

Elektroakustische Geräte

Teil 3: Verstärker
(IEC 60268-3:2000)
Deutsche Fassung EN 60268-3:2000

DIN**EN 60268-3**

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm

IEC 60268-3

ICS 33.160.10

Sound system equipment –
Part 3: Amplifiers
(IEC 60268-3:2000);
German version EN 60268-3:2000

Equipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 3: Amplificateurs
(CEI 60268-3:2000);
Version allemande EN 60268-3:2000

Ersatz für
DIN IEC 60268-3:1993-11
Siehe Beginn der Gültigkeit

Die Europäische Norm EN 60268-3:2000 hat den Status einer Deutschen Norm.**Beginn der Gültigkeit**

Die EN 60268-3 wurde am 2000-11-01 angenommen.
Daneben darf die Norm DIN IEC 60268-3:1993-11 noch bis 2003-11-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 742 „Audio-, Video- und Multimediasysteme, -geräte und -komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 100C/40/CD:1997-03.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2005 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

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

Änderungen

Neben einer redaktionellen Überarbeitung wurden gegenüber DIN IEC 60268-3:1993-11 folgende Änderungen vorgenommen:

a) Entfallen sind die bisherigen Abschnitte:

- Abschnitt 8 Besondere Anleitungen für den Betrieb;
- Abschnitt 26 Äußere Einflüsse;
- Abschnitt 27 Magnetisches Streufeld;
- Abschnitt 31 Klassifizierung der anzugebenden Eigenschaften.

Fortsetzung Seite 2 und 3
und 52 Seiten EN

- b) Ergänzt bzw. technisch geändert wurden Festlegungen zu:
- Eingangs- und Nenn-Lastimpedanz;
 - Stabilität des Ausgangssignals;
 - Schutzschaltungen;
 - Betriebszeit für (verzerrungsbegrenzte) Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung;
 - dynamischem Intermodulationsfaktor;
 - Symmetrie der Ein- und Ausgänge.
- c) Neu hinzugekommen sind Informationen über symmetrische Schnittstellen.

Frühere Ausgaben

DIN 45403-1: 1963-06
 DIN 45403-2: 1963-06
 DIN 45403-3: 1963-06, 1975-01
 DIN 45403-4: 1963-06, 1975-01
 DIN 45404: 1966-03, 1974-08
 DIN 45565: 1962-09
 DIN 45566: 1962-09
 DIN 45567: 1962-09
 DIN IEC 60268-3: 1991-01, 1993-11

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 60065:1998*)	IEC 60065:1998	DIN EN 60065 (VDE 0860):1999-10	VDE 0860
HD 483.1 S2:1989	IEC 60268-1:1985 A1:1988 A2:1988	DIN IEC 60268-1:1988-07	–
HD 483.2 S2:1993	IEC 60268-2:1987 A1:1991	DIN IEC 60268-2:1994-08	–
EN 60417-1:1999	IEC 60417-1:1998	DIN EN 60417-1:2000-05	–
EN 61000-4-17:1999	IEC 61000-4-17:1999	DIN EN 61000-4-17 (VDE 0847 Teil 4-17):2000-02	VDE 0847 Teil 4-17
–	IEC 61000-4-29:2000	DIN EN 61000-4-29 (VDE 0847 Teil 4-29):1999-04	VDE 0847 Teil 4-29
EN 61938:1997	IEC 61938:1996	DIN EN 61938:1997-07	–

*) nicht übereinstimmend

Nationaler Anhang NB
(informativ)
Literaturhinweise

- DIN EN 60065 (VDE 0860), *Audio-, Video- und ähnliche elektronische Geräte – Sicherheitsanforderungen (IEC 60065:1998, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60065:1998.*
- DIN EN 60417-1, *Graphische Symbole für Betriebsmittel – Teil 1: Übersicht und Anwendung (IEC 60417-1:1998); Dreisprachige Fassung EN 60417-1:1998.*
- DIN EN 61000-4-17 (VDE 0847 Teil 4-17), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-17: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Wechselanteile der Spannung an Gleichstrom-Netzanschlüssen (IEC 61000-4-17:1999); Deutsche Fassung EN 61000-4-17:1999.*
- DIN EN 61938, *Audio-, Video- und audiovisuelle Anlagen – Zusammenschaltungen und Anpassungswerte – Empfohlene Anpassungswerte für analoge Signale (IEC 61938:1996); Deutsche Fassung EN 61938:1997.*
- DIN IEC 60268-1, *Elektroakustische Geräte – Allgemeines; Identisch mit IEC 60268-1:1985 (Stand 1988).*
- DIN IEC 60268-2, *Elektroakustische Geräte – Teil 2: Allgemeine Begriffe und Berechnungsverfahren (IEC 60268-2:1987 + A1:1991); Deutsche Fassung HD 483.2 S2:1993.*
- DIN EN 61000-4-29 (VDE 0847 Teil 4-29), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-29: Prüf- und Messverfahren: Prüfung der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen an Gleichstrom-Netzeingängen (IEC 77A/264/CDV:1998); Deutsche Fassung prEN 61000-4-29:1998.*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Elektroakustische Geräte
Teil 3: Verstärker
(IEC 60268-3:2000)

Sound system equipment
Part 3: Amplifiers
(IEC 60268-3:2000)

Equipements pour systèmes électroacoustiques
Partie 3: Amplificateurs
(CEI 60268-3:2000)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-11-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, 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 100C/147/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60268-3, ausgearbeitet von dem IEC SC 100 „Audio, video and multimedia subsystems and equipment“ des IEC TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1. November 2000 als EN 60268-3 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt HD 483.3 S2:1992.

