

	DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13)	
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	
<p>ICS 33.100.20</p> <p style="text-align: right;">Ersatz für DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2003-02 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit</p> <p>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-13: Prüf- und Messverfahren – Prüfungen der Störfestigkeit am Wechselstrom-Netzanschluss gegen Oberschwingungen und Zwischenharmonische einschließlich leitungsführter Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen (IEC 61000-4-13:2002 + A1:2009); Deutsche Fassung EN 61000-4-13:2002 + A1:2009</p> <p>Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests (IEC 61000-4-13:2002 + A1:2009); German version EN 61000-4-13:2002 + A1:2009</p> <p>Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif (CEI 61000-4-13:2002 + A1:2009); Version allemande EN 61000-4-13:2002 + A1:2009</p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 35 Seiten</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p>		

DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2010-04

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2002-05-01 angenommene EN 61000-4-13 gilt zusammen mit der am 2009-07-01 angenommenen Änderung A1 als DIN-Norm ab 2010-04-01.

Daneben darf **DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2003-02** noch bis 2012-07-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Zu diesem Dokument wurde ein Kurzverfahren in den DIN-Mitteilungen veröffentlicht.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 767.1 „Niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 77A „Low frequency phenomena“ erarbeitet.

Die Internationale Norm IEC 61000-4-13:2002 wurde als Europäische Norm EN 61000-4-13:2002 übernommen. Deren Deutsche Fassung wurde als **DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2003-02** veröffentlicht. Es ist vorgesehen, die Änderung 1 zur Internationalen Norm IEC 61000-4-13:2002 als Änderung A1 zur Europäischen Norm EN 61000-4-13:2002 zu übernehmen.

Die Änderungen gegenüber der bestehenden Norm sind am Rand mit einem senkrechten Strich markiert.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2003-02** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Pegel der sogenannten „Meister-Kurve“ wurden als genormte und nicht nur als optionale Werte aufgenommen;
- b) 8.2.1 wurde geändert;
- c) 8.2.2 wird geändert;
- d) 8.2.4 wurde geändert, um die Prüfung mit den Pegeln der sogenannten Meister-Kurve auf Produkte der Klasse 2 zu beschränken;
- e) Ergänzungen zu dem in 6.3 beschriebenen Verfahren zum Nachweis der Eigenschaften des Prüfgenerators;
- f) Austausch der Bilder 1b und 1c sowie der Bilder 5 und 6;
- g) Änderung zu der Information in Anhang B zum Resonanzpunkt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13): 2003-02

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-161:1990	¹⁾	–
EN 60068-1:1994	IEC 60068-1:1988 + Corrigendum:1988-10 + A1:1992	DIN EN 60068-1:1995-03	–
EN 61000-2-2:2002	IEC 61000-2-2:2002	DIN EN 61000-2-2 (VDE 0839-2-2):2002-09	VDE 0839-2-2
EN 61000-2-4:2002	IEC 61000-2-4:2002	DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839-2-4):2003-05	VDE 0839-2-4
EN 61000-3-2:2006	IEC 61000-3-2:2005	DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2):2006-10	VDE 0838-2
EN 61000-4-7:2002 + A1:2009	IEC 61000-4-7:2002 + Corrigendum:2004-07 + A1:2008	DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7):2009-12	VDE 0847-4-7

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-1:1995-03, *Umweltprüfungen – Teil 1: Allgemeines und Leitfaden (IEC 60068-1:1988 + Corrigendum:1988 + A1:1992)*; Deutsche Fassung EN 60068-1:1994

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

¹⁾ Als Bezugsquelle dient: Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe, im Rahmen der Datenbankanwendung DIN-TERM über den Beuth Verlag, Berlin, zu beziehen.

DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2010-04

DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839-2-4), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2-4: Umgebungsbedingungen – Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen*

DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-2: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom ≤ 16 A je Leiter)*

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

ICS 33.100.20

Deutsche Fassung

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Teil 4-13: Prüf- und Messverfahren –
Prüfungen der Störfestigkeit am Wechselstrom-Netzanschluss gegen
Oberschwingungen und Zwischenharmonische einschließlich leitungsgeführter
Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen
(IEC 61000-4-13:2002 + A1:2009)

Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-13: Testing and measurement
techniques –
Harmonics and interharmonics including mains
signalling at a.c. power port, low frequency
immunity tests
(IEC 61000-4-13:2002 + A1:2009)

Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure –
Essais d'immunité basse fréquence aux
harmoniques et inter-harmoniques incluant les
signaux transmis sur le réseau électrique
alternatif
(CEI 61000-4-13:2002 + A1:2009)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2002-05-01 und die A1 am 2009-07-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks IEC/SC/77A/368/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61000-4-13, ausgearbeitet von dem SC 77A „Low frequency phenomena“ des IEC/TC 77 „Electromagnetic compatibility“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2002-05-01 als EN 61000-4-13 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-02-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2005-05-01

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61000-4-13:2002 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

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

IEC 60068-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-1:1994 (nicht modifiziert).
IEC 61000-2-4	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-2-4:1994 (nicht modifiziert).

Vorwort zu A1

Der Text des Schriftstücks IEC 77A/668/CDV, zukünftige Änderung 1 zu IEC 61000-4-13:2002, ausgearbeitet von dem SC 77A „Low-frequency phenomena“ des IEC/TC 77 „Electromagnetic compatibility“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009-07-01 als Änderung A1 zu EN 61000-4-13:2002 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die Änderung auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2010-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2012-07-01

Anerkennungsnotiz zu A1

Der Text der Änderung 1:2009 zur Internationalen Norm IEC 61000-4-13:2002 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Vorwort zu A1.....	2
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	8
4 Allgemeines	9
4.1 Beschreibung des Phänomens.....	9
4.2 Quellen.....	9
5 Prüfpegel.....	10
5.1 Prüfpegel für Oberschwingungen	10
5.2 Prüfpegel für Zwischenharmonische und leitungsgeführte Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen.....	12
6 Prüfeinrichtung.....	13
6.1 Prüfgenerator	13
6.2 Nachweis der Eigenschaften des Prüfgenerators	15
7 Prüfaufbau	15
8 Prüfverfahren	16
8.1 Durchführung der Prüfung	16
8.2 Durchführung der Prüfung	17
9 Ermittlung der Prüfergebnisse	21
10 Prüfbericht.....	22
Anhang A (informativ) Impedanznetzwerk zwischen Spannungsquelle und Prüfling.....	27
Anhang B (informativ) Resonanzpunkt	28
Anhang C (informativ) Elektromagnetische Umgebungsklassen.....	29
Literaturhinweise	30
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	31
Bilder	
Bild 1a – Flussdiagramm für die Durchführung der Prüfungen für die Klassen 1 und 2.....	17
Bild 1b – Flussdiagramm für die Durchführung der Prüfungen für die Klasse 3.....	18
Bild 1 – Flussdiagramme für die Durchführung der Prüfungen.....	18
Bild 2 – Beispiel für einen Prüfaufbau für einphasige Prüflinge.....	23
Bild 3 – Beispiel für einen Prüfaufbau für dreiphasige Prüflinge.....	23
Bild 4 – Prüfreihefolge für einzelne Oberschwingungen.....	24
Bild 5 – Beispiel für die Prüfung mit „Frequenzdurchlauf“ (z. B. für Geräte der Klasse 1 nach Tabelle 9).....	24
Bild 6 – Kurvenform „flache Kurve“	25
Bild 7 – Kurvenform „Überschwingen“	26

Tabellen

Tabelle 1 – Ungeradzahlige Oberschwingungen, keine Vielfache von 3	11
Tabelle 2 – Ungeradzahlige Oberschwingungen, Vielfache von 3	11
Tabelle 3 – Geradzahlige Oberschwingungen	12
Tabelle 4 – Frequenzen zwischen den Oberschwingungsfrequenzen.....	12
Tabelle 4a – Frequenzen zwischen den Oberschwingungsfrequenzen (für 50-Hz-Netze).....	12
Tabelle 4b – Frequenzen zwischen den Oberschwingungsfrequenzen (für 60-Hz-Netze).....	13
Tabelle 5 – Eigenschaften und Leistungsmerkmale des Prüfgenerators	14
Tabelle 6 – Maximale Oberschwingungs-Spannungsverzerrung	15
Tabelle 7 – Zeitbereichs-Funktion „flache Kurve“	19
Tabelle 8 – Oberschwingungskombination „Überschwingen“	19
Tabelle 9 – Prüfpegel für Frequenzdurchlauf	20
Tabelle 10 – Schrittweiten für Zwischenharmonische und Meister-Kurve.....	20
Tabelle 11 – Prüfpegel für die Meister-Kurve	21

Einleitung

Diese Norm ist ein Teil der Reihe IEC 61000 entsprechend der folgenden Struktur:

- Teil 1: Allgemeines
 - Allgemeine Betrachtungen (Einleitung, Grundprinzipien)
 - Definitionen, Begriffe
- Teil 2: Umgebung
 - Umgebungsbeschreibung
 - Einteilung der Umgebung in Klassen
 - Verträglichkeitspegel
- Teil 3: Grenzwerte
 - Grenzwerte der Störaussendung
 - Grenzwerte der Störfestigkeit (soweit sie nicht in den Zuständigkeitsbereich der Produktkomitees fallen)
- Teil 4: Prüf- und Messverfahren
 - Messverfahren
 - Prüfverfahren
- Teil 5: Installationsrichtlinien und Abhilfemaßnahmen
 - Installationsrichtlinien
 - Abhilfemaßnahmen und Geräte
- Teil 6: Fachgrundnormen
- Teil 9: Verschiedenes

Jeder Teil ist darüber hinaus in mehrere Teile unterteilt, die entweder als Internationale Normen oder als Technische Spezifikationen oder als Technische Berichte veröffentlicht werden; einige von ihnen wurden bereits als Hauptabschnitte veröffentlicht. Andere werden veröffentlicht, wobei der Teilnummer ein Bindestrich folgt und eine zweite Nummer die Unterteilung kennzeichnet (z. B. IEC 61000-6-1).

