A1 (VDE 0532 Teil 101/A1), *Leistungstransformatoren – Teil 1: Allgemeines – Änderung 1 (IEC 60076-1/A1:1999); Deutsche Fassung EN 60076-1/A1:2000.*

DIN EN 60076-2 (VDE 0532 Teil 102), Leistungstransformatoren – Teil 2: Übertemperaturen (IEC 60076-2:1993, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60076-2:1997.

DIN EN 60076-3 (VDE 0532 Teil 3), Leistungstransformatoren – Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft (IEC 60076-3:2000 + Corrigendum:2000); Deutsche Fassung EN 60076-3:2001.

DIN EN 60076-5 (VDE 0532 Teil 5), Leistungstransformatoren – Teil 5: Kurzschlussfestigkeit (IEC 60076-5:2000); Deutsche Fassung EN 60076-5:2000.

DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558 Teil 11), 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 Teil 8), 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 Teil 2), Halbleiter-Stromrichter – Teil 2: Selbstgeführte Halbleiter-Stromrichter einschließlich Gleichstrom-Direktumrichter (IEC 60146-2:1999); Deutsche Fassung EN 60146-2:2000.

DIN EN 60204-11 (VDE 0113 Teil 11), Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 11: Anforderungen an Hochspannungsausrüstung für Spannungen über 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV (IEC 60204-11:2000); Deutsche Fassung EN 60204-11:2000.

DIN EN 60417 (alle Teile), Graphische Symbole für Betriebsmittel.

DIN EN 60529 (VDE 0470 Teil 1), Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000.

DIN EN 60721-3-1, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 1: Langzeitlagerung (IEC 60721-3-1:1997); Deutsche Fassung EN 60721-3-1:1997.

DIN EN 60721-3-2, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 2: Transport (IEC 60721-3-2:1997); Deutsche Fassung EN 60721-3-2:1997.

DIN EN 60721-3-3, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 3: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt (IEC 60721-3-3:1994); Deutsche Fassung EN 60721-3-3:1995.

DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839 Teil 2-4), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2: Umgebungsbedingungen – Hauptabschnitt 4: Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen (IEC 61000-2-4:1994 + Corrigendum:1994); Deutsche Fassung EN 61000-2-4:1994.

DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847 Teil 4-7), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4: Prüf- und messverfahren – Hauptabschnitt 7: Allgemeiner Leitaden für Verfahren und Geräte zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten (IEC 61000-4-7:1991); Deutsche Fassung EN 61000-4-7:1993.

DIN EN 61136-1, Halbleiter-Stromrichter – Regelbare elektrische Antriebssysteme – Allgemeine Anforderungen – Teil 1: Nennwerte, insbesondere für Gleichstromantriebe (IEC 61136-1:1995, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61136-1:1995.

DIN EN 61378-1 (VDE 0532 Teil 41), Stromrichtertransformatoren – Teil 1: Transformatoren für industrielle Anwendungen (IEC 61378-1:1997); Deutsche Fassung EN 61378-1:1998 + Corrigendum 1998.

DIN EN 61800-2 (VDE 0160 Teil 102), 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 Teil 104):2003-08

DIN EN 61800-3 (VDE 0160 Teil 100), *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 3: EMV-Produktnorm einschließlich spezieller Prüfverfahren (IEC 61800-3:1996); Deutsche Fassung EN 61800-3:1996 + A11:2000.*

DIN EN ISO 1680, *Akustik – Verfahren zur Messung der Luftschallemission von drehenden elektrischen Maschinen (ISO 1680:1999); Deutsche Fassung EN ISO 1680:1999.*

DIN IEC 60038, *IEC-Normspannungen; Identisch mit IEC 60038, Ausgabe 1983.*

DIN IEC 60050-551, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 551: Leistungselektronik (IEC 60050-551:1998).*

DIN VDE 0532-6 (VDE 0532 Teil 6), *Transformatoren und Drosselspulen – Trockentransformatoren.*

IEV Kapitel 111, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 111: Physik und Chemie; Identisch mit IEC 60050-111:1996.*

IEV Kapitel 151, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 115: Elektrische und magnetische Geräte und Einrichtungen – Hauptabschnitt 151-11: Allgemeines; Identisch mit IEC 60050-151:2001-07.*

IEV Kapitel 351, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 351: Automatisierungstechnik; Identisch mit IEC 60050-351:1998-09.*

IEV Kapitel 441, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 441: Schaltanlagen, Schaltgeräte und Sicherungen; Identisch mit IEC 60050-441:1984.*

IEV Kapitel 601, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 601: Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie – Allgemeines.*

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)

Adjustable speed electrical power drive systems
Part 4: General requirements – Rating
specifications for a.c. power drive systems
above 1 000 V a.c. and not exceeding 35 kV
(IEC 61800-4:2002)

Entraînements électriques de puissance à
vitesse variable
Partie 4: Exigences générales – Spécifications
de dimensionnement pour systèmes
d'entraînements de puissance en courant
alternatif de tension supérieure à 1 000 V
alternatif et ne dépassant pas 35 kV
(CEI 61800-4:2002)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2002-11-01 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 22G/99/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61800-4, ausgearbeitet von dem IEC TC X SC 22G „Semiconductor power converters for adjustable speed electric drive systems“ des IEC TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2002-11-01 als EN 61800-4 angenommen.

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): 2003-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2005-11-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.
In dieser Norm ist [Anhang ZA](#) normativ und sind die [Anhänge A, B und C](#) informativ.
Der [Anhang ZA](#) wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61800-4:2002 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	9
4 Überblick über Grundsaltungen für Antriebssysteme	22
4.1 Einteilung der Grundsaltungen	22
4.2 Aufbau von Stromrichtern	23
4.3 Motorarten	24
4.4 Nebeweganordnungen und redundante Anordnung	24
4.5 Nutzstrombremsung und dynamische Bremsung	25
5 Betriebsbedingungen	26
5.1 Errichtung und Betrieb	26
5.2 Transport	29
5.3 Lagerung der Einrichtung	30
6 Bemessungswerte	31
6.1 Leistungsantriebssysteme (PDS)	31
6.2 Stromrichter	34
6.3 Transformator	35
6.4 Motor	35
7 Anforderungen an das Betriebsverhalten der Regeleinrichtung	36
7.1 Betriebsverhalten im Dauerbetrieb	36
7.2 Dynamisches Betriebsverhalten	38
7.3 Betriebsverhalten der Schnittstelle für die Prozesssteuerung	43
8 Hauptbauteile des Antriebssystems	46
8.1 Verantwortlichkeiten	46
8.2 Transformator	46
8.3 Stromrichter und zugehörige Steuer- und Regeleinrichtungen	50
8.4 Motor	51
9 Anforderungen an die PDS-Integration	56
9.1 Allgemeine Bedingungen	56
9.2 Integration von Bauteilen mit Spannungen über 1 000 V	59
9.3 Schnittstelle zur Schutzeinrichtung	63
9.4 Schnittstelle zur angetriebenen Einrichtung	65
10 Prüfungen	66
10.1 Durchführung der Prüfungen	66
10.2 Angaben zu Prüfungen an einzelnen Bauteilen des PDS	66
10.3 Prüfungen des Antriebssystems	69

11	Ermittlung des Wirkungsgrades	75
11.1	Allgemeines	75
11.2	Verfahren der Einzelverlustbestimmung	77
11.3	Volllastsystemprüfung	81
Anhang A (informativ)	Häufig verwendete Grundsaltungen von Antriebssystemen	84
A.1	Zweck	84
A.2	Grundsaltungen von Antriebssystemen mit Zwischenkreisumrichtern	84
A.3	Grundsaltungen von Antriebssystemen ohne Zwischenkreis (Direktumrichter)	92
Anhang B (informativ)	Betriebsverhalten der Drehzahlregelung und mechanisches System	95
B.1	Allgemeines	95
B.2	Grundlegende Arten der Drehzahlregelung	95
B.3	Wirkung der Torsionselastizität auf das Betriebsverhalten der Drehzahlregelung	96
B.4	Wirkungen der Getriebelose	98
B.5	Auswahlkriterien für das Drehzahlregelungssystem	98
B.6	Spezifizierung des Betriebsverhaltens der Drehzahlregelung	99
Anhang C (informativ)	Verluste durch Leistungshalbleiter	101
C.1	Thyristor	101
C.2	GTO/GCT-Thyristor (gate turn-off, gate commutated turn-off-Thyristor)	102
C.3	IGBT (integrated gate bipolar transistor, Bipolartransistor mit integriertem Gitter)	104
C.4	Beschaltungsverluste	106
Anhang ZA (normativ)	Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	109

Bilder

Bild 1	– Funktionsschaltbild eines Wechselstrom-Leistungsantriebssystems (PDS) mit einstellbarer Drehzahl und Spannungen über 1 kV	10
Bild 2	– Beispiel für einen Dauerbetriebsbereich	18
Bild 3	– Allgemeiner Aufbau eines Antriebssystems mit indirektem Stromrichter	23
Bild 4	– Allgemeiner Aufbau eines Antriebssystems mit direktem Stromrichter	23
Bild 5	– Beispiel eines Motors mit mehreren Stromrichterbaugruppen und getrennten Ständerwicklungssystemen	24
Bild 6	– Nebenanordnung für ein System mit indirekter Wandlung	24
Bild 7	– LCI-Synchronmotor in einer teilweise redundanten Anordnung	25
Bild 8	– Beispiel einer dynamischen Bremsung	25
Bild 9	– Typische Kurvenverläufe für Wirkungsgrad und Verluste eines PDS bei Betrieb mit konstantem Fluss	33
Bild 10	– Beispiel für einen Überlastungszyklus	34
Bild 11	– Bereich der Regelabweichung	37
Bild 12	– Zeitverlauf nach einer sprunghaften Änderung einer Führungseingangsgröße – keine Änderung der Arbeitsgrößen	40
Bild 13	– Zeitverlauf nach einer sprunghaften Änderung einer Arbeitsgröße – keine Änderung der Führungsgröße	41
Bild 14	– Zeitverhalten nach einer Änderung der Führungsgröße mit festgelegter Geschwindigkeit	41