Diese EN 60268-3 muss in Verbindung mit HD 483.1 S2:1989 und HD 483.2 S2:1993 angewendet werden.

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): 2001-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-11-01

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60268-3:2000 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

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

IEC 60098	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 337 S3:1989 (nicht modifiziert).
IEC 60268-6	ANMERKUNG	Zusammen mit A1:1993 harmonisiert als EN 60268-5:1996 (nicht modifiziert).
IEC 61606	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61606:1997 (nicht modifiziert).

Inhalt	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Bedingungen	7
3.1 Nennbedingungen und Norm-Messbedingungen	7
3.1.1 Einführung	7
3.1.2 Nennbedingungen	8
3.1.3 Norm-Messbedingungen	9
3.2 Weitere Bedingungen	9
4 Betriebsklassen	9
5 Auswechselbare Teile	9
6 Automatische Einstellungen	9
7 Stromversorgung	9
8 Stellung der Lautstärkesteller	10
9 Vorbereitung zur Messung	10
10 Messreihen	10
11 Gerät mit veränderlicher Leistungsaufnahme	10
12 Kennzeichnung	11
13 Betriebsumgebung	11
14 Anzugebende Eigenschaften und ihre Messverfahren	11
14.1 Eigenschaften der Stromversorgung	11
14.1.1 Anzugebende Eigenschaften	11
14.1.2 Messverfahren	11
14.2 Grenzabweichungen der (Langzeit-)Änderungen der Versorgungsspannung	12
14.2.1 Anzugebende Eigenschaft	12
14.2.2 Messverfahren	12
14.3 Grenzabweichungen der Frequenz der Stromversorgung	13
14.3.1 Anzugebende Eigenschaften	13
14.3.2 Messverfahren	13
14.4 Grenzabweichungen der Oberwellen und der Welligkeit der Stromversorgung	13
14.4.1 Anzugebende Eigenschaften	13
14.4.2 Messverfahren	14
14.5 Eigenschaften des Eingangs	14

14.5.1	Nenn-Quellimpedanz, anzugebende Eigenschaft	14
14.5.2	Eingangsimpedanz.....	14
14.5.3	Nenn-Quell-EMK, anzugebende Eigenschaft.....	16
14.5.4	Mindest-Quell-EMK für verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung	16
14.6	Eigenschaften des Ausgangs	16
14.6.1	Nenn-Lastimpedanz, anzugebende Eigenschaft.....	16
14.6.2	Ausgangs-Quellimpedanz	17
14.6.3	Ausgangsspannung und -leistung (verzerrungsbegrenzt)	17
14.6.4	Stabilität (des Ausgangssignals)	18
14.6.5	Übersteuerungs-Erholungszeit	19
14.7	Begrenzungs-Eigenschaften	19
14.7.1	Übersteuerungs-Quell-EMK	19
14.7.2	Höchste Kurzzeit-Ausgangsspannung und -leistung	20
14.7.3	Höchste Langzeit-Ausgangsspannung und -leistung	20
14.7.4	Temperaturbegrenzte Ausgangsleistung	21
14.8	Eigenschaften der Schutzschaltungen	22
14.8.1	Einführung	22
14.8.2	Schutz gegen Kombinationen von Ausgangsspannung und -strom, die Beschädigungen verursachen dürfen	22
14.8.3	Eigenschaften der Schutzschaltung gegen Gleichspannungs-Offset	23
14.9	Betriebszeit für die (verzerrungsbegrenzte) Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung	24
14.9.1	Einführung	24
14.9.2	Anzugebende Eigenschaft	26
14.9.3	Messverfahren	26
14.10	Verstärkung	26
14.10.1	Spannungsverstärkung und EMK-Verstärkung	26
14.10.2	Höchste EMK-Verstärkung	26
14.10.3	Dämpfungscharakteristik des Lautstärkestellers.....	27
14.10.4	Dämpfungscharakteristik der Balancesteller von Mehrkanalgeräten	27
14.11	Frequenzgänge.....	28
14.11.1	Verstärkungs-Frequenzgang	28
14.11.2	Verstärkungsbegrenzter Übertragungsbereich	28
14.11.3	Verzerrungsbegrenzter Übertragungsbereich	29
14.11.4	Phasen-Frequenzgang.....	29
14.12	Amplituden-Nichtlinearität	29
14.12.1	Einführung	29
14.12.2	Nenn-Gesamtklirrfaktor	29
14.12.3	Gesamtklirrfaktor unter Norm-Messbedingungen.....	30
14.12.4	Gesamtklirrfaktor als Funktion der Amplitude und Frequenz.....	30
14.12.5	Klirrfaktor n -ter Ordnung unter Norm-Messbedingungen	31
14.12.6	Klirrfaktor n -ter Ordnung als eine Funktion von Amplitude und Frequenz	32
14.12.7	Modulationsfaktor n -ter Ordnung (mit $n = 2$ oder $n = 3$)	32

14.12.8	Differenztonfaktor n -ter Ordnung (mit $n = 2$ oder $n = 3$)	34
14.12.9	Dynamischer Intermodulationsfaktor (DIM).....	35
14.12.10	Gesamt-Differenztonfaktor	