Dieser Teil ist eine EMV-Grundnorm, die Anforderungen und Prüfverfahren in Bezug auf die Störfestigkeit am Wechselstrom-Netzanschluss gegen Oberschwingungen und Zwischenharmonische einschließlich leitungsgeführter Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen gibt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Internationalen Norm IEC 61000 legt Prüfverfahren und den Bereich bevorzugter grundlegender Prüfschärfgrade (Prüfpegel) für die Prüfung der Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Geräten (Betriebsmittel, Einrichtungen)^{N1)} mit einem Bemessungsstrom bis zu und einschließlich 16 A je Leiter gegen Oberschwingungen und Zwischenharmonische mit Frequenzen bis zu und einschließlich 2 kHz (für 50-Hz-Stromversorgungsnetze) und Frequenzen bis zu und einschließlich 2,4 kHz (für 60-Hz-Stromversorgungsnetze) fest.

Sie gilt nicht für elektrische und elektronische Geräte, die zum Anschluss an 16 2/3-Hz- oder 400-Hz-Stromversorgungsnetze vorgesehen sind. Auf diese Netze bezogene Prüfungen werden von zukünftigen Normen abgedeckt.

Zweck dieser Norm ist die Festlegung einer allgemeinen und reproduzierbaren Grundlage zur Beurteilung der Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Geräten, wenn sie Oberschwingungen und Zwischenharmonischen einschließlich leitungsgeführter Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen ausgesetzt sind. Das in diesem Teil der Internationalen Norm IEC 61000 beschriebene Prüfverfahren bildet ein konsistentes Verfahren zur Beurteilung der Störfestigkeit eines Geräts oder Systems gegen ein definiertes Phänomen. Wie im IEC-Leitfaden 107 beschrieben, stellt diese Norm eine EMV-Grundnorm zur Anwendung durch Produktkomitees der IEC dar. Wie ebenfalls im IEC-Leitfaden 107 beschrieben ist, sind die Produktkomitees dafür verantwortlich zu bestimmen, ob diese Störfestigkeitsnorm (auf ihre Produkte) angewendet oder nicht angewendet werden sollte, und falls sie angewendet wird, sind sie für die Bestimmung der geeigneten Prüfschärfgrade (Prüfpegel) und Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten verantwortlich. IEC/TC 77 und seine Unterkomitees sind vorbereitet, mit den Produktkomitees bei der Ermittlung des Wertes für besondere Störfestigkeitsprüfungen für ihre Produkte zusammenzuarbeiten.

Der Nachweis der Funktionsfähigkeit von elektrischen Bauelementen (Komponenten) (z. B. Kondensatoren, Filter usw.) fällt nicht in den Anwendungsbereich der vorliegenden Norm. Langzeitwirkungen (größer als 15 min) werden in dieser Norm nicht betrachtet.

Die vorgeschlagenen Prüfschärfgrade (Prüfpegel) wurden stärker an die Umgebung Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe angepasst. Für schwerindustrielle Umgebungen sind die Produktkomitees für die Festlegung einer Klasse X mit den erforderlichen Prüfschärfgraden (Prüfpegeln) verantwortlich. Sie besitzen auch die Möglichkeit, für ihre Zwecke komplexere Kurvenformen zu definieren. Nichtsdestotrotz wurden hauptsächlich die vorgeschlagenen einfachen Kurvenformen in mehreren Netzen (flache Kurve häufig für Einphasen-Netze) und auch in industriellen Netzen (Überschwingungskurve häufiger für Dreiphasen-Netze) beobachtet.

2 Normative Verweisungen

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

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

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

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

^{N1)} Nationale Fußnote: Nachfolgend wird hierfür einheitlich die Bezeichnung „Geräte“ verwendet.

IEC 61000-4-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teiles der IEC 61000 gelten die nachstehenden Begriffe zusammen mit denjenigen aus IEC 60050(161).

3.1

Störfestigkeit (gegenüber einer Störgröße)

Fähigkeit eines Geräts, einer Ausrüstung oder eines Systems, in Gegenwart einer elektromagnetischen Störgröße ohne Beeinträchtigung der Funktion zu funktionieren

[IEV 161-01-20]

3.2

Harmonische

Oberschwingung

sinusförmiger Term mit höherer Ordnungszahl als 1 der Fourier-Reihe einer periodischen Größe

[IEV 161-02-18]

3.3

Grundschiwingung

sinusförmiger Term 1. Ordnung der Fourier-Reihe einer periodischen Größe

[IEV 161-02-17]

3.4

Kurvenform „flache Kurve“

Kurvenform, die einer Zeitfunktion folgt, bei der jede Halbschwingung aus drei Teilen besteht:

Teil 1: beginnt bei null und folgt einer reinen Sinusfunktion bis zu dem festgelegten Wert;

Teil 2: besitzt einen konstanten Wert;

Teil 3: folgt einer reinen Sinusfunktion bis zum Erreichen von null

3.5

Kurvenform „Überschwingen“

Kurvenform, die aus diskreten Werten der Grundschiwingung, der Oberschwingung 3. Ordnung und der Oberschwingung 5. Ordnung mit festgelegten Phasenverschiebungen besteht

3.6

f_1

Grund(schwingungs)frequenz

3.7

Frequenz der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen

zwischen Oberschwingungen liegende Signalfrequenzen für Steuerungs- und Kommunikationszwecke

3.8

Prüfling

(en: EUT)

zu prüfendes Gerät

4 Allgemeines

4.1 Beschreibung des Phänomens

4.1.1 Oberschwingungen

Oberschwingungen sind sinusförmige Spannungen und Ströme mit Frequenzen, die ganzzahlige Vielfache der Frequenz, mit der das Energieversorgungsnetz betrieben wird (Netzfrequenz), sind.

Im Allgemeinen werden Oberschwingungs-Störpegel durch Geräte mit einer nicht-linearen Spannungs-Strom-Kennlinie oder durch periodisches und netzfrequenz-synchronisiertes Schalten von Lasten verursacht. Solche Geräte können als Quellen von Oberschwingungsströmen angesehen werden.

Die von den verschiedenen Quellen verursachten Oberschwingungsströme erzeugen Oberschwingungs-Spannungsabfälle über der Impedanz des Energieversorgungsnetzes.

Als Ergebnis der Kabelquerkapazität, der Leitungsinduktivität und des Anschlusses einer Kapazität zur Verbesserung des Leistungsfaktors können Parallel- und Reihenresonanzen im Netz auftreten und eine Verstärkung der Oberschwingungs-Spannung auch an Punkten, die weit von der verzerrenden Last entfernt sind, verursachen. Die vorgeschlagenen Kurvenformen sind das Ergebnis der Summation von Oberschwingungen verschiedener Ordnungen, die alle aus ein und derselben Quelle stammen.

4.1.2 Zwischenharmonische

Zwischen den Oberschwingungen der netzfrequenten Spannung und des netzfrequenten Stroms können weitere Frequenzen beobachtet werden, die keine ganzzahligen Vielfache der Grund(schwingungs)frequenz sind. Sie können als diskrete Frequenzen oder als breitbandiges Spektrum auftreten. Die Summation von verschiedenen Quellen von Zwischenharmonischen ist nicht wahrscheinlich und wird in dieser Norm nicht berücksichtigt.

4.1.3 Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen (Rundsteuerung)

Signalfrequenzen im Bereich zwischen 110 Hz und 3 kHz, die in Netzen oder Teilen davon verwendet werden, um Informationen von einem sendenden Punkt zu einem oder mehreren empfangenden Punkten zu übertragen.

Der Anwendungsbereich dieser Norm ist auf den Frequenzbereich 2 kHz/50 Hz (2,4 kHz/60 Hz) beschränkt.

4.2 Quellen

4.2.1 Oberschwingungen

Oberschwingungen werden zu einem kleinen Anteil durch Stromerzeugungs-, -übertragungs- und -verteilungseinrichtungen und zu einem größeren Anteil durch industrielle und private Lasten erzeugt. Manchmal sind nur wenige Quellen vorhanden, die bedeutsame Oberschwingungsströme in einem Netz verursachen; die einzelnen Oberschwingungspegel der Mehrheit der anderen Geräte sind niedrig, dennoch können sie auf Grund der Summation der von ihnen verursachten Oberschwingungen einen vergleichsweise hohen Beitrag zur Spannungsverzerrung zumindest für den Bereich der Oberschwingungen niedriger Ordnung leisten.

Bedeutsame Oberschwingungsströme in einem Stromversorgungsnetz können durch nicht-lineare Lasten erzeugt werden, z. B.

- gesteuerte und ungesteuerte Gleichrichter, insbesondere wenn sie eine kapazitive Glättung besitzen (z. B. Gleichrichter, die in (den Netzteilen von) Fernseh-Rundfunkempfängern, in indirekt und direkt statischen Frequenzumrichtern und in Lampen mit eingebauten Vorschaltgeräten verwendet werden), weil die von ihnen verursachten Oberschwingungen ungefähr die gleiche Phasenlage besitzen, obwohl sie von verschiedenen Quellen stammen, und es im Netz nur eine geringe Kompensation gibt;

- Geräte mit Phasenanschnittsteuerung, manche Arten von Rechnern und unterbrechungsfreien Stromversorgungssystemen (USV).

Quellen können abhängig von ihrer Betriebsweise Oberschwingungen mit konstantem oder veränderlichem Pegel erzeugen.

4.2.2 Zwischenharmonische

Quellen von Zwischenharmonischen können sowohl in Niederspannungs- als auch in Mittel- und Hochspannungsnetzen gefunden werden. Die in Mittel-/Hochspannungsnetzen erzeugten Zwischenharmonische fließen in die durch sie versorgten Niederspannungsnetze und umgekehrt.

Die Hauptquellen sind indirekt und direkt statische Frequenzumrichter, Schweißmaschinen und Lichtbogenöfen.