Bild 15	– Frequenzgang der Regelung – Führungsgröße als Stimulus.....	43
Bild 16	– Verantwortlichkeiten des Systemlieferanten.....	46
Bild 17	– Arten der Isolationsbeanspruchung.....	53
Bild 18	– Definition der Spannung an den Anschlussklemmen des Motors	54
Bild 19	– Zulässige Pulsspannung (einschließlich Spannungsreflexion und Dämpfung) an den Motoranschlussklemmen als Funktion der Spitzenanstiegszeit t_a	54
Bild 20	– Leistungsantriebssystem (PDS) – Spannung über 1 000 V	57
Bild 21	– PDS-Integration	59
Bild 22	– Beispiel der Schutzerdung und Verbindung von Hauptbauteilen	60
Bild 23	– Bezugsmesspunkte für Prüfungen des Antriebssystems	71
Bild 24	– Rückspeiseprüfung	75
Bild 25	– PDS-Hardwarekonfiguration und Wirkungsgrad der einzelnen Bauteile.....	77
Bild A.1	– Grundaufbau eines Antriebssystems mit LCI-Synchronmotor	84
Bild A.2	– Grundaufbau eines Antriebssystems mit LCI-Asynchronmotor.....	85
Bild A.3	– Grundaufbau eines selbstgeführten PWM-CSI-Wechselrichters für ein Antriebssystem mit Asynchronmotor	85
Bild A.4	– Grundaufbau eines netz- und maschinenseitigen CSI-PWM-Stromrichters für ein Antriebssystem mit Asynchronmotor	86
Bild A.5	– Dreiphasen-VSI-Antriebssysteme	86
Bild A.6	– Antriebssystem mit NPC-Spannungsquellen-Wechselrichter	87
Bild A.7	– NPC-Struktur.....	87
Bild A.8	– Antriebssystem mit Mehrstufen-Spannungsquellen-Wechselrichter	88
Bild A.9	– Mehrstufen-Wechselrichterstruktur.....	88
Bild A.10	– Dreiphasen-VSI-Wechselrichter mit bidirektionalem netzseitigem Stromrichter	89
Bild A.11	– Antriebssystem mit netz- und maschinenseitigem Spannungsquellen-Wechselrichter (VSI)	90
Bild A.12	– Antriebssystem mit Mehrstufen-Spannungsquellen-Wechselrichter	91
Bild A.13	– Leistungsbaugruppe (PM) für jede Stufe.....	91
Bild A.14	– Dreiphasen-6-Puls-Direktumrichter mit einem 4-Wicklungstransformator	92
Bild A.15	– Kreisstrombehafteter Direktumrichter.....	93
Bild B.1	– Blockschaltbild der Drehzahlregelung mit Geberrückführung mit allen Grundelementen.....	95
Bild B.2	– Prinzipskizze eines Zweimassensystems.....	96
Bild C.1	– Kurvenform für einen GTO/GCT-Schaltvorgang	103
Bild C.2	– Kurvenform für einen IGBT-Schaltvorgang	105
Bild C.3	– Dreiphasige Thyristorbrückenschaltung	107
Bild C.4	– Übliche RCD-Summenbeschaltung.....	107
Tabellen		
Tabelle 1	– Symbole	21
Tabelle 2	– Betriebsbedingungen für die Spannungsversorgung an den PDS-Anschlussklemmen (Netz- und Hilfsspannung)	26
Tabelle 3	– Schwingungsgrenzen der Anlage	28

Tabelle 4 – Schwingungsgrenzwerte beim Transport (siehe Klasse 2M1, IEC 60721-3-2)	30
Tabelle 5 – Beispiel für eine reduzierte Dauerhöchstlast als Funktion einer Überlastung	33
Tabelle 6 – Bereich der größten Regelabweichung (Prozent)	37
Tabelle 7 – Begrenzende Bauteile und typische Spannungsbeanspruchungsfestigkeit des Motor- isolationssystems	55
Tabelle 8 – PDS-Schutzfunktionen	64
Tabelle 9 – Normprüfungen an PDS-Bauteilen.....	66
Tabelle 10 – Normprüfungen für den Stromrichter als Bauteil.....	68
Tabelle 11 – Prüfungen des Antriebssystems.....	70

1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil der IEC 61800 gilt für Wechselstrom-Antriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl, die die Energieumwandlung, die Steuer- und Regeleinrichtung und einen Motor enthalten. Ausgenommen sind elektrische Bahn- und Fahrzeugantriebe.

Er gilt für Leistungsantriebssysteme (siehe [Bild 1](#)) mit Stromrichterspannungen (Außenleiterspannung) zwischen 1 kV und 35 kV Wechselspannung, eingangsseitigen Frequenzen von 50 Hz oder 60 Hz und lastseitigen Frequenzen bis 600 Hz. Anforderungen für Spannungen über 15 kV sind nicht enthalten und werden zwischen Hersteller und Systemlieferant vereinbart.

Für Leistungsantriebssysteme mit Spannungen über 1 kV mit einem Abwärts-Eingangstransformator und/oder Aufwärts-Ausgangstransformator in Verbindung mit einem Niederspannungs-Stromrichter (unter 1000 V) gilt [IEC 61800-2](#).

Aspekte der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) werden in [IEC 61800-3](#) behandelt.

Besondere Sicherheitsanforderungen für Antriebssysteme mit einer Spannung über 1 kV werden in IEC 61800-5 behandelt.

Dieser Teil enthält die Kennwerte der Stromrichter, ihre Topologien und ihre Wechselbeziehung mit dem vollständigen Wechselstrom-Antriebssystem. Er gibt auch ihre auf die Bemessungswerte bezogenen Anforderungen an das Betriebsverhalten, die Normalbetriebsbedingungen, die Überlastbedingungen, die Stoßspannungsfestigkeiten, die Stabilität, den Schutz, die Erdung des Wechselstromnetzes, die Topologien und die Prüfungen an. Er behandelt weiterhin Anwendungsrichtlinien wie Strategien der Steuerung und Regelung, die Torsionsanalyse, Empfehlungen für die Erdung und die Integration der Bauteile des Antriebssystems.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*.

IEC 60034-2:1972, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)*.

Amendment 1 (1995)

Amendment 2 (1996)

IEC 60034-2A:1974, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles) – First supplement: Measurement of losses by the calorimetric method*.

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines – Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP Code)*.

IEC 60034-6:1991, *Rotating electrical machines – Part 6: Methods of cooling (IC Code)*.

IEC 60034-7, *Rotating electrical machines – Part 7: Classification of types of constructions and mounting arrangements (IM Code)*.

Amendment 1 (2000)

IEC 60034-9:1997, *Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits*.

IEC 60034-14:1996, *Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration.*

IEC 60034-17:1998, *Rotating electrical machines – Part 17: Cage induction motors when fed from converters – Application guide.*

IEC 60034-18-31:1992, *Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 31: Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV.*
Amendment 1 (1996)

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages.*
Amendment 1 (1994)
Amendment 2 (1997)

IEC 60050-111:1996, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 111: Physics and chemistry.*

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

IEC 60050-351:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 351: Automatic control.*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses.*
Amendment 1 (2000)

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 551: Power electronics.*

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General.*
Amendment 1 (1998)

IEC 60076-1:2000, *Power transformers – Part 1: General.*

IEC 60076-2:1993, *Power transformers – Part 2: Temperature rise.*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air.*

IEC 60076-5:2000, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit.*

IEC 60076-8:1997, *Power transformers – Part 8: Application guide.*

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specifications of basic requirements.*
Amendment 1 (1996)

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 – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters.*

IEC 60146-6:1992, *Semiconductor converters – Part 6: Application guide for the protection of semiconductor converters against overcurrent by fuses.*

IEC 60204-11:2002, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1000 V a.c. or 1500 V d.c. and not exceeding 36 kV.*

IEC 60417 (alle Teile), *Graphical symbols for use on equipment.*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).*
Amendment 1 (1999)

IEC 60664-1, *Edition 1.1b, 2000, Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests.*

IEC 60721-3-1:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage.*

IEC 60721-3-2:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation.*

IEC 60721-3-3:1994, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weather protected locations.*
Amendment 1 (1995)
Amendment 2 (1996)

IEC 60726:1982, *Dry type power transformers.*
Amendment 1 (1986)

IEC 61000-2-4:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances.*

IEC 61000-4-7:1991, *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 61136-1:1992, *Semiconductor power converters – Adjustable speed electric drive systems – General requirements – Part 1: Rating specifications, particularly for d.c. motor drives.*

IEC 61378-1:1997, *Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications.*

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 61800-3:1996, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC product standard including specific test methods.*

ISO 1680:1999, *Acoustics – Test code for the measurement of airborne noise emitted by rotating electrical machines.*

3 Begriffe

Für die Anwendung des vorliegenden Teils der IEC 61800 gelten folgende Begriffe sowie die in IEC 60050 (111), IEC 60050 (151), IEC 60050 (351), IEC 60050 (441), IEC 60050 (551), IEC 60050 (601), IEC 60146-1-1, IEC 60146-1-2 und IEC 60146-1-3 angegebenen Begriffe.

3.1 System

3.1.1

Wechselstrom-Leistungsantriebssystem (power drive system, PDS) mit Spannungen über 1 kV (siehe [Bild 1](#))

System, das aus folgenden Bauteilen besteht:

- der Starkstromeinrichtung (möglicherweise vorhandene Oberschwingungsfilter, Eingangstransformator, Stromrichterbaugruppe, möglicherweise vorhandener Ausgangstransformator, Wechselstrommotor);
- Steuer- und Regeleinrichtung, Schutzeinrichtung und Hilfseinrichtungen

ANMERKUNG 1 Bild 1 stellt die Hauptfunktionselemente dar. Es enthält auch Einrichtungen, die für viele Antriebssysteme wahlweise eingesetzt werden dürfen. Es ist vorgesehen, um eine breite Vielfalt der Konfigurationsmöglichkeiten des Wechselstromantriebs darzustellen. Die Stromrichterbaugruppe zeigt oder enthält aufgrund der breiten Vielfalt der gegenwärtigen Anwendung keine spezielle Topologie mit einem bestimmten Schaltgerätetyp. In der Stromrichterbaugruppe darf ein Eingangs- und/oder Ausgangsfilter enthalten sein (mit Ausnahme von Oberschwingungsfiltern, die getrennt aufgeführt werden). Siehe [Abschnitt 4](#) und [Anhang A](#).