4.2.3 Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen (Rundsteuerung)

Quellen von Frequenzen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen, die durch diese Norm erfasst werden, sind Sender, die meistens im Frequenzbereich zwischen 110 Hz und 2 kHz (2,4 kHz) betrieben werden und die das öffentliche Energieversorgungsunternehmen dazu verwendet, um Einrichtungen, die in das Stromversorgungsnetz eingeschaltet sind (Beleuchtungseinrichtungen im öffentlichen Bereich, Stromzähler usw.), zu steuern. Die Energie des Senders wird in das Netz auf der Nieder-, Mittel- und Hochspannungsebene eingekoppelt. Die Sender arbeiten mit unterbrochenen Signalen und üblicherweise nur kurzzeitig. Die verwendeten Frequenzen liegen üblicherweise zwischen den Oberschwingungen.

5 Prüfpegel

Der Prüfpegel ist die als Prozentanteil der Grundschwingungsspannung festgelegte Oberschwingungsspannung. Die in dieser Norm angegebenen Spannungen basieren auf der Nennspannung des Stromversorgungsnetzes (Grundschwingungsspannung U_1).

Es ist wesentlich, dass der Effektivwert der Spannung mit den resultierenden Kurvenformen während der Durchführung dieser Prüfungen auf dem Nennwert verbleibt, indem die Werte der Grund- und Oberschwingungsspannungen entsprechend den in den zugehörigen Tabellen angegebenen Prozentwerten eingestellt werden (z. B. 230 V Effektivwert, 120 V Effektivwert).

5.1 Prüfpegel für Oberschwingungen

Der bevorzugte Bereich der Prüfpegel für einzelne Oberschwingungen ist in den [Tabellen 1 bis 3](#) angegeben.

Oberschwingungsspannungen mit einem Prüfpegel von 3 % und höher bis zur 9. Harmonischen müssen mit einer Phasenverschiebung von sowohl 0° als auch 180° , bezogen auf den positiven Nulldurchgang der Grundschwingungsspannungen, angewendet werden. Oberschwingungsspannungen mit einem kleineren Prüfpegel als 3 % müssen ohne Phasenverschiebung, bezogen auf den positiven Nulldurchgang der Grundschwingungsspannungen, angewendet werden.

In Bezug auf Verträglichkeitspegel siehe [IEC 61000-2-2](#) unter Verwendung eines Faktors k . Störfestigkeitspegel müssen höher sein (z. B. $1,5 \times$ so hoch im Vergleich zu den Verträglichkeitspegeln).

Die Anwendung der Prüfung auf mehrphasige Prüflinge ist in [8.2.5](#) gegeben.

Tabelle 1 – Ungeradzahlige Oberschwingungen, keine Vielfache von 3

<i>h</i>	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse X
	Prüfpegel in % von U_1			
5	4,5	9	12	offen
7	4,5	7,5	10	offen
11	4,5	5	7	offen
13	4	4,5	7	offen
17	3	3	6	offen
19	2	2	6	offen
23	2	2	6	offen
25	2	2	6	offen
29	1,5	1,5	5	offen
31	1,5	1,5	3	offen
35	1,5	1,5	3	offen
37	1,5	1,5	3	

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel können durch das Produktkomitee festgelegt werden. Jedoch sollten die Werte für Geräte, die durch das öffentliche Niederspannungs-Stromversorgungsnetz versorgt werden, nicht kleiner als diejenigen der Klasse 2 sein.

Tabelle 2 – Ungeradzahlige Oberschwingungen, Vielfache von 3

<i>h</i>	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse X
	Prüfpegel in % von U_1			
3	4,5	8	9	offen
9	2	2,5	4	offen
15	keine Prüfung	keine Prüfung	3	offen
21	keine Prüfung	keine Prüfung	2	offen
27	keine Prüfung	keine Prüfung	2	offen
33	keine Prüfung	keine Prüfung	2	offen
39	keine Prüfung	keine Prüfung	2	offen

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel können durch das Produktkomitee festgelegt werden. Jedoch sollten die Werte für Geräte, die durch das öffentliche Niederspannungs-Stromversorgungsnetz versorgt werden, nicht kleiner als diejenigen der Klasse 2 sein.

Tabelle 3 – Geradzahlige Oberschwingungen

<i>h</i>	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse X
	Prüfpegel in % von U_1			
2	3	3	5	offen
4	1,5	1,5	2	offen
6	keine Prüfung	keine Prüfung	1,5	offen
8	keine Prüfung	keine Prüfung	1,5	offen
10	keine Prüfung	keine Prüfung	1,5	offen
12 bis 40	keine Prüfung	keine Prüfung	1,5	offen

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel können durch das Produktkomitee festgelegt werden. Jedoch sollten die Werte für Geräte, die durch das öffentliche Niederspannungs-Stromversorgungsnetz versorgt werden, nicht kleiner als diejenigen der Klasse 2 sein.

5.2 Prüfpegel für Zwischenharmonische und leitungsgeführte Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen

Der bevorzugte Bereich der Prüfpegel für einzelne Oberschwingungen ist in den Tabellen 4a und 4b angegeben.

Tabelle 4 – Frequenzen zwischen den Oberschwingungsfrequenzen

Tabelle 4a – Frequenzen zwischen den Oberschwingungsfrequenzen (für 50-Hz-Netze)

Frequenzbereich Hz	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse X
	Prüfpegel in % von U_1			
16 bis 100	keine Prüfung	2,5	4	offen
100 bis 500	keine Prüfung	5	9	offen
500 bis 750	keine Prüfung	3,5	5	offen
750 bis 1 000	keine Prüfung	2	3	offen
1 000 bis 2 000	keine Prüfung	1,5	2	offen

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel können durch das Produktkomitee festgelegt werden.

Tabelle 4b – Frequenzen zwischen den Oberschwingungsfrequenzen (für 60-Hz-Netze)

Frequenzbereich	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse X
Hz	Prüfpegel in % von U_1			
20 bis 120	keine Prüfung	2,5	4	offen
120 bis 600	keine Prüfung	5	7,5	offen
600 bis 900	keine Prüfung	3,5	5	offen
900 bis 1 200	keine Prüfung	2	3	offen
1 200 bis 2 400	keine Prüfung	1,5	2	offen

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel können durch das Produktkomitee festgelegt werden.

Störfestigkeits-Prüfpegel für Zwischenharmonische oberhalb 100 Hz beruhen auf den Pegeln für die Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen oder auf den in [8.2.4](#) definierten Pegeln der sogenannten Meister-Kurve in Abhängigkeit von der Klasse des zu prüfenden Geräts. Pegel für die Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen liegen im Bereich zwischen 2 % bis 6 % von U_1 . Diskrete zwischenharmonische Frequenzen haben einen Pegel von etwa 0,5 % der Grundschwingungsspannung U_1 (bei Abwesenheit von Resonanzen). Für die Klasse 3 für industrielle Netze können diese Pegel beträchtlich höher sein.

6 Prüfeinrichtung

6.1 Prüfgenerator

Der Prüfgenerator muss in der Lage sein, ein Signal mit einer Grundschwingungsfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz zu erzeugen und die geforderten Frequenzen (Oberschwingungen und Frequenzen zwischen den Oberschwingungen) zu überlagern.

Der Prüfgenerator muss eine ausreichende Filterung haben, so dass die Oberschwingungen und zwischenharmonischen Störgrößen keine Zusatz-/Hilfseinrichtungen, die zur Durchführung der Prüfung erforderlich sein können, beeinflussen.

Der Prüfpegel entsprechend den [Tabellen 1 bis 4](#) müssen an den Anschlüssen des Prüflings angewendet werden, die unter üblichen Bedingungen (ein- oder dreiphasig) angeschlossen und entsprechend den Festlegungen der zutreffenden Produktnorm betrieben werden.

Der Prüfgenerator muss die nachfolgenden Festlegungen erfüllen.

Tabelle 5 – Eigenschaften und Leistungsmerkmale des Prüfgenerators

Ausgangsstrom je Phase bei der Bemessungsspannung	Notwendigkeit zur Erfüllung der Anforderungen an den im Betrieb befindlichen Prüfling (siehe Anmerkung 1)
<p>Grundschwingungsspannung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Höhe U_1 – Frequenz – Phasenwinkel zwischen den Phasen <p>Vorwählbare einzelne Oberschwingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ordnung – Höhe U_1 <ul style="list-style-type: none"> – Bereich – Ungenauigkeit – Phasenwinkel φ_h <ul style="list-style-type: none"> – $h = 2$ bis 9 – Ungenauigkeit der Nulldurchgangsabweichung, bezogen auf die Grundschwingung <p>Kombination von Oberschwingungen:</p> <p>Frequenzen zwischen den Oberschwingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Höhe U_1 <ul style="list-style-type: none"> – Bereich – Ungenauigkeit – Frequenz <ul style="list-style-type: none"> – Bereich – Schritte zur Einstellung $f = (0,33 \text{ bis } 2) \times f_1$ $f = (2 \text{ bis } 20) \times f_1$ $f > 20 \times f_1$ – maximaler Fehler des eingestellten Wertes 	<p>Nennspannung des Netzes $\pm 2\%$ einphasig Nennspannung des Netzes $\pm 2\%$ dreiphasig</p> <p>50 Hz $\pm 0,5\%$ oder 60 Hz $\pm 0,5\%$</p> <p>$120^\circ \pm 1,5^\circ$ (Sternverbindung)</p> <p>2 bis 40</p> <p>0 % bis 14 % von U_1</p> <p>$\pm 5,0\%$ von U_h oder $\pm 0,1\%$ von U_1, je nachdem, welcher Wert größer ist</p> <p>$0^\circ, 180^\circ$ (siehe auch Anmerkung 6)</p> <p>$\pm 2\%$ der Grundschwingung</p> <p>siehe Anmerkung 3</p> <p>siehe Anmerkung 2</p> <p>0 % bis 10 % von U_1</p> <p>$\pm 5,0\%$ von U_h oder $\pm 0,1\%$ von U_1, je nachdem, welcher Wert größer ist</p> <p>$0,33 \times f_1$ bis $40 \times f_1$</p> <p>$= 0,1 \times f_1$</p> <p>$= 0,2 \times f_1$</p> <p>$= 0,5 \times f_1$</p> <p>$\pm 0,5\% f$</p>
Ausgangsimpedanz	siehe Anmerkung 4
Äußeres Impedanznetzwerk	siehe Anmerkung 5
<p>ANMERKUNG 1 Der Generator muss einen Ausgangsstrom liefern, der ausreicht, um den Prüfling prüfen zu können, oder er sollte einen maximalen Bemessungs-Eingangsstrom von 16 A (Effektivwert) je Phase liefern. Andere Werte können in der Produktnorm oder der Produktspezifikation angegeben sein.</p> <p>ANMERKUNG 2 Der Generator muss Steuereingänge für die Einstellung der Höhe, der Frequenz, des Phasenwinkels und der Art der Reihenfolge der überlagerten Spannung besitzen.</p> <p>ANMERKUNG 3 Der Generator muss die Möglichkeit zur Überlagerung von mehr als einer Spannung in jeder Phase besitzen.</p>	

Tabelle 5 (fortgesetzt)

ANMERKUNG 4 Es wird keine Ausgangsimpedanz festgelegt, da die innere Spannungsquelle so gesteuert werden muss, dass der Spannungsabfall über den Innenwiderstand kompensiert wird und die eingestellten Werte an den Anschlüssen des Prüflings eingehalten werden. Die Verbindungen müssen so kurz wie möglich sein.