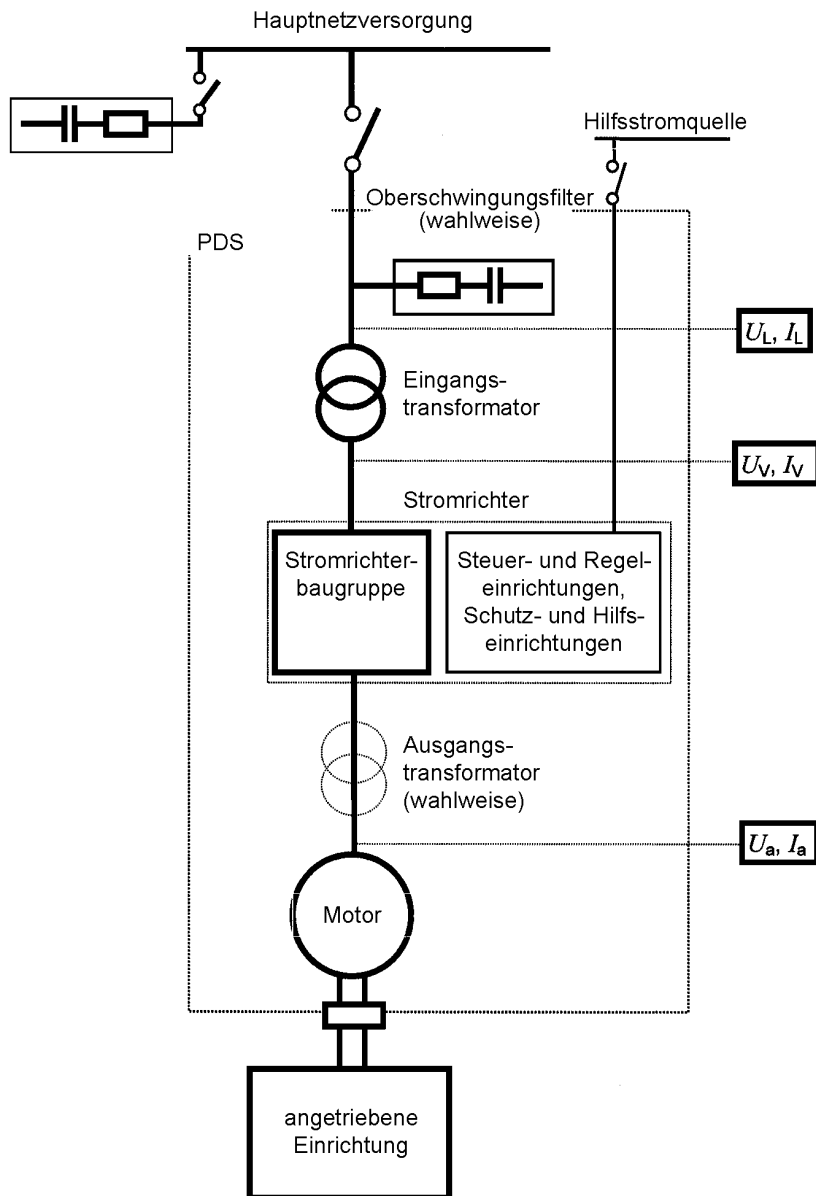


Bild 1 – Funktionsschaltbild eines Wechselstrom-Leistungsantriebssystems (PDS) mit einstellbarer Drehzahl und Spannungen über 1 kV

ANMERKUNG 2 U_a ist die Ausgangsspannung des Stromrichters und U_A ist die Spannung an den Motor-Anschlussklemmen. Wenn kein Ausgangstransformator vorhanden ist und bei einer mittleren Kabellänge ist $U_a = U_A$.

ANMERKUNG 3 Eine Hilfsstromquelle darf auch aus dem Inneren des PDS abgezweigt werden, wenn sie als ausreichend zuverlässig angesehen werden kann.

3.1.2

Kopplungspunkt

PCC, IPC, PC: diese Begriffe sind in [IEC 61000-2-4](#) angegeben:

- PCC ist der gemeinsame Kopplungspunkt an ein öffentliches Netz;
- IPC ist der innerbetriebliche Kopplungspunkt an ein privates Netz;
- PC ist der Kopplungspunkt für jeden der oben angegebenen Fälle

3.1.3

Oberschwingungsfilter

Stromkreis, der dazu vorgesehen ist, den Oberschwingungsstromfluss in das zugehörige Leistungssystem zu verringern

3.1.4

Rückkopplung

Vorgang der Umwandlung der mechanischen Energie des Systems in elektrische Energie und deren Übertragung zur Eingangseinspeisung

ANMERKUNG Bei der Rückkopplung arbeitet der Motor als Generator und die Bemessungswerte des Motors können anders sein.

3.1.5

Wirkungsgrad des PDS (η_D)

Verhältnis der von der Motorwelle abgegebenen Leistung zur Gesamtleistung, die aus den Speiseleitungen der Eingangsstromversorgung aufgenommen wird (siehe [Bilder 1](#) und [25](#)), gewöhnlich als Prozentzahl angegeben

ANMERKUNG Hilfsenergien und die notwendige Erregungsenergie sind in der vom Eingang aufgenommenen Energie enthalten.

3.1.6

Wirkungsgrad der Leistungsumwandlung (η_C)

Verhältnis der vom Stromrichter abgegebenen Leistung zur Gesamtleistung, die aus den Speiseleitungen der Eingangsstromversorgung aufgenommen wird einschließlich der Hilfsenergien des Stromrichters (siehe [Bilder 1](#) und [25](#)), gewöhnlich als Prozentzahl angegeben

3.1.7

Grundfrequenz

Frequenz, die im Frequenzspektrum aus einer Fourier-Transformation der Zeitfunktion erhalten wird, auf die alle Frequenzen des Spektrums bezogen werden. Für die Anwendung von IEC 61800 ist die Grundfrequenz die Netzfrequenz, die den Stromrichter speist oder die vom Stromrichter geliefert wird, abhängig davon, welche Seite betrachtet wird.

[IEV 101-14-50, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Bei einer periodischen Funktion ist die Grundfrequenz im Allgemeinen gleich der Frequenz der Funktion selbst (siehe IEV 551-20-03 und IEV 551-20-01). Die angegebene Definition entspricht der ursprünglichen Definition der „Referenzgrundfrequenz“ nach IEV 551-20-04 und IEV 551-20-02, wobei der Begriff „Referenz“ weggelassen werden darf, wenn keine Mehrdeutigkeiten auftreten können. Diese Definition wurde bei der Überarbeitung von [IEC 61000-2-2](#) und [IEC 61000-2-4](#) übernommen.

ANMERKUNG 2 Bei Gefahr von Mehrdeutigkeiten sollte die Netzfrequenz auf die Polarität und die Drehzahl des Synchrongenerators (der Synchrongeneratoren) bezogen werden, die das System speisen.

ANMERKUNG 3 Diese Definition darf auf alle industriellen Energieversorgungsnetze angewendet werden ohne Berücksichtigung der zu speisenden Last (eine Einzellast oder eine Kombination von Lasten, rotierende Maschinen oder andere Lasten) und selbst, wenn der das Netz speisende Generator ein ruhender Stromrichter ist.

3.1.8

Grundschiwungsanteil (oder Grundschiwung)

der Anteil, dessen Frequenz der Grundfrequenz entspricht

3.1.9

Oberschwingungsfrequenz (der Ordnung h)

Frequenz, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz beträgt. Das Verhältnis der Oberschwingungsfrequenz zur Grundfrequenz wird als Ordnung der Oberschwingung bezeichnet (empfohlene Bezeichnung „ h “) (siehe IEV 551-20-05, IEV 551-20-07 und IEV 551-20-09).

3.1.10

Oberschwingungsanteil

jeder Anteil mit einer Oberschwingungsfrequenz. Sein Wert wird normalerweise als Effektivwert angegeben.

ANMERKUNG Zur Verkürzung darf dieser Anteil einfach als Oberschwingung bezeichnet werden.

3.1.11

Frequenz der Zwischen-Oberschwingung

jede Frequenz, die nicht ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz beträgt (siehe IEV 551-20-05, IEV 551-20-07 und IEV 551-20-09)

ANMERKUNG 1 In Anlehnung an die Ordnung der Oberschwingung ist die Ordnung der Zwischen-Oberschwingung das Verhältnis der Frequenz der Zwischen-Oberschwingung zur Grundfrequenz, das keine ganze Zahl ist (empfohlene Bezeichnung „ m “).

ANMERKUNG 2 Wenn „ $m < 1$ “ darf auch die Benennung „Frequenz der harmonischen Unterschwingung“ verwendet werden (siehe IEV 551-20-10).

3.1.12

Anteil der Zwischen-Oberschwingung

ein Anteil mit einer Zwischen-Oberschwingungsfrequenz. Sein Wert wird normalerweise als Effektivwert angegeben.

ANMERKUNG 1 Zur Verkürzung darf dieser Anteil einfach als Zwischen-Oberschwingung bezeichnet werden.

ANMERKUNG 2 Für die Anwendung von IEC 61800 und wie in IEC 6100-4-7 angegeben hat das Zeitfenster eine Breite von 10 Grundswingungsperioden (50-Hz-System) oder 12 Grundswingungsperioden (60-Hz-System), d. h. etwa 200 ms. Die Frequenzdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Anteilen der Zwischen-Oberschwingungen beträgt daher etwa 5 Hz. Bei anderen Grundfrequenzen sollte das Zeitfenster zwischen 6 Grundswingungsperioden (etwa 1 000 ms bei 6 Hz) und 18 Grundswingungsperioden (etwa 100 ms bei 180 Hz) ausgewählt werden.

3.1.13

Oberschwingungsgehalt (harmonic content, HC)

Summe der Oberschwingungsanteile einer periodischen Größe

[IEV 551-20-12]

ANMERKUNG 1 Der Oberschwingungsgehalt ist eine Funktion der Zeit.

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

ANMERKUNG 3 Der Oberschwingungsgehalt hängt von der Wahl des Grundswingungsanteils ab. Wenn aus dem Kontext nicht eindeutig hervorgeht, welcher Anteil verwendet wird, sollte eine Angabe erfolgen.

ANMERKUNG 4 In der Praxis ist die Summe auf die Ordnung H begrenzt.