ANMERKUNG 5 Ein äußeres, in Reihe geschaltetes Impedanznetzwerk kann verwendet werden, jedoch nur, um mögliche Resonanzen, die durch Oberschwingungen erzeugt werden, zu finden. Hierfür wird das Impedanznetzwerk nach IEC 60725 vorgeschlagen. Als Leitfaden ist der [Anhang A](#) dieser Norm beigefügt.

ANMERKUNG 6 φ_h ist die in Grad der Oberschwingungsfrequenz ausgedrückte Phasendifferenz zwischen dem positiven Nulldurchgang der Grundschwingungsspannung und dem positiven Nulldurchgang der Oberschwingungsspannung.

6.2 Nachweis der Eigenschaften des Prüfgenerators

Die Ausgangseigenschaften des Generators müssen an den Klemmen der Quelle vor der Prüfung nachgewiesen werden. Zu diesem Zweck wird die Ausgangsspannung durch einen Oberschwingungsanalysator nach [IEC 61000-4-7](#), Genauigkeitsklasse A, überwacht werden und die überlagerten Werte müssen gespeichert und/oder ausgedruckt werden. Zusätzlich darf ein Oszilloskop zur Gewinnung einer groben Übersicht verwendet werden.

Die maximale Oberschwingungs-Spannungsverzerrung des Generators muss mit [IEC 61000-3-2](#) übereinstimmen (wenn keine Oberschwingungen/Zwischenharmonische ausgewählt wurden). Die maximalen Verzerrungsgrenzen während der Zuführung von Leistung an den Prüfling sind in Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6 – Maximale Oberschwingungs-Spannungsverzerrung

Oberschwingungsordnung	% von U_1
3	0,9
5	0,4
7	0,3
9	0,2
2 bis 10 (geradzählige Oberschwingungen)	0,2
11 bis 40	0,1

Der Spitzenwert der Prüfspannung muss innerhalb des 1,40fachen und 1,42fachen seines Effektivwertes liegen und innerhalb 87° bis 93° nach dem Nulldurchgang erreicht werden. Die größte Änderung der Ausgangsspannung zwischen dem Zustand ohne Belastung und dem Zustand der Belastung mit dem Bemessungsstrom bei angeschlossenem Prüfling muss $\pm 2\%$ der Nennspannung betragen.

Die in [6.1](#) angegebenen Generatoreigenschaften führen zu Generatoren mit niedrigem Innenwiderstand. Zur Vereinfachung des Verfahrens muss der Nachweis der Generatoreigenschaften nach [6.2](#) ohne Vorhandensein eines äußeren Impedanznetzwerks durchgeführt werden.

7 Prüfaufbau

Zusätzlich zum Prüfgenerator können die nachfolgenden Prüfeinrichtungen für die Störfestigkeitsprüfung erforderlich sein:

- Analysator für Oberschwingungen und Zwischenharmonische nach [IEC 61000-4-7](#) für den Nachweis der Prüfspannung an den Anschlüssen des Prüflings;

- Steuereinheit für die Einstellung der Reihenfolge der ausgewählten Überlagerungsspannungen während einer Prüfung;
- Drucker oder Plotter für die Dokumentation der Reihenfolge der Prüfspannung;
- Oszilloskop zur Überwachung der Versorgungsspannung des Prüflings.

Manche dieser Geräte können in einer Einheit kombiniert sein.

Beispiele für Prüfaufbauten sind gegeben in:

- [Bild 2](#) für einen einphasigen Prüfling;
- [Bild 3](#) für einen dreiphasigen Prüfling.

8 Prüfverfahren

8.1 Durchführung der Prüfung

8.1.1 Klimatische Bedingungen

Wenn durch das für die Fachgrund- oder Produktnorm zuständige Technische Komitee nichts anderes festgelegt ist, müssen die klimatischen Bedingungen im Labor innerhalb jeglicher, für den Betrieb des Prüflings und die Prüfeinrichtung durch ihre jeweiligen Hersteller angegebenen Grenzen liegen.

Prüfungen dürfen nicht durchgeführt werden, wenn die relative Luftfeuchte so hoch ist, dass Feuchtigkeitsniederschlag auf dem Prüfling oder der Prüfeinrichtung stattfindet.

ANMERKUNG Wenn ausreichende Anzeichen dafür gesehen werden, dass die Auswirkungen des durch diese Norm erfassten Phänomens durch die klimatischen Bedingungen beeinflusst werden, sollte das für diese Norm zuständige Technische Komitee darauf aufmerksam gemacht werden.

8.1.2 Prüfplan

Vor dem Beginn der Prüfung eines vorliegenden Geräts muss ein Prüfplan erstellt werden.

Der Prüfplan sollte die nachfolgenden Punkte enthalten:

- die Beschreibung des Prüflings;
- Information über mögliche Anschlüsse (Stecker, Klemmen usw.) und die entsprechenden Kabel und Peripheriegeräte;
- Eingangsanschlüsse für die Stromversorgung des Prüflings;
- repräsentative Betriebszustände (Funktionen) für die Prüfung des Prüflings;
- Arten der Prüfungen/Prüfpegel;
- Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten, wie in der Norm oder durch den Hersteller festgelegt;
- Beschreibung des Prüfaufbaus.

Wenn die eigentlichen Zusatz-/Hilfseinrichtungen für das Betreiben des Prüflings nicht vorhanden sind, dürfen sie nachgebildet werden.

Für jede Prüfung muss jede Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens festgehalten werden. Die Überwachungsgeräte sollten in der Lage sein, den jeweiligen Betriebszustand des Prüflings während und nach den Prüfungen anzuzeigen. Nach jeder Gruppe von Prüfungen muss eine entsprechende Funktionsprüfung durchgeführt werden.

8.2 Durchführung der Prüfung

Die Bilder 1a und 1b wurden ergänzt, um einen Leitfaden zur Optimierung der Prüfdauer bei einer hohen Vertrauenswürdigkeit bei der Durchführung der Prüfung zur Verfügung zu stellen. Die Prüfpegel der Prüfung mit „kombinierten Oberschwingungen“ und der Prüfung mit „Frequenzdurchlauf“ überschreiten die Prüfpegel der Prüfung mit „einzelnen Oberschwingungen“.

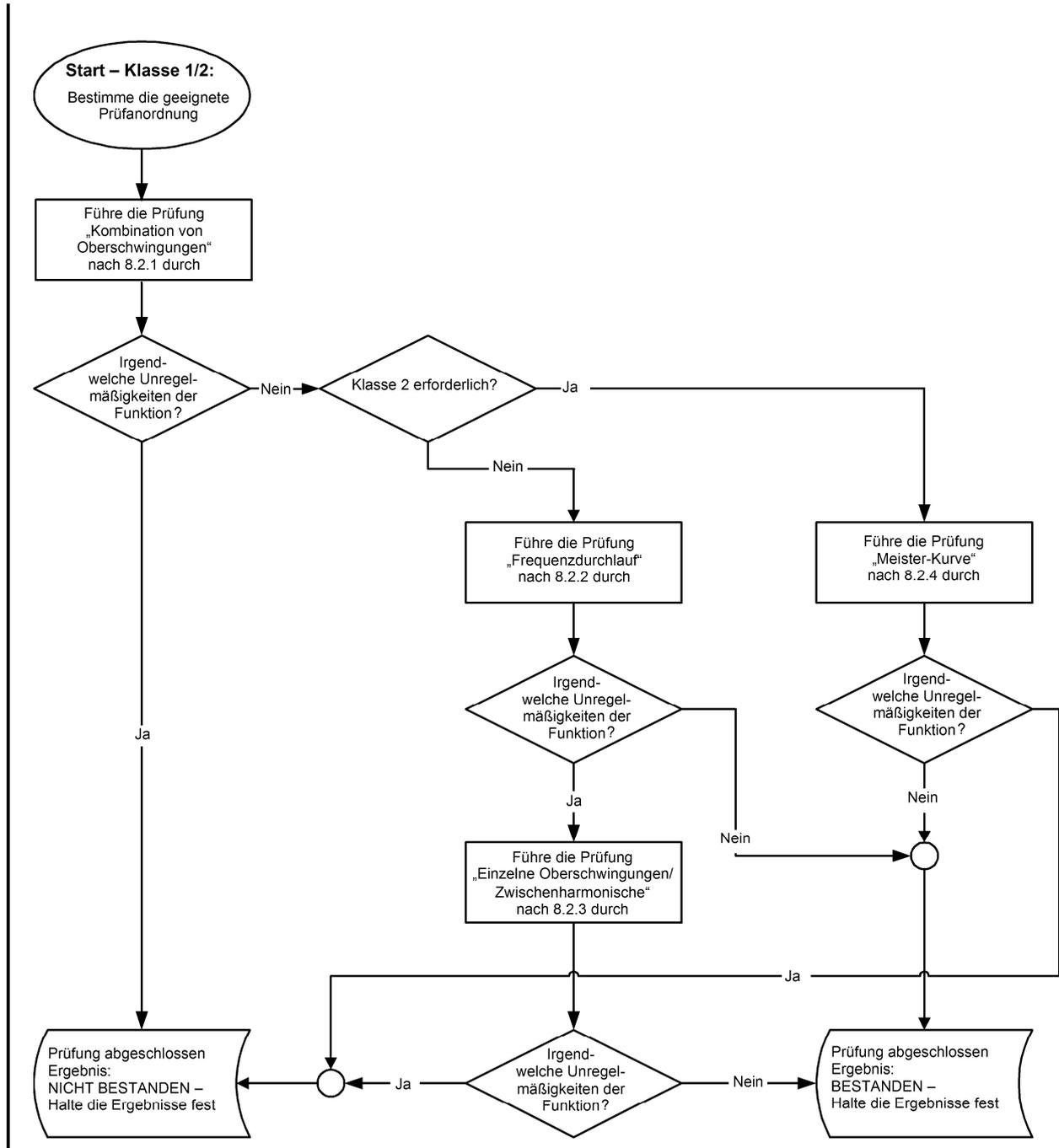


Bild 1a – Flussdiagramm für die Durchführung der Prüfungen für die Klassen 1 und 2

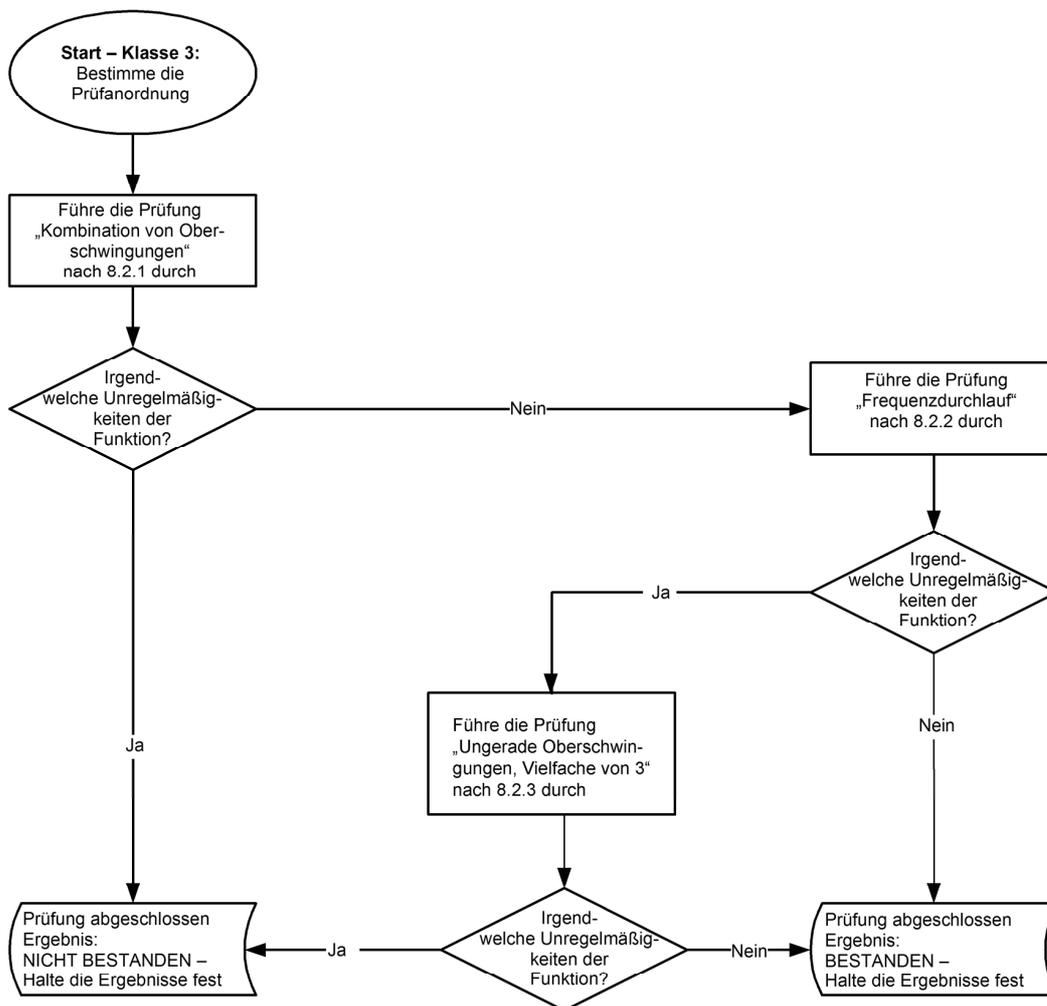


Bild 1b – Flussdiagramm für die Durchführung der Prüfungen für die Klasse 3

Bild 1 – Flussdiagramme für die Durchführung der Prüfungen

8.2.1 Oberschwingungskombinationsprüfung „flache Kurve“ und „Überschwingen“

Die beiden durchzuführenden Oberschwingungskombinationsprüfungen werden als „flache Kurve“ und „Überschwingen“ bezeichnet. Der Prüfling muss mit beiden Oberschwingungskombinationen entsprechend den Tabellen 7 und 8 für eine Dauer von 2 min geprüft werden. Die Kurvenformen im Zeitbereich sind in den Bildern 6 und 7 für die Prüfungen „flache Kurve“ bzw. „Überschwingen“ gezeigt.

Flache Kurve: Die Spannung folgt einer Zeitbereichs-Funktion, in der jede Halbschwingung aus drei Teilen besteht. Siehe Bild 6.

- Teil 1 beginnt bei null, es folgt eine reine Sinusfunktion bis zu einem Wert von 95 % des Spitzenwertes für die Klasse 1, 90 % des Spitzenwertes für die Klasse 2 und 80 % des Spitzenwertes für die Klasse 3.
- Teil 2 ist eine konstante Spannung.
- Teil 3 ist gleichartig zu Teil 1 (folgt einer reinen Sinusfunktion).

Während der Durchführung der Prüfung muss der Effektivwert der resultierenden Kurvenform auf dem Nennspannungswert verbleiben. Dies bedeutet, dass die Amplitude des sinusförmigen Teils der Kurvenform um den in der Tabelle 7 angegebenen Faktor K_y erhöht werden muss.

Tabelle 7 – Zeitbereichs-Funktion „flache Kurve“

Funktion (Teile 1 und 3)	Spannungsverhältnis K_y	Spannung (Teile 1 und 3)	Funktion (Teil 2)	Spannung (Teil 2)	Klasse
$0 \leq \sin(\varpi t) \leq 0,95$	1,013 3	$u = U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} \times \sin(\varpi t)$	$0,95 \leq \sin(\varpi t) \leq 1$	$u = \pm 0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2}$	1
$0 \leq \sin(\varpi t) \leq 0,9$	1,037 9	$u = U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} \times \sin(\varpi t)$	$0,9 \leq \sin(\varpi t) \leq 1$	$u = \pm 0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2}$	2
$0 \leq \sin(\varpi t) \leq 0,8$	1,111 7	$u = U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} \times \sin(\varpi t)$	$0,8 \leq \sin(\varpi t) \leq 1$	$u = \pm 0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2}$	3
$0 \leq \sin(\varpi t) \leq X$	X	$u = U_1 \times K_X \times \sqrt{2} \times \sin(\varpi t)$	$X \leq \sin(\varpi t) \leq 1$	$u = \pm X \times U_1 \times K_X \times \sqrt{2}$	X

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel müssen durch das Produktkomitee festgelegt werden. Jedoch dürfen die Werte für Geräte, die durch das öffentliche Energieversorgungsnetz versorgt werden, nicht kleiner als diejenigen der Klasse 2 sein.

ANMERKUNG 3 Maximale Abweichung: $\Delta u = \pm (0,01 \times U_1 \times \sqrt{2} + 0,005 \times u)$.

Überschwingen: Überschwingen wird durch Addition eines diskreten Wertes der Oberschwingung 3. Ordnung und auch der Oberschwingung 5. Ordnung erzeugt, wobei beide eine korrespondierende Phasenbeziehung haben.

Tabelle 8 – Oberschwingungskombination „Überschwingen“

h	3	5	Klasse
% von U_1	4 % / 180°	3 % / 0°	1
% von U_1	6 % / 180°	4 % / 0°	2
% von U_1	8 % / 180°	5 % / 0°	3
% von U_1	X / 180°	X / 0°	X

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel müssen durch das Produktkomitee festgelegt werden. Jedoch dürfen die Werte für Geräte, die durch das öffentliche Energieversorgungsnetz versorgt werden, nicht kleiner als diejenigen der Klasse 2 sein.

8.2.2 Prüfverfahren „Frequenzdurchlauf“

Der Prüfaufbau für Prüfungen mit Frequenzdurchlauf ist in den [Bildern 2](#) und [3](#) dargestellt. Die Amplituden der sinusförmigen Spannungen für den Frequenzdurchlauf hängen vom Frequenzbereich ab (siehe [Tabelle 9](#) und [Bild 5](#)). Der kontinuierliche (analog) oder schrittweise (digital) Frequenzdurchlauf sollte so sein, dass die Verweilzeit je Dekade nicht kleiner als 5 min ist, wie in [Bild 5](#) gezeigt wird. Der Frequenzdurchlauf wird bei Frequenzen, bei denen Unregelmäßigkeiten der Funktion entdeckt werden, verdichtet. Bei jedem Verdichtungspunkt sollte die Prüfzeit wenigstens 120 s betragen.