ANMERKUNG 5 Der Effektivwert des Oberschwingungsgehalts ist:

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

Dabei ist:

- h die Ordnungszahl der Oberschwingung (nach 3.1.9);
- Q_h der Effektivwert des Oberschwingungsanteils der Ordnungszahl h ;
- H für die Anwendung in dieser Norm gleich 40.

3.1.14

Gesamtoberschwingungsverzerrung (total harmonic distortion, THD)

das Verhältnis aus Effektivwert des Oberschwingungsgehalts zum Effektivwert des Grundschwingungsanteils oder des Referenzgrundschwingungsanteils einer Wechselgröße

[IEV 551-20-13]

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

Dabei ist:

- Q entweder Strom oder Spannung;
- Q_1 der Effektivwert des Grundschwingungsanteils;
- h die Ordnungszahl der Oberschwingung (nach 3.1.9);
- Q_h der Effektivwert des Oberschwingungsanteils der Ordnungszahl h ;
- H für die Anwendung in dieser Norm gleich 40.

3.1.15

Gesamtverzerrungsgehalt (total distortion content, DC)

Größe, die sich durch Subtraktion des Grundschwingungsanteils oder des Referenzgrundschwingungsanteils von einer Wechselgröße ergibt

[IEV 551-20-11]

ANMERKUNG 1 Der Gesamtverzerrungsgehalt umfasst den Oberschwingungsanteil und den Zwischen-Oberschwingungsanteil, soweit vorhanden.

ANMERKUNG 2 Der Gesamtverzerrungsgehalt hängt von der Wahl des Grundschwingungsanteils ab. Wenn aus dem Zusammenhang nicht eindeutig hervorgehen sollte, welcher Anteil abgezogen wird, sind weitere Informationen erforderlich.

ANMERKUNG 3 Der Gesamtverzerrungsgehalt ist eine Funktion der Zeit.

ANMERKUNG 4 Eine Wechselgröße ist eine periodische Größe ohne Gleichanteil.

ANMERKUNG 5 Der Effektivwert des Gesamtverzerrungsgehalts ist:

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

Dabei ist zusätzlich zu den Bezeichnungen in 3.1.14:

- Q der Gesamt-Effektivwert der Größe;
- siehe auch IEC 101-14-54.

3.1.16

Gesamtverzerrungsverhältnis (total distortion ratio, TDR)

Verhältnis des Effektivwertes des Gesamtverzerrungsgehalts zum Effektivwert des Grundschwingungsanteils oder des Referenzgrundschwingungsanteils einer Wechselgröße

[IEV 551-20-14]

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

ANMERKUNG 1 Das Gesamtverzerrungsverhältnis hängt von der Wahl des Grundschwingungsanteils ab. Wenn aus dem Zusammenhang nicht eindeutig hervorgehen sollte, welcher Anteil gemeint ist, sind weitere Informationen erforderlich.

ANMERKUNG 2 Das Gesamtverzerrungsverhältnis kann bis zu einer bestimmten Ordnungszahl der Oberschwingung angenähert werden. Diese ist anzugeben.

ANMERKUNG 3 *THD* kann als Näherungswert für *TDR* angesehen werden, wenn Interharmonische aufgrund ihrer geringen Amplitude vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 4 Die Spannungskurvenform des Versorgungsnetzes ist gewöhnlich weniger stark verzerrt als diejenige des Stroms. Daher führt die Auswahl dieser beiden Spannungsverhältnisse (*THD* und *TDR*) zum selben Ergebnis. Bezogen auf den Strom kann der Unterschied jedoch beträchtlich sein.

3.1.17

Gesamtverzerrungsfaktor (total distortion factor, *TDF*)

das Verhältnis des Effektivwertes des Gesamtverzerrungsgehalts zum Effektivwert einer Wechselgröße

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

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

ANMERKUNG 1 Das Gesamtverzerrungsverhältnis hängt von der Wahl des Grundschwingungsanteils ab. Wenn aus dem Zusammenhang nicht eindeutig hervorgeht, welcher Anteil verwendet wird, sind zusätzliche Informationen erforderlich.

ANMERKUNG 2 Das Verhältnis zwischen *TDF* und *TDR* entspricht dem Verhältnis zwischen dem Effektivwert des Grundschwingungsanteils und dem Gesamt-Effektivwert. Das ist der Grundschwingungsfaktor (siehe IEV 551-20-17 und IEV 161-02-22):

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

3.1.18

einzelner Oberschwingungsanteil (individual harmonic distortion, *IDR*)

Verhältnis eines beliebigen Oberschwingungsanteiles zum Grundschwingungsanteil

3.1.19

charakteristische Stromoberschwingungen

Ordnungszahlen der vom Stromrichter im bestimmungsgemäßen Betrieb erzeugten Stromoberschwingungen

ANMERKUNG 1 Bei einem 6-Puls-Stromrichter sind beispielsweise die charakteristischen Stromoberschwingungen die ungeradzahligten Oberschwingungen, die keine Vielfachen von drei sind: $h = 6k \pm 1$ (k jede ganze Zahl).

ANMERKUNG 2 Zusätzlich zu den Oberschwingungen des Versorgungsnetzes können weitere Oberschwingungen auftreten, die aus der Wechselwirkung mit der Stromrichterlast entstehen. Sie werden als Interharmonische bezeichnet.

3.1.20

Bemessungsspannung

der Effektivwert der Außenleiterspannung unter Bemessungsbedingungen

Primärseite des Eingangstransformators:	U_{LN}
Stromrichtereingang:	U_{VN}
Stromrichterausgang:	U_{aN}
Motorspannung:	U_{AN}

3.1.21**Bemessungswert der Grundschiwingungsspannung**

der Effektivwert der Grundschiwingungsspannung unter Bemessungsbedingungen

Primärseite des Eingangstransformators:	U_{LN1}
Stromrichtereingang:	U_{VN1}
Stromrichterausgang:	U_{aN1}
Motor-Grundschiwingungsspannung:	U_{AN1}

3.1.22**Bemessungswechselstrom**

der Effektivwert des Wechselstroms unter Bemessungsbedingungen

Primärseite des Eingangstransformators:	I_{LN}
Stromrichtereingang:	I_{VN}
Stromrichterausgang:	I_{aN}
Motor-Bemessungsstrom:	I_{AN}

3.1.23**Bemessungswert des Grundschiwingungsstroms**

der Effektivwert des Grundschiwingungsanteils des Stroms unter Bemessungsbedingungen

Primärseite des Eingangstransformators:	I_{LN1}
Stromrichtereingang:	I_{VN1}
Stromrichterausgang:	I_{aN1}
Bemessungswert des Motor-Grundschiwingungsstroms:	I_{AN1}

3.1.24**Überlastungsfähigkeit**

größter Strom, der für eine festgelegte Zeitdauer geliefert werden kann, ohne die Grenzwerte der vorgeschriebenen Betriebsbedingungen zu überschreiten

Primärseite des Eingangstransformators:	I_{LM}
Stromrichtereingang:	I_{VM}
Stromrichterausgang:	I_{aM}
Motor-Überlaststrom:	I_{AM}

3.2 Eingangssparameter des Antriebssystems (PDS)**3.2.1****netzseitige Eingangsleistung (P_L)**

gesamte Wirkleistung am Netzeingang

3.2.2**netzseitige Eingangsscheinleistung (S_L)**

gesamte Scheinleistung am Netzeingang

3.2.3**Gesamteingangsleistungsfaktor (λ_L)**

Verhältnis der Gesamteingangsleistung zur Scheinleistung bestimmt am Versorgungsanschluss des PDS

Beispiel: In einem Drehstromnetz, in dem die Spannung als sinusförmig angenommen wird, gilt:

$$\lambda_L = \frac{U_L \times I_{L1} \sqrt{3} \times \cos \phi_{L1}}{U_L \times I_L \times \sqrt{3}} = \frac{I_{L1}}{I_L} \times \cos \phi_{L1}$$

ANMERKUNG 1 Der Leistungsfaktor enthält durch den Verformungsfaktor $v = \lambda / \cos \varphi$ die Auswirkungen von Phasenverschiebung $\cos \varphi_1$ und den Oberschwingungen.

ANMERKUNG 2 Die Definition gilt für den Stromrichtereingang (Index V) oder für die Netzseite des CDM (Index L).

3.2.4

Spannungsunsymmetrie

Zustand in einem Mehrphasensystem, in dem aufeinanderfolgende Effektivwerte des Grundschwingungsanteils oder Phasenwinkel ungleich sind

ANMERKUNG 1 Das Maß für die Unsymmetrie ist gewöhnlich als Verhältnis der Gegen- und Nullkomponente zur Mitkomponente (siehe IEC 60050-161-08-09, modifiziert).

U_{12} , U_{23} und U_{31} sind die drei Außenleiterspannungen, wobei für jede dieser drei Außenleiterspannungen die Abweichung durch

$$\delta_{ij} = (U_{ij} - U_{\text{mittel}}) / (3 \times U_{\text{mittel}})$$

definiert ist. τ ist die Spannungsunsymmetrie als Verhältnis der Gegenspannungsamplitude zur Mitspannungsamplitude.

$$\tau = \sqrt{6 \times \sum_{i=1}^3 \delta_{ij}^2}$$

ANMERKUNG 2 Die in Anmerkung 1 angegebene Gleichung ist eine ausgezeichnete Näherung (mit einem Fehler von weniger als 5 % für einen Amplitudenfehler von bis zu $\pm 20\%$ und einem Phasenfehler von bis zu $\pm 15^\circ$). Die einfachere Näherung:

$$\tau = (2/3) \times [(U_{\text{max}} - U_{\text{min}}) / U_{\text{mittel}}]$$

liefert bis τ etwa 7 % annehmbare Ergebnisse (absoluter Fehler kleiner als 1 %). Eine weitere einfache Näherung mit einem vergleichbaren Fehler ist:

$$\tau = \text{MAX} [(U_{ij} - U_{\text{mittel}}) / U_{\text{mittel}}].$$

3.2.5

transiente Netzüberspannung

die momentane Spitzenspannung, die bei abgetrenntem PDS zwischen den Eingangszuleitungen auftreten darf

3.2.6

transiente Netzenergie

die Energie, die das Stromversorgungssystem transient an den PDS-Anschlussklemmen liefern kann

3.3 Stromrichter

3.3.1

Stromrichterbaugruppe (Spannung über 1 kV)

elektronischer Energiewandler nach Bild 1, der bei einer Spannung über 1 kV und höchstens 35 kV betrieben wird