ANMERKUNG Unregelmäßigkeiten der Funktion können auch durch Resonanzen verursacht werden. Weitere Einzelheiten sind in [Anhang B](#) beschrieben.

Tabelle 9 – Prüfpegel für Frequenzdurchlauf

Frequenzbereich	Frequenzschritt	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse X
f	Δf	Prüfpegel in % von U_1			
$0,33 \times f_1$ bis $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$	2	3	4,5	offen
$2 \times f_1$ bis $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	5	9	14	offen
$10 \times f_1$ bis $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	4	4,5	9	offen
$20 \times f_1$ bis $30 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	6	offen
$30 \times f_1$ bis $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	2	2	4	offen

ANMERKUNG 1 Die Klassen 1, 2 und 3 sind in [Anhang C](#) definiert.

ANMERKUNG 2 Die für die Klasse X angegebenen Pegel sind offen. Diese Pegel müssen durch das Produktkomitee festgelegt werden. Jedoch dürfen die Werte für Geräte, die durch das öffentliche Energieversorgungsnetz versorgt werden, nicht kleiner als diejenigen der Klasse 2 sein.

8.2.3 Einzelne Oberschwingungen und Zwischenharmonische mit festgelegter Reihenfolge der Prüfpegel

Im Frequenzbereich $2 \times f_1$ bis $40 \times f_1$ müssen einzelne sinusförmige Spannungen mit Höhen entsprechend den Angaben in den [Tabellen 1 bis 3](#) der Grundschwingungsspannung U_1 überlagert werden. Jede Frequenz muss für 5 s angelegt werden; anschließend folgt jeweils ein Zeitintervall von einer Sekunde Dauer bis zur nächsten Frequenz (siehe [Bild 4](#)). Hierbei muss der Effektivwert der resultierenden Spannung während der Dauer der gesamten Prüfung konstant gehalten werden.

Für die Prüfungen gegen Zwischenharmonische in den Frequenzbereichen, die in den [Tabellen 4a und 4b](#) gezeigt sind, werden die Frequenzschritte durch [Tabelle 10](#) festgelegt. Auf jedem Schritt muss für 5 s verweilt werden, anschließend folgt ein Zeitintervall von einer Sekunde Dauer bis zum nächsten Schritt. Hierbei muss der Effektivwert der resultierenden Spannung während der Dauer der gesamten Prüfung konstant gehalten werden.

Tabelle 10 – Schrittweiten für Zwischenharmonische und Meister-Kurve

Frequenzbereich	Frequenzschritt
f	Δf
$0,33 \times f_1$ bis $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$
$2 \times f_1$ bis $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$10 \times f_1$ bis $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$
$20 \times f_1$ bis $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$

8.2.4 Anwendung der Meister-Kurve

Die Prüfung mit den Pegeln der Meister-Kurve wird auf Produkte der Klasse 2 angewendet. Während dieser Prüfung sollte der kontinuierliche (analoge) oder schrittweise (digitale) Frequenzdurchlauf so sein, dass die Verweilzeit je Dekade nicht kleiner als 5 min ist, wie in [Bild 5](#) gezeigt wird.

In beiden Fällen muss die Amplitude der angewendeten zwischenharmonischen Pegel die in [Tabelle 11](#) angegebenen Werte einhalten.

Tabelle 11 – Prüfpegel für die Meister-Kurve

Frequenzbereich	Frequenzschritt	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse X
f	Δf	Prüfpegel in % von U_1			
$0,33 \times f_1$ bis $2 \times f_1$	$0,1 \times f_1$	keine Prüfung	3	4	offen
$2 \times f_1$ bis $10 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	keine Prüfung	9	10	offen
$10 \times f_1$ bis $20 \times f_1$	$0,2 \times f_1$	keine Prüfung	$4\ 500/f$	$4\ 500/f$	offen
$20 \times f_1$ bis $40 \times f_1$	$0,5 \times f_1$	keine Prüfung	$4\ 500/f$	$4\ 500/f$	offen

8.2.5 Anwendung der Prüfung in mehrphasigen Prüflingen

Siehe Bild 3.

Die Oberschwingungs- oder zwischenharmonische Verzerrung muss auf alle Leiter-Nullleiter-Phasen gleichzeitig angewendet werden und die Oberschwingungsanteile jeder Spannung zwischen Leiter und Nullleiter müssen die gleiche Phasenbeziehung zur Grundschwingung der korrespondierenden Kurvenform haben. Dies bedeutet, dass, abgesehen von einer 120°-Phasenverschiebung, die mehreren Kurvenformen gleich sind, wie es in Niederspannungsnetzen meistens beobachtet wird.

Eine Folge dieser Lösung ist, dass der Prüfgenerator einen Nullleiter in seinem Ausgang haben sollte und keinen Mehrphasen-Ausgangstransformator haben kann, der die homopolare Dreifach-Oberschwingung nicht übertragen würde.

Dies gilt nicht für mehrphasige Prüflinge ohne Nullleiteranschluss; diese brauchen nicht gegen Dreifach-Oberschwingungen geprüft zu werden.

9 Ermittlung der Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse müssen in Begriffen der Minderung oder des Ausfalls der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens des Prüflings in Bezug auf eine Betriebsqualität, die vom Hersteller oder dem Auftraggeber der Prüfung festgelegt oder zwischen dem Hersteller und dem Käufer des Produktes vereinbart wird, klassifiziert werden. Die nachfolgende Klassifizierung wird empfohlen:

- bestimmungsgemäßes Betriebsverhalten innerhalb der vom Hersteller, Auftraggeber oder Käufer festgelegten Grenzen;
- zeitlich begrenzter Ausfall oder zeitlich begrenzte Minderung der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens, der (die) nach dem Abklingen der Störgröße wieder abklingt; ab diesem Zeitpunkt hat das Gerät (die Einrichtung) sein (ihr) bestimmungsgemäßes Betriebsverhalten von selbst, ohne Eingriff der Bedienperson, wiedererlangt;
- zeitlich begrenzter Ausfall oder zeitlich begrenzte Minderung der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens, für deren Behebung ein Eingriff der Bedienperson erforderlich ist;
- Ausfall oder Minderung der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens, die (das) nicht mehr wiederhergestellt werden kann, da das Gerät (Bauteil) oder das Betriebsprogramm (Software) zerstört wurde oder Daten verloren gingen.

Die technische Beschreibung kann Auswirkungen auf die Funktion des Prüflings definieren, die als vernachlässigbar und deshalb als akzeptabel angesehen werden können.

Diese Klassifikation kann als eine Anleitung für die Festlegung der Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten durch (Technische) Komitees, die für Fachgrund-, Produkt- und/oder Produktfamiliennormen zuständig sind, oder als Rahmen für die Vereinbarung von Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten zwischen dem Hersteller und dem Käufer verwendet werden, z. B. wenn keine geeigneten Fachgrund-, Produkt- oder Produktfamiliennormen vorhanden sind.

10 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss alle für die Wiederholbarkeit der Prüfung notwendigen Informationen enthalten. Insbesondere muss Folgendes festgehalten werden:

- die im Prüfplan festgelegten Einzelheiten, die entsprechend [Abschnitt 8](#) dieser Norm erforderlich sind;
- Identifizierung des Prüflings und jeglicher zugehöriger Zusatz-/Hilfseinrichtungen, z. B. Markenname, Produkttyp, Seriennummer;
- Identifizierung der Prüfeinrichtung, z. B. Markenname, Produkttyp, Seriennummer;
- jegliche besondere Umgebungsbedingungen, unter denen die Prüfung durchgeführt wurde, z. B. geschirmtes Gehäuse;
- jegliche besondere Bedingungen, die notwendig sind, um die Durchführung der Prüfung zu ermöglichen;
- vom Hersteller, Auftraggeber oder Käufer festgelegte Betriebsqualität;
- in der Fachgrund-, Produkt- oder Produktfamiliennorm festgelegte Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten;
- jegliche Auswirkungen auf den Prüfling, die während oder nach der Anwendung der Prüfstörgröße beobachtet wurden, und die Zeitdauer, in der diese Auswirkungen auftraten;
- die Begründung für die Entscheidung, dass die Prüfung bestanden/nicht bestanden wurde (auf der Grundlage der in der Fachgrund-, Produkt- oder Produktfamiliennorm festgelegten oder zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbarten Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten);
- jegliche besondere Gebrauchsbedingungen, z. B. hinsichtlich der Kabellänge und des Kabeltyps, der Schirmung oder Erdung oder die Betriebsbedingungen des Prüflings, die zum Erreichen der Übereinstimmung mit den Anforderungen erforderlich sind.

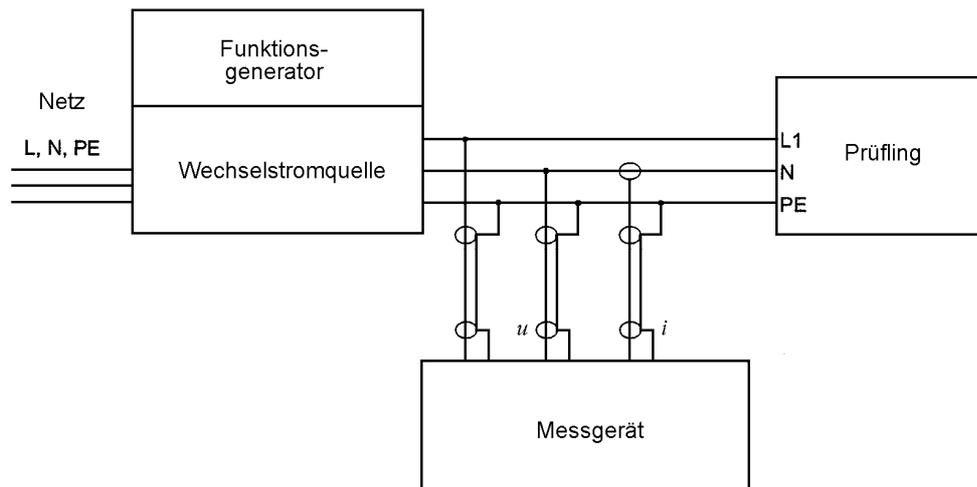


Bild 2 – Beispiel für einen Prüfaufbau für einphasige Prüflinge

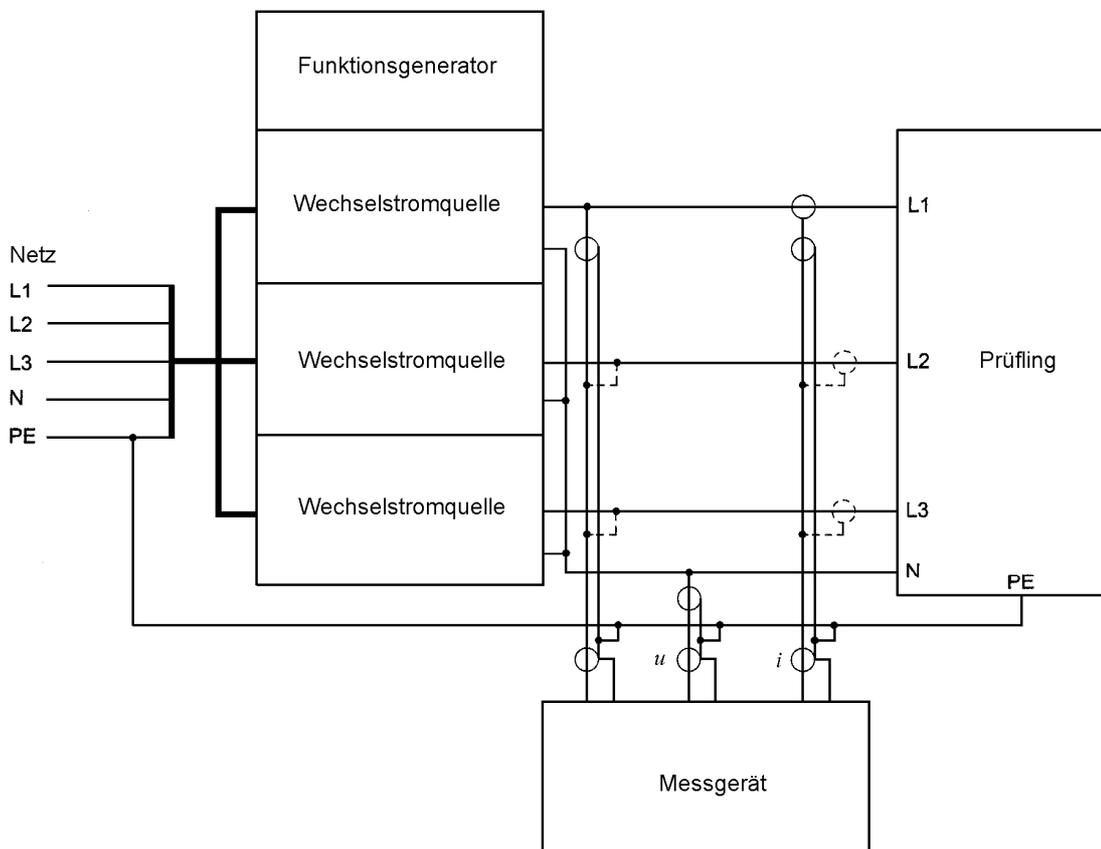
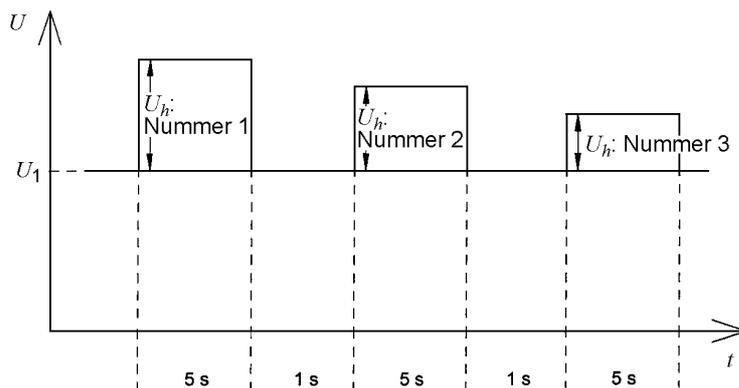
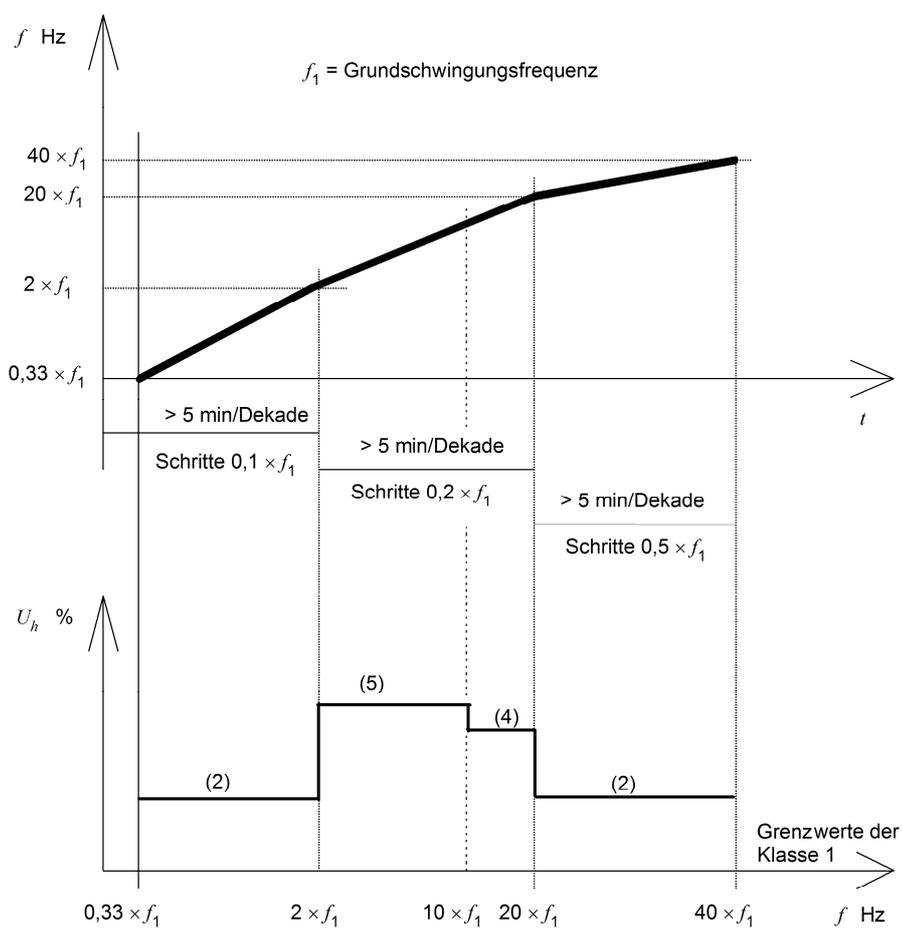


Bild 3 – Beispiel für einen Prüfaufbau für dreiphasige Prüflinge



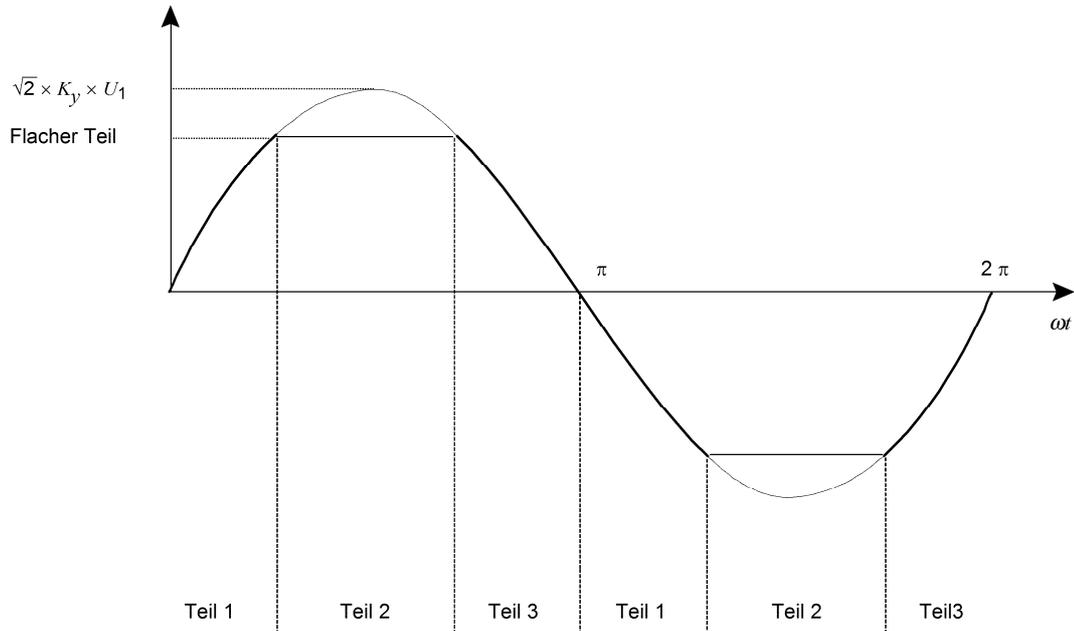
ANMERKUNG Der Effektivwert bleibt während aller Oberschwingungsprüfungen konstant.

Bild 4 – Prüfreihenfolge für einzelne Oberschwingungen



ANMERKUNG U_h = Wert der überlagerten Oberschwingungen in %.