3.3.2

StromrichtereingangsfILTER

an den Netzeingang des Stromrichters angeschlossene Schaltung zur Verringerung von dv/dt (Spannungsbeanspruchung der Transformatorisolation) oder von Hochfrequenzstrahlung

3.3.3

Spannung des Gleichstromzwischenkreises des Stromrichters (U_d)

Mittelwert der Spannung im Gleichstromzwischenkreis (auf der Eingangsseite des Stromrichters)

3.3.4**Strom im Gleichstromzwischenkreis des Stromrichters (I_d)**

Mittelwert des Stroms im Gleichstromzwischenkreis (auf der Eingangsseite des Stromrichters)

3.3.5**Beschaltung**

Hilfsstromkreis, der an ein oder mehrere Leistungshalbleiterbauelement(e) angeschlossen ist, um es (sie) von Überlastung durch zu hohe Strom- oder Spannungsanstiegsgeschwindigkeiten, transiente Überspannungen, Schaltverluste usw. zu entlasten

3.3.6**Gleichstromzwischenkreis**

Hochleistungsstromkreis, der den Eingangsstromrichter und den Ausgangsstromrichter in einem Stromrichter miteinander verbindet und der durch Einsatz von Kondensatoren oder Drosseln die Verringerung der Spannungs- oder der Stromwelligkeit bewirkt

3.3.7**Stromrichterausgangsfiler**

an den Ausgang des Stromrichters angeschlossener Stromkreis zur Verringerung von dv/dt (Spannungsbeanspruchung der Motorisolierung und Ursache von Lagerströmen) oder von Oberschwingungen (Oberschwingungsverluste)

3.3.8**Ausgangsleistung des Stromrichters (P_{a1})**

die Grundschwungsleistung an den Ausgangsklemmen des Stromrichters

3.3.9**Ausgangsscheinleistung des Stromrichters (S_a)**

die Gesamtscheinleistung an den Ausgangsklemmen des Stromrichters

3.3.10**dynamischer Kurzschlussausgangsstrom**

der transiente Gleich- oder Wechselstrom, der vom Stromrichter in einen Ausgangsklemmenkurzschluss gespeist werden kann

3.3.11**Betriebsfrequenzbereich**

Frequenzbereich, in dem der Stromrichter unter festgelegten Lastbedingungen geregelt wird ($f_{\min}$, $f_{\max}$)

3.4 Ausgangsparameter des PDS

3.4.1

Dauerbetriebsbereich

Bereich (Arbeitsfenster) im Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Drehzahl, in dem der Dauerbetrieb des PDS spezifiziert ist

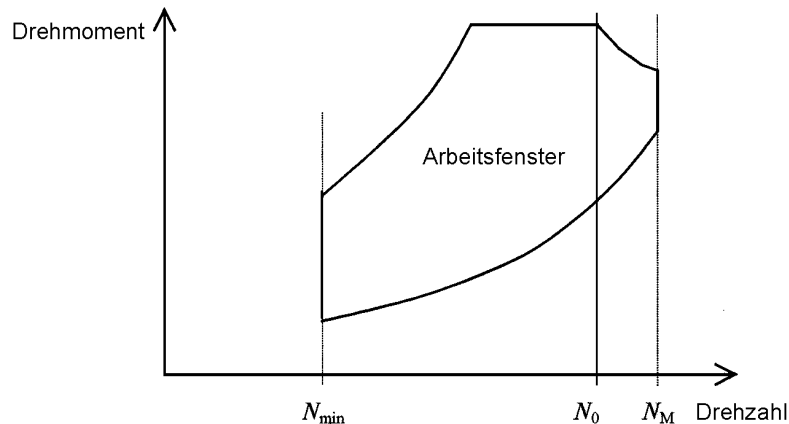


Bild 2 – Beispiel für einen Dauerbetriebsbereich

3.4.2

kleinste Arbeitsdrehzahl ($N_{\min}$)

kleinste Motordrehzahl, die von der Arbeitsmaschine bestimmt wird

3.4.3

größte Arbeitsdrehzahl (N_M)

größte Motordrehzahl, die von der Arbeitsmaschine bestimmt wird

3.4.4

Grunddrehzahl (N_0)

die größte Motordrehzahl, bei der das PDS dauerhaft den Drehmomentnennwert liefern kann

ANMERKUNG Die Grunddrehzahl bestimmt den Übergang zwischen konstantem Drehmoment und Feldschwächbetrieb.

3.4.5

Feldschwächbetrieb

Betrieb mit verringertem magnetischem Fluss im Bereich zwischen Grunddrehzahl (N_0) und maximaler Drehzahl (N_M)

3.4.6

Luftspalt-Drehmomentpulsation

periodische Schwankung des Luftspalt-Drehmoments bei Dauerbetrieb, definiert als „peak-to-peak“ Wert

3.5 Regelung

3.5.1

Regelsystem

elektronisches System, das durch unterschiedliche Befehle und Zustandsinformationen den Betrieb des Stromrichters ermöglicht

3.5.2

Regelgröße

Systemgröße in einer Regelung eines PDS

ANMERKUNG Einige Beispiele für Regelgrößen sind Spannung, Ständerstrom, Frequenz, Drehzahl, Schlupf und Drehmoment.

3.5.3**Betriebsgröße**

festgelegte Größe, die üblicherweise auf Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur) bezogen wird, die der Regelkreis versuchen muss zu korrigieren, um den Sollwert der Regelgröße beizubehalten

3.5.4**Arbeitsgröße**

andere festgelegte Größe (z. B. Lastdrehmoment bei einem drehzahlgeregelten Antrieb) als jene, die sich aus den Betriebsbedingungen ergibt, die der Regelkreis versuchen muss zu korrigieren, um den Sollwert der Regelgröße beizubehalten

3.5.5**Regelung (offene Schleife)**

Regelvorrichtung, die nicht mit der Messung der Regelgröße arbeitet

3.5.6**(selbsttätige) Regelung mit Rückführung/Regelung (mit Regelkreis)**

Regelvorrichtung, bei der der Regelvorgang von der Messung der Regelgröße abhängig ist

3.5.7**Stimulus**

jede Anregung eines Systems, die eine Reaktion als Antwort verursacht

ANMERKUNG In 7.2.2 werden Beispiele angegeben.

3.5.8**Störgröße**

ungewünschte und meistens nicht vorhersagbare Änderung einer Eingangsgröße mit Ausnahme der Führungsgröße

3.5.9**Zeitverhalten**

die Zeitschwankung einer Ausgangsgröße eines Systems, die von einer festgelegten Änderung einer der Eingangsgrößen erzeugt wird

3.5.10**Sprungantwort**

das Zeitverhalten eines Systems, das durch eine sprungförmige Änderung einer der Eingangsgrößen erzeugt wird

ANMERKUNG Wenn die Änderung der Eingangsgröße gleich einer Einheit ist, wird die Sprungantwort als Einheitsprungantwort bezeichnet.

3.6 Prüfungen**3.6.1****Typprüfung**

Prüfung, die an einer oder mehreren Einrichtungen einer bestimmten Bauart ausgeführt wird, um nachzuweisen, dass die Bauart bestimmte Festlegungen einhält

[IEV 151-16-16, modifiziert]

3.6.2**Stückprüfung**

Prüfung, der jede einzelne Einrichtung während oder nach der Herstellung unterzogen wird, um nachzuweisen, dass sie bestimmten Kriterien entspricht

[IEV 151-16-17, modifiziert]

3.6.3

Stichprobenprüfung

Prüfung an einer Anzahl von Einrichtungen, die einem Los willkürlich entnommen wurden

[IEV 151-16-20, modifiziert]

3.6.4

Sonderprüfung

zusätzlich zu Typ- und Stückprüfungen durchgeführte Prüfung, die entweder im Ermessen des Systemlieferanten oder nach einer Vereinbarung zwischen Systemlieferant und Kunde oder dessen Vertreter ausgeführt wird

[IEC 61800-2, 7.1.4 modifiziert]

3.6.5

Abnahmeprüfung

vertragsgemäße Prüfung, um dem Kunden nachzuweisen, dass die Einrichtung bestimmte Bedingungen seiner Festlegungen erfüllt

[IEV 151-16-23]

3.6.6

Inbetriebnahmeprüfung

Prüfung an einer Einrichtung oder Ausrüstung, die am Aufstellungsort ausgeführt wird, um die Richtigkeit der Errichtung und der Arbeitsweise nachzuweisen

[IEV 151-16-24, modifiziert]

3.6.7

Nachweisprüfung

irgendeine der vorgenannten Prüfungen, die in Gegenwart des Kunden, des Nutzers oder seines Vertreters durchgeführt wird ([IEC 61800-2, 7.1.8](#))

3.6.8

Prüfung an einzelnen Bauteilen

Prüfung an jedem einzelnen Hauptbauteil, aus denen sich ein Leistungsantriebssystem zusammensetzt (Transformator, Motor, usw.)

3.6.9

Prüfung des Antriebssystems

Prüfung am Gesamtsystem des Leistungsantriebs, um das Gesamtbetriebsverhalten des Systems zu ermitteln

3.7 Symbole

In Tabelle 1 sind die am häufigsten verwendeten Symbole zusammengefasst.

Tabelle 1 – Symbole

Symbol	Einheit	Begriff	Parameter
I_{aM}	A	3.1.24	Überlaststrom (Überlastungsfähigkeit)
I_{aN}	A	3.1.22	Bemessungswert des Dauerausgangsstroms
I_{aN1}	A	3.1.21	Bemessungswert des Grundschrwingungs-Ausgangsstroms
I_d	A	3.3.4	Gleichstrom im Gleichstromzwischenkreis
I_{LN}	A	3.1.22	netzseitiger Bemessungswert des Wechselstroms des PDS
I_{LN1}	A	3.1.23	netzseitiger Bemessungswert des Grundschrwingungs-Wechselstroms des PDS
I_{VN}	A	3.1.22	Bemessungswert des Eingangsstroms des PDS
J	kgm ² oder Nms ²		Trägheitsmoment
M_d	Nm		Luftspaltdrehmoment (elektromagnetisches Drehmoment)
M_s	Nm		Wellendrehmoment
N	U/min		Motordrehzahl
N_0	U/min	3.4.4	Grunddrehzahl
N_M	U/min	3.4.3	höchste Arbeitsdrehzahl
N_{min}	U/min	3.4.2	niedrigste Arbeitsdrehzahl
P_{aN1}	W		Bemessungswert der Wechselstrom-Ausgangsleistung des Stromrichters
P_{LN}	W	3.2.1	Bemessungswert der Eingangsleistung
P_s	W		Ausgangsleistung (an der Welle des Motors)
R_{SI}		IEC 61800-3, B.2.1.3.6	Kurzschlussstromverhältnis $R_{SI} = (S_{SC} \text{ an einem gegebenen Punkt})/S_N$ des Gerätes
S_{aN}	VA		Bemessungswert der Ausgangsscheinleistung des Stromrichters
S_{LN}	VA	3.2.2	Bemessungswert der Eingangsscheinleistung
TDR_a	%	siehe 3.1.16	Gesamtverzerrungsverhältnis am Stromrichterausgang
TDR_L	%	siehe 3.1.16	netzseitiges Gesamtverzerrungsverhältnis (mit Zwischen-Oberschwingungen)
THD_a	%	siehe 3.1.14	Gesamte Oberschwingungsverzerrung am Stromrichterausgang
THD_L	%	siehe 3.1.14	netzseitige Gesamtoberschwingungsverzerrung (ohne Zwischen-Oberschwingungen)
U_{aN}/f_{aN}	V/Hz		Verhältnis Bemessungsspannung zu Bemessungsfrequenz
U_{aN1}	V	3.1.21	Bemessungswert der lastseitigen Grundschrwingungs-Wechselspannung
U_{LN}	V	3.1.20	Bemessungswert der Netzspannung

Symbol	Einheit	Begriff	Parameter
U_{VN}	V	3.1.20	Bemessungswert der Eingangswechselspannung des Stromrichters
U_{VNI}	V	3.1.21	Bemessungswert der Grundschwingungs-Wechselspannung am Stromrichtereingang
$\cos \varphi_{Li}$		IEC 61800-2	netzseitiger Grundschwingungs-Leistungsfaktor
$\cos \varphi_{Vi}$		IEC 61800-2	Grundschwingungs-Eingangsleistungsfaktor des Stromrichters
f_{LN}	Hz		Bemessungswert der Netzfrequenz
η_C	%	3.1.6	Wirkungsgrad der Energieumwandlung
η_D	%	3.1.5	Wirkungsgrad des PDS
η_M	%	11.1	Wirkungsgrad des Motors
η_T	%	11.1	Wirkungsgrad des Transformators
λ_L		3.2.3	Gesamteingangsleistungsfaktor

ANMERKUNG 1 Index „L“ wird für lastseitige (Primärseite des Transformators) Parameter oder Größen angewendet.

ANMERKUNG 2 Index „V“ wird für eingangsseitige Parameter oder Größen des Stromrichters angewendet.

ANMERKUNG 3 Index „d“ wird für Parameter oder Größen des Gleichstromzwischenkreises angewendet.

ANMERKUNG 4 Index „a“ wird für ausgangsseitige Parameter oder Größen des Stromrichters angewendet.

ANMERKUNG 5 Index „A“ wird für motorseitige Parameter oder Größen angewendet.

ANMERKUNG 6 Der zweite Index „N“ wird für Bemessungsbedingungen angewendet.

ANMERKUNG 7 Der dritte Index „1“ wird für den Grundschwingungsanteil einer Größe (erste Ordnung) angewendet usw.

4 Überblick über Grundsaltungen für Antriebssysteme

4.1 Einteilung der Grundsaltungen

Die verschiedenen Grundsaltungen von Antriebssystemen können nach den folgenden Hauptkriterien eingeteilt werden:

- Aufbau des Stromrichters;
- Kommutierungsart;
- Motortyp.

Jede Kombination der nachfolgenden Situationen kann dazu benutzt werden, eine Topologie eines Antriebssystems zu bilden. Beispiele für häufig verwendete Topologien von Antriebssystemen sind in [Anhang A](#) angegeben.

Die Einteilung von Stromrichtern erfolgt in Antriebssysteme mit *indirekten Stromrichtern* oder *direkten Stromrichtern*. Das zweite Einteilungskriterium ist die Kommutierungsart, die fremdgeführt oder selbstgeführt sein kann.

4.2 Aufbau von Stromrichtern

4.2.1 Indirekte Stromrichter

Die Energieumwandlung von einer Wechselstromeingangsgröße mit fester Frequenz und Spannung in eine Wechselstromausgangsgröße mit veränderlicher Frequenz und Spannung wird wie in Bild 3 dargestellt mit einem Gleichstromzwischenkreis durchgeführt.

Der Gleichstromzwischenkreis enthält eine oder mehrere Filtereinrichtungen (Drosselspule in Reihe, Parallelkondensator oder beides).

Bei einem induktiven Gleichstromzwischenkreis wird der motorseitige Stromrichter als Stromquellen-Wechselrichter (current source inverter, CSI) bezeichnet. Bei einem kapazitiven Gleichstromzwischenkreis wird er als Spannungsquellen-Wechselrichter (voltage source inverter, VSI) bezeichnet.

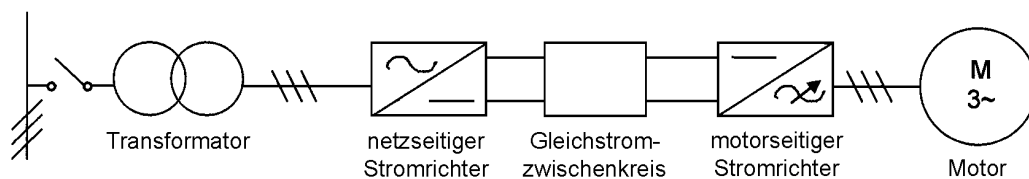


Bild 3 – Allgemeiner Aufbau eines Antriebssystems mit indirektem Stromrichter

4.2.2 Direkter Stromrichter

Die Energieumwandlung von einer Wechselstromeingangsgröße mit fester Frequenz und Spannung in eine Wechselstromausgangsgröße mit veränderlicher Frequenz und Spannung wird wie in Bild 4 dargestellt ohne Gleichstromzwischenkreis durchgeführt.

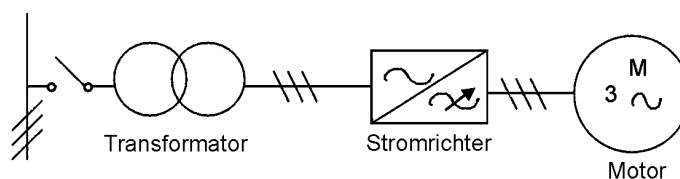


Bild 4 – Allgemeiner Aufbau eines Antriebssystems mit direktem Stromrichter

In beiden Bildern stellt der Transformator gewöhnlich eine netzseitige Dreiphasenwicklung und eine oder mehrere sekundäre Dreiphasenwicklungen dar, abhängig von der Art der anzuschließenden Stromrichter. Dieser kann aus mehreren 6-Puls-Stromrichterbaugruppen bestehen, die in Reihe und/oder parallel geschaltet sind, möglicherweise mit einer Folgesteuerung mit dem Ziel der Verbesserung des Oberschwingungsgehalts bzw. des Leistungsfaktors.

4.2.3 Kommutierungsart

4.2.3.1 Fremdgeführte Kommutierung

Fremdgeführte Kommutierung bedeutet, dass die Kommutierung durch eine Quelle außerhalb des Stromrichters erfolgt. Diese Kommutierungsart umfasst die netzgeführte Kommutierung und die lastgeführte Kommutierung. Ein indirekter Stromrichter mit einem lastgeführten motorseitigen Stromrichter wird als lastgeführter Wechselrichter (load commutated inverter, LCI) bezeichnet.

4.2.3.2 Selbstgeführte Kommutierung

Selbstgeführte Kommutierung bedeutet, dass die Kommutierung mit Bauteilen innerhalb des Stromrichters durchgeführt wird.

4.3 Motorarten

Die Hauptarten von Motoren sind der Mehrphasen-Synchronmotor und der Mehrphasen-Asynchronmotor. Die am häufigsten verwendeten Anordnungen beider Arten sind Dreiphasen-Ständerwicklungssysteme oder mehrfache Dreiphasen-Ständerwicklungssysteme. Asynchronmotoren können in Käfigläufermotoren und in Schleifringläufermotoren unterteilt werden.

Bild 5 zeigt ein Beispiel für eine Anordnung mit mehreren netzseitigen und motorseitigen Stromrichterbaugruppen und mit einem Motor mit zwei getrennten Ständerwicklungssystemen.

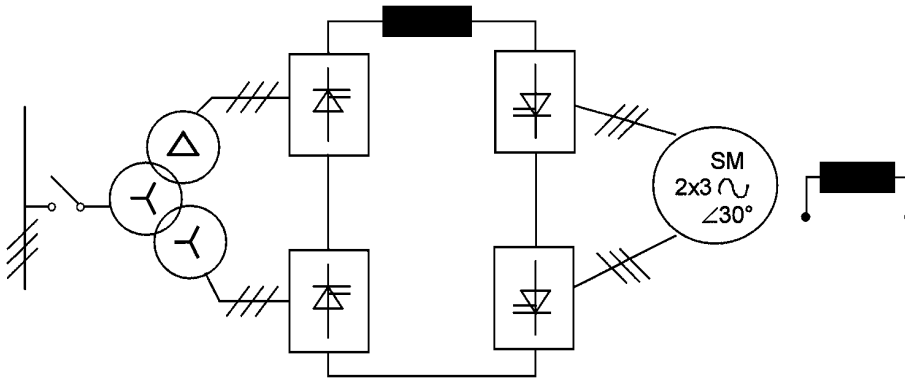


Bild 5 – Beispiel eines Motors mit mehreren Stromrichterbaugruppen und getrennten Ständerwicklungssystemen

4.4 Nebeweganordnungen und redundante Anordnung

Antriebssysteme können Nebeweganordnungen und/oder redundante Anordnungen besitzen, um unterschiedliche Ziele zu verfolgen, unter anderen auch folgende:

- normaler Wechsel von der Stromversorgung mit veränderlicher Frequenz zur Stromversorgung mit Netzfrequenz am Ende der Systemstartprozedur;
- Notumschaltung von der Stromversorgung mit veränderlicher Frequenz zur Stromversorgung mit Netzfrequenz bei Ausfällen des Leistungsstromrichters auf eine Weise, dass der Betrieb des Systems mit feststehender Drehzahl möglich ist;
- größte Systemverfügbarkeit und -zuverlässigkeit, die durch Aufnahme mehrerer Leistungsstromrichterkanäle erreichbar ist, die als selektiv trennbare Teilsysteme wirken – jedes dieser Teilsysteme erlaubt den Betrieb des Systems bei einem teilweisen Ausfall, manchmal bei verminderter Leistung, folglich wirkt jedes Antriebsteilsystem als Nebewegkanal mit einstellbarer Frequenz.

ANMERKUNG Bei einer Nebewegtopologie sollte die Motorbemessung für die Startbedingungen ohne Stromrichter beachtet werden.

Bild 6 zeigt ein Beispiel einer Nebeweganordnung für ein Antriebssystem mit indirekter Wandlung: der Nebewegkanal darf einen Transformator zur Angleichung der Spannungspegel enthalten.

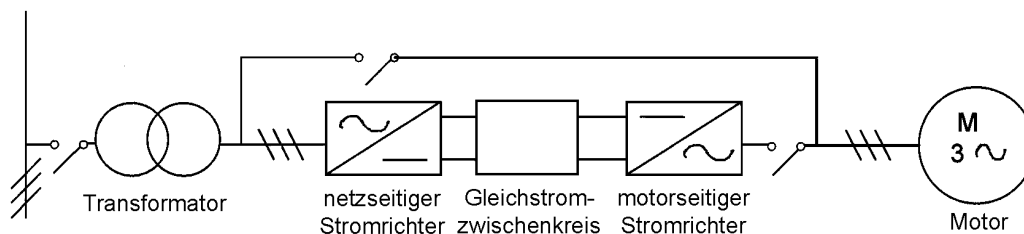


Bild 6 – Nebeweganordnung für ein System mit indirekter Wandlung

Ein Beispiel einer redundanten Anordnung ist in [Bild 7](#) angegeben.

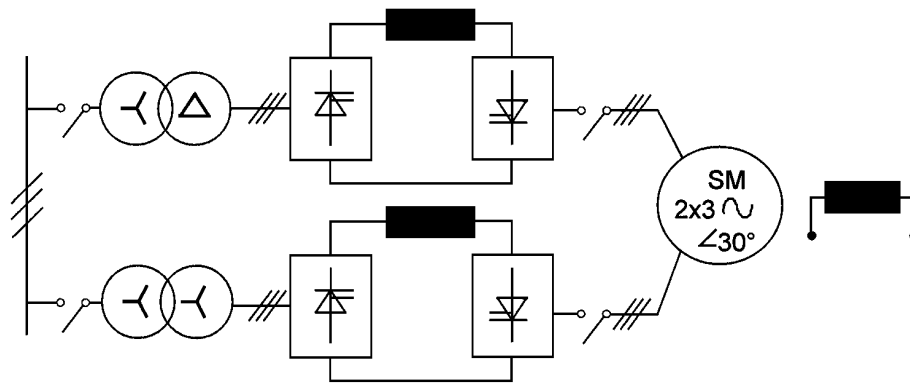


Bild 7 – LCI-Synchronmotor in einer teilweise redundanten Anordnung

4.5 Nutzstrombremsung und dynamische Bremsung

4.5.1 Nutzstrombremsung

Drehmoment und Drehzahl können im Allgemeinen zwei Polaritäten besitzen, so dass es vier Betriebsquadranten gibt. Haben Drehmoment und Drehzahl die gleiche Polarität, dann fließt die Energie vom Netz zum Motor. Ansonsten, wenn das Drehmoment der Drehrichtung entgegenwirkt, fließt die Energie vom Motor zum Netz.

Der Energiefluss vom Netz zum Motor wird als „Motorbetrieb“ bezeichnet, während der Energiefluss vom Motor zum Netz als „Rückkopplungsbetrieb“ bezeichnet wird.

Viele der in [Anhang A](#) dargestellten Topologien sind zu einem Betrieb in vier Quadranten in der Lage und daher zur Nutzstrombremsung.

4.5.2 Dynamische Bremsung

Bei einer dynamischen Bremsung wird Energie an einem Widerstand verbraucht.

Als Beispiel zeigt Bild 8 einen VSI-Wechselrichterantrieb mit einem Widerstand parallel zum Kondensator des Gleichstromzwischenkreises: wenn eine Stromumkehrung auftritt, arbeitet der Pulssteller (Chopper) so, dass er die Kondensatorspannung regelt und damit ermöglicht, dass die Bremsenergie am Widerstand verbraucht wird.

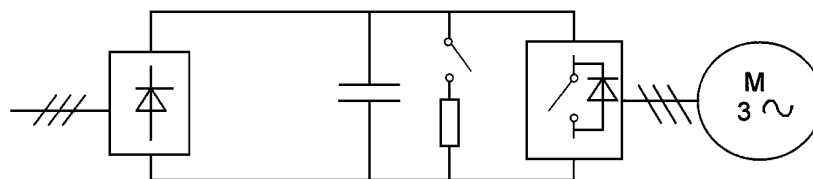


Bild 8 – Beispiel einer dynamischen Bremsung

5 Betriebsbedingungen

5.1 Errichtung und Betrieb

5.1.1 Elektrische Betriebsbedingungen

5.1.1.1 Bestimmungsgemäße Betriebsbedingungen

Wenn es nicht anders festgelegt ist, muss das PDS so ausgelegt sein, dass es unter den in der nachfolgenden Tabelle 2 festgelegten elektrischen Betriebsbedingungen arbeitet. Die entsprechenden EMV-Abnahmekriterien können in der gleichen Struktur IEC 61800-3, 5.2 entnommen werden.

Tabelle 2 – Betriebsbedingungen für die Spannungsversorgung an den PDS-Anschlussklemmen (Netz- und Hilfsspannung)

Erscheinung	Pegel	Bezugsdokument
Frequenzänderungen	$f_{LN} \pm 2 \%$ $f_{LN} \pm 4 \%$ (für getrennte Versorgungsnetze)	IEC 61800-3
Änderungsgeschwindigkeit der Frequenz	$\leq 2 \% f_{LN}/s$	IEC 61800-3
Spannungsänderungen	$\pm 10 \%$ $\pm 10 \%, -15 \% \leq 1 \text{ min}$ (siehe Anmerkung 1)	IEC 61800-3
Spannungsschwankungen	größte Sprungamplitude: – 12 % innerhalb des Toleranzbereichs – kleinstes Intervall zwischen Sprüngen: 2 s – Anstiegszeit: ≥ 5 Perioden der Spannungsversorgung	IEC 61800-3
Spannungseinbrüche	10 % – 50 % $t \leq 100 \text{ ms}$ 10 % – 100 % $t \leq 5 \text{ s}$ (siehe Anmerkung 2)	IEC 61800-3
Spannungsunsymmetrie	Hauptspannungsversorgung: 2 % (Null- und Gegenkomponente) Hilfsspannungsversorgung: 3 % (Null- und Gegenkomponente)	IEC 61800-3
Spannungsüberschwingungen: eingeschwungene Transiente	$THD \leq 10 \%$ eingeschwungen $THD \leq 15 \%$ $t \leq 15 \text{ s}$ (siehe Anmerkung 3)	IEC 61800-3
Zwischen-Oberschwingungen der Spannung: eingeschwungene Transiente	$IDR \leq 0,5 \%$ $IDR \leq 0,75 \%$ $t \leq 15 \text{ s}$ (siehe Anmerkung 3)	IEC 61000-2-4 Anhang A
Kommutierungseinbrüche	Tiefe: 40 % U_{LWM} Hauptspannungsversorgung, Bereich: 125 % $\times$ Grad Hilfsspannungsversorgung, Bereich: 250 % $\times$ Grad	IEC 61800-3
ANMERKUNG 1 Der Bemessungsbetrieb bei Spannungen unter 100 % der Bemessungsspannung muss einer Vereinbarung zwischen Kunde und Systemlieferant unterliegen. ANMERKUNG 2 Bezogen auf die Gütekriterien nach Tabelle 1 von IEC 61800-3 werden für den Anschluss der Hauptspannungsversorgung kleinere Einbrüche dieser Tabelle den Gütekriterien B oder C zugeordnet und der größte Einbruch dem Kriterium C. Für Anschlüsse der Hilfsspannungsversorgung werden kleinere Einbrüche den Gütekriterien A oder B zugeordnet und der größte Einbruch dem Kriterium B. ANMERKUNG 3 Diese Zahlen stellen die Betriebsbedingungen dar, wenn das PDS in Betrieb ist.		

5.1.1.2 Quellenimpedanz

Schutzeinrichtungen des PDS, besonders der Schutz der Einspeiseleitung (siehe 9.3), müssen so bemessen sein, dass sie innerhalb eines Bereiches von festgelegten Kurzschlussstromverhältnissen (R_{SI}) zuverlässig arbeiten.

Das kleinste R_{SI} -Verhältnis für PDS-Standardausführungen zum Erreichen der Bemessungswerte des Betriebsverhaltens muss bei Bestimmung am Kopplungspunkt (PC) 20 betragen.

Das größte R_{SI} -Verhältnis für PDS-Standardausführungen zum Erreichen der Schutzbedingungen muss bei Bestimmung am Kopplungspunkt (PC) 100 betragen.

Bei einem Kundenentwurf muss der tatsächliche Bereich von R_{SI} angegeben werden, wenn er kleiner als 20 oder größer als 100 sein soll.

5.1.1.3 Wiederkehrende und nichtwiederkehrende transiente Spannungen

Ein typischer Wechsellspannungskurvenverlauf enthält wiederkehrende und nichtwiederkehrende transiente Spannungen. Die transienten Spannungen werden durch die Stromrichterkommutierung, Schaltvorgänge an Schaltanlagen im Netz und Störungen des Starkstromnetzes verursacht.

Das PDS muss so ausgelegt sein, dass es in einer Umgebung mit nichtwiederkehrenden transienten Spannungen arbeitet, die von Transformatorschaltvorgängen des PDS (siehe 9.2.1) oder anderen den Kopplungspunkt (PC) speisenden Transformatoren verursacht werden.

ANMERKUNG Wenn ungewöhnlich hohe Überspannungen am PC auftreten können, muss dies vom Kunden angegeben werden. Zum Beispiel gibt eine Kundenspezifikation für eine 6 kV-Speisung an:

- bei einer Fernschaltung: 15 kV Spannungsstoß, 250/2500 µs;
- bei einer Nahschaltung: 12,3 kV Spannungsstoß, 50/400 µs.

5.1.1.4 Außergewöhnliche elektrische Betriebsbedingungen

Die außergewöhnlichen Betriebsbedingungen müssen einer besonderen Vereinbarung zwischen Kunde und Systemlieferant unterliegen.

5.1.2 Umweltbetriebsbedingungen

5.1.2.1 Klimabedingungen

Das PDS (mit möglichen Ausnahmen für den Netztransformator und den Motor, wenn sie an anderen Orten aufgestellt sind) muss bei Umweltbedingungen betrieben werden, die in IEC 60721-3-3 für Klasse 3K3, und in **IEC 60146-1-1, Hauptabschnitt 2**, für Kühlmittel festgelegt sind. Diese schließen Folgendes ein:

- a) Temperaturbereich des Kühlmittels

Luft	0 °C bis +40 °C
einströmendes Wasser	+5 °C bis +30 °C
- b) Umgebungstemperaturbereich

	+5 °C bis +40 °C
	+30 °C, Tagesmittel, Luft
	+25 °C, Jahresmittel, Luft
- c) relative Feuchte

	5 % bis 85 %, ohne Kondensation
--	---------------------------------
- d) Höhenlage

	höchstens 1000 m über Meereshöhe
--	----------------------------------

e) Staub und Festkörpergehalt

Die Normausführung der Einrichtung ist für saubere Luft, Verschmutzungsgrad 2 ausgelegt; jede andere Bedingung stellt eine „außergewöhnliche Betriebsbedingung“ dar und erfordert die Festlegung durch den Kunden (siehe IEC 60529 für den Schutzgrad von Gehäusen).

f) erweiterte lastfreie Zeitabschnitte

Der Kunde sollte angeben, wenn solche Zeitabschnitte vorgesehen sind, auch wenn die Umgebungsbedingungen im vorstehend definierten Bereich liegen.

5.1.2.2 Mechanische Bedingungen für die Errichtung

Das PDS (mit möglichen Ausnahmen für den Netztransformator und den Motor, wenn sie an anderen Orten aufgestellt sind) muss in Innenräumen auf einer starren Montagefläche oder in einem zusätzlichen Gehäuse errichtet werden, die das Lüftungs- oder Kühlsystem nicht bedeutend beeinträchtigen. Klimaanlage dürfen eingesetzt werden, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Andere Errichtungsbedingungen erfordern besondere Überlegungen sowie Festlegungen und Rücksprache mit dem Hersteller des Stromrichters.

Schwingungen müssen innerhalb der Grenzwerte von IEC 60721-3-3, Klasse 3M1, bleiben, die als bestimmungsgemäß für ortsfeste Einrichtungen angesehen werden. Schwingungen über diese Grenzwerte hinaus oder die Anwendung auf nicht ortsfesten Einrichtungen werden als außergewöhnliche mechanische Bedingungen betrachtet.

Tabelle 3 – Schwingungsgrenzen der Anlage

Frequenz (Hz)	Amplitude (mm)	Beschleunigung (m/s ²)
$2 \leq f < 9$	0,3	nicht anwendbar
$9 \leq f < 200$	nicht anwendbar	1

Der Netztransformator (falls vorhanden) und der Motor müssen ihren zutreffenden Produktnormen entsprechen (IEC 60076 oder IEC 60726 bzw. IEC 60034).

5.1.2.3 Außergewöhnliche Umweltbetriebsbedingungen

Der Einsatz von Leistungsstromrichtern, zugehörigen Steuer- und Regeleinrichtungen für den Antrieb und Antriebseinrichtungen unter Bedingungen, die von den in IEC 60146-1-1 aufgeführten bestimmungsgemäßen Bedingungen abweichen, müssen als außergewöhnlich betrachtet werden. Diese außergewöhnlichen Betriebsbedingungen müssen vom Kunden angegeben werden.

Betriebsbedingungen, die in 5.1.2 nicht als gewöhnliche Umweltbedingungen festgelegt sind, sollten zwischen Kunde und Lieferant der Einrichtung abgestimmt werden.

Gekennzeichnete außergewöhnliche Betriebsbedingungen für Stromrichter sind folgende:

- Einwirkung von schädlichen Abgasen;
- Einwirkung von übermäßiger Feuchtigkeit (relative Feuchte größer als 85 %) und Schwankungen der relativen Feuchte (über 0,005 je Einheit/h);
- Einwirkung von übermäßigem Staub;
- Einwirkung von Staub mit schleifender Wirkung;
- Einwirkung von Dampf oder Wasserkondensation;
- Einwirkung von Dampf oder Öldampf;
- Einwirkung von explosiven Gemischen aus Stäuben oder Gasen;
- Einwirkung von Salzlufte;
- Einwirkung von nichtbestimmungsgemäßen Schwingungen, Stößen oder Neigungen;
- Einwirkung von Witterungserscheinungen oder Tropfwasser;

- k) Einwirkung von außergewöhnlichen Transport- oder Lagerungsbedingungen;
- l) Einwirkung von extremen oder plötzlichen Temperaturwechseln (über 5 K/h);
- m) Kühlwasser, das Säure oder Verunreinigungen enthält, die übermäßigen Kesselstein, Schlamm, Elektrolyse oder Korrosion verursachen können, oder Verstopfungen, Seewasser und hartes Wasser;
- n) außergewöhnlich hohe Kernstrahlung;
- o) Höhen über 1 000 m;
- p) Ausrüstung im Freien.

Für außergewöhnliche Betriebsbedingungen des Netztransformators (falls vorhanden) und des Motors siehe zutreffende Produktnormen (IEC 60076 oder IEC 60726 bzw. IEC 60034).

5.1.3 Inbetriebnahme

Wenn es nicht anders vereinbart ist, gelten für die Inbetriebnahme dieselben bestimmungsgemäßen und außergewöhnlichen Bedingungen wie beim Betrieb.

5.2 Transport

5.2.1 Klimabedingungen

5.2.1.1 Allgemeines

Die Einrichtung muss in der Verpackung des Lieferanten und bei Umweltbedingungen transportiert werden können, die in IEC 60721-3-2, Klasse 2K3, festgelegt sind.

5.2.1.2 Umgebungstemperatur

–25 °C bis +55 °C

–25 °C bis +70 °C bis zu 24 Stunden. Zu überprüfen.

ANMERKUNG 1 Temperaturgrenzwerte beziehen sich auf die Umgebungstemperatur in der unmittelbaren Umgebung der Einrichtung (z. B. innerhalb eines Behälters).

ANMERKUNG 2 Diese Grenzwerte gelten bei entfernter Kühlflüssigkeit.

ANMERKUNG 3 Niedrigere Grenzwerte für die Höchsttemperatur sind möglich, vorausgesetzt, es wird ein Warnhinweis gegeben.

5.2.1.3 Relative Feuchte

Weniger als 95 % bei +40 °C.

ANMERKUNG Bestimmte Kombinationen von Temperatur und Feuchte können Kondensation hervorrufen.

5.2.1.4 Luftdruck

Bereich 86 kPa bis 106 kPa.

Netztransformator (falls vorhanden) und Motor müssen ihren zutreffenden Produktnormen entsprechen (IEC 60076 oder IEC 60726 bzw. IEC 60034).

5.2.1.5 Außergewöhnliche Klimabedingungen

Temperaturen unter –25 °C.

Wo Transporttemperaturen unter –25 °C erwartet werden, wird der Einsatz eines beheizten Transports oder die Entfernung von ausgewählten, für niedrige Temperaturen empfindliche Bauelementen gefordert.

5.2.2 Mechanische Bedingungen

5.2.2.1 Allgemeines

Die Einrichtung muss innerhalb der in IEC 60721-3-2, Klasse 2M1, vorgeschriebenen Grenzwerte in der Verpackung des Lieferanten transportiert werden können. Dies schließt folgende Anforderungen bezüglich Schwingungen und Schocks ein.

5.2.2.2 Schwingungsgrenzwerte

Grenzwerte werden in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 – Schwingungsgrenzwerte beim Transport (siehe Klasse 2M1, IEC 60721-3-2)

Frequenz (Hz)	Amplitude (mm)	Beschleunigung (m/s ²)
$2 \leq f < 9$	3,5	nicht anwendbar
$9 \leq f < 200$	nicht anwendbar	10
$200 \leq f < 500$	nicht anwendbar	15

5.2.2.3 Schockgrenzwerte

Grenzwerte sind jene Werte, die einer Höhe des freien Falls von 0,1 m entsprechen.

ANMERKUNG 1 Falls eine Schock- und Schwingungsumgebung über diese Grenzwerte hinaus erwartet wird, ist Sonderverpackung oder -transport erforderlich.

ANMERKUNG 2 Falls das Vorhandensein einer weniger schädigenden Umwelt bekannt ist, darf die Verpackung nach Vereinbarung zwischen Bauteilherstellern/Systemlieferant, Kunde und Spediteur verringerten Anforderungen genügen.

ANMERKUNG 3 Netztransformator (falls vorhanden) und Motor müssen ihren zutreffenden Produktnormen entsprechen (IEC 60076 oder IEC 60726 bzw. IEC 60034).

5.3 Lagerung der Einrichtung

5.3.1 Allgemeines

Die Einrichtung muss unmittelbar nach dem Empfang unter einer angemessenen Abdeckung gelagert werden, wenn die Verpackungen nicht allgemein für die ungeschützte oder Lagerung im Freien geeignet ist.

5.3.2 Klimabedingungen

Die Einrichtung muss unter Umweltbedingungen gelagert werden können, die in IEC 60721-3-1 festgelegt sind. Diese schließen folgende Anforderungen ein.

- a) Umgebungstemperaturklasse 1K4:
–25 °C bis +55 °C
- b) Klasse der relativen Feuchte 1K3:
5 % bis 95 %
- c) Luftdruck:
86 kPa bis 106 kPa

Diese Grenzwerte gelten bei entfernter Kühlflüssigkeit.

Lagerungsbedingungen und -dauer müssen zwischen Kunde und Systemlieferant vereinbart und festgelegt werden.