**Bild 5 – Beispiel für die Prüfung mit „Frequenzdurchlauf“
 (z. B. für Geräte der Klasse 1 nach [Tabelle 9](#))**



Beispiele mit $U_1 = 230$ V:

Für Klasse 1: $K_1 = 1,013$ 3

Spitzenspannung: $U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 329,6$ V

Spannung des flachen Teils:
 $0,95 \times U_1 \times K_1 \times \sqrt{2} = 313,1$ V

Für Klasse 2: $K_2 = 1,037$ 9

Spitzenspannung: $U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 337,6$ V

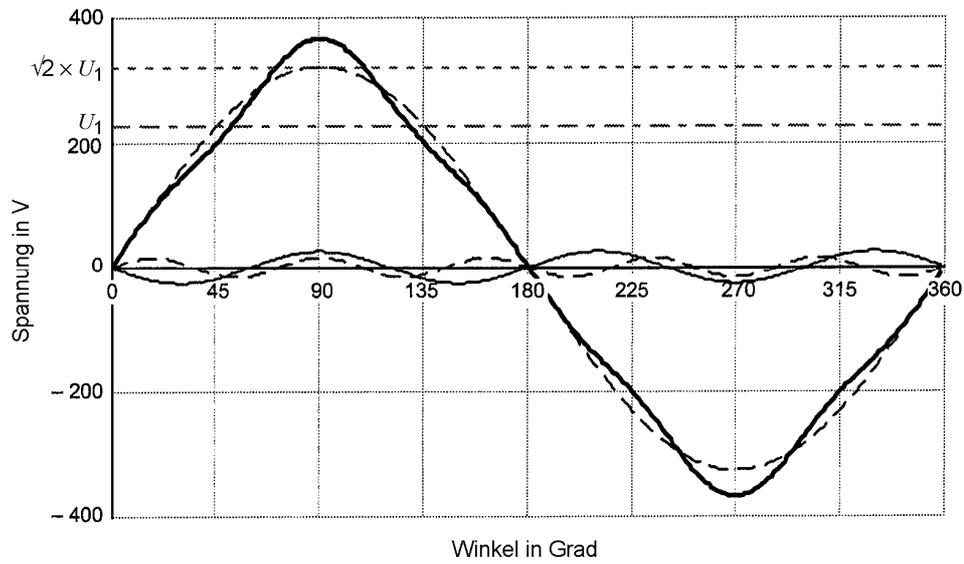
Spannung des flachen Teils:
 $0,9 \times U_1 \times K_2 \times \sqrt{2} = 303,8$ V

Für Klasse 3: $K_3 = 1,111$ 7

Spitzenspannung: $U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 361,6$ V

Spannung des flachen Teils:
 $0,8 \times U_1 \times K_3 \times \sqrt{2} = 289,3$ V

Bild 6 – Kurvenform „flache Kurve“



Beispiel für die Klasse 3:

$U_{rms} = 230 \text{ V}$ (resultierende Spannung)

$U_1 = 229 \text{ V}$ (Grundschwingungsspannung)

$h = 3: 8 \%$ von $U_1 / 180^\circ$

$h = 5: 5 \%$ von $U_1 / 0^\circ$

Bild 7 – Kurvenform „Überschwingen“

Anhang A (informativ)

Impedanznetzwerk zwischen Spannungsquelle und Prüfling

Die meisten Prüfgeneratoren haben eine sehr niedrige, nahe bei null liegende Impedanz, die für die Prüfung kein Problem bereitet. Jedoch kann durch ein Produktkomitee festgelegt werden, dass ein Impedanznetzwerk wünschenswert ist, um mögliche Resonanzen zwischen dem Netz und dem Prüfling zu finden, die durch Oberschwingungen hervorgerufen werden können; hierfür wird die Verwendung des Impedanznetzwerks nach IEC 60725 vorgeschlagen.

Als Ergebnis von LC-Resonanzkreisen, die durch die Netzleitungsimpedanz und Kapazität(en) innerhalb eines Prüflings gebildet werden, können Resonanzerscheinungen, die durch Quellen von Oberschwingungsspannungen angeregt werden, auftreten. Diese Resonanzerscheinungen können den ordnungsgemäßen Betrieb eines Prüflings beeinflussen.

Dies führt zur Notwendigkeit, eine Impedanz zwischen der Quelle für die Grund- und Oberschwingungsspannung und dem Prüfling zu schalten. Das Auftreten von Netzstörgrößen ist wahrscheinlich bei Oberschwingungen mit niedriger Frequenz und hohen Pegeln, wenn Letztere diese Resonanzkreise anregen.

Das Impedanznetzwerk nach IEC 60725 (Phase $Z = (0,24 + j 0,15) \Omega$, Nullleiter $Z = (0,16 + j 0,10) \Omega$ bei 50 Hz) wurde für die Einschaltung in den Prüfaufbau zwischen der Quelle und dem Prüfling festgelegt, um mögliche zerstörende Resonanzerscheinungen, die durch Oberschwingungen angeregt werden, zu entdecken.

Als repräsentative Impedanz für 60-Hz-Netze werden folgende Werte vorgeschlagen:

- für 120 V / 208 V (Phase $Z = (0,10 + j 0,04) \Omega$, Nullleiter $Z = (0,10 + j 0,03) \Omega$);
- für 347 V / 600 V (Phase $Z = (0,29 + j 0,07) \Omega$, Nullleiter $Z = (0,30 + j 0,04) \Omega$).

Produktkomitees besitzen die Freiheit, zusätzliche Prüfungen mit anderen Impedanzwerten, die im Hinblick auf das Zusammenwirken mit dem Prüfling als von bedeutendem Interesse angesehen werden, festzulegen.

Anhang B (informativ)

Resonanzpunkt

Eine Resonanzfrequenz kann z. B. angenommen werden, wenn die Oberschwingungs- oder zwischenharmonischen Ströme bei einer konstanten Oberschwingungsspannungsamplitude einen Höchstwert bei einer Frequenz f_{res} erreichen und der Strom im Frequenzbereich von f_{res} bis $1,5 f_{\text{res}}$ um 3 dB ansteigt. Eine Resonanzfrequenz kann beträchtliche thermische Störungen verursachen. Wärmewirkungen werden in dieser Norm nicht betrachtet.

In der Praxis treten Resonanzen insbesondere bei höheren Frequenzen auf.

Beispiel:

Ein Transformator wird durch eine Kapazität belastet. Die Kapazität verursacht einen ansteigenden Transformatorstrom bei steigender Frequenz. Wenn die Streuinduktivität des Transformators und die Kapazität eine Resonanz verursachen, kann eine Spitze in der Amplitude des Stromes auftreten. Wenn die Frequenz weiter erhöht wird, sinkt der Transformatorstrom ab.

Die Oberschwingungs- und zwischenharmonischen Ströme können im Transformator Zusatzverluste erzeugen. Dieses Zusammenwirken kann eine Minderung des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens eines Prüflings verursachen. Auf Grund dieser Zusatzverluste auftretende Erwärmungserscheinungen werden in dieser Norm nicht betrachtet.

Anhang C (informativ)

Elektromagnetische Umgebungsklassen

Die folgenden Klassen der elektromagnetischen Umgebung wurden aus IEC 61000-2-4 zusammengefasst.

Klasse 1

Diese Klasse gilt für geschützte Versorgungen und besitzt Verträglichkeitspegel, die kleiner als die Pegel für öffentliche Netze sind. Sie bezieht sich auf den Betrieb von Geräten, die sehr empfindlich auf Störgrößen in der Stromversorgung reagieren, z. B. die elektrische Ausrüstung von technischen Laboratorien, einige Automatisierungs- und Schutzeinrichtungen, einige Datenverarbeitungseinrichtungen usw.

ANMERKUNG 1 Umgebungen der Klasse 1 enthalten üblicherweise Geräte, die den Schutz durch Einrichtungen wie z. B. unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) oder Filter erfordern.

ANMERKUNG 2 Wenn eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit hohem Störpegel verwendet wird, sollte die Klasse 2 angewendet werden.

Klasse 2

Diese Klasse gilt allgemein für Verknüpfungspunkte mit dem öffentlichen Netz (en: PCC) (für Kundensysteme) und für anlageninterne Anschlusspunkte (en: IPC) in der industriellen Umgebung im Allgemeinen. Die Verträglichkeitspegel für diese Klasse sind identisch mit denjenigen für öffentliche Netze. Deshalb können Komponenten, die für den Betrieb am öffentlichen Netz entwickelt wurden, in dieser Klasse der industriellen Umgebung benutzt werden.

Klasse 3

Diese Klasse gilt nur für anlageninterne Anschlusspunkte (en: IPC) in industriellen Umgebungen. Sie besitzt für einige Störgrößen höhere Verträglichkeitspegel als diejenigen der Klasse 2. Zum Beispiel sollte diese Klasse in Erwägung gezogen werden, wenn eine der folgenden Bedingungen zutrifft:

- Ein Hauptanteil der Last wird durch Stromrichter gespeist;
- Schweißmaschinen sind vorhanden;
- große Motoren werden häufig gestartet;
- Lasten schwanken schnell.

ANMERKUNG 3 Die Versorgung von stark störenden Lasten, wie Lichtbogenöfen und große Stromrichter, die im Allgemeinen über eine eigene Sammelschiene versorgt werden, weist häufig Störpegel oberhalb der Klasse 3 auf (raue Umgebung). In solchen besonderen Fällen sollten die Verträglichkeitspegel vereinbart werden.

ANMERKUNG 4 Die Klasse, die für neue Anlagen und Erweiterungen bestehender Anlagen anwendbar ist, sollte auf die vorgesehene Art des Geräts und des Prozesses bezogen werden.

Literaturhinweise

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 60068-1:1994 (nicht modifiziert).

IEC 60725, *Considerations on reference impedances for use in determining the disturbance characteristics of household appliances and similar electrical equipment*

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

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61000-2-4:1994 (nicht modifiziert).

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60050-161	– ¹⁾	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility	–	–
IEC 61000-2-2	– ¹⁾	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low voltage power supply systems	ENV 61000-2-2	2002 ²⁾
IEC 61000-3-2 (mod)	– ¹⁾	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current up to and including 16 A per phase)	ENV 61000-3-2	2000 ²⁾
IEC 61000-4-7	– ¹⁾	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto	EN 61000-4-7	1993 ²⁾

¹⁾ (Undatierte Verweisung.)

²⁾ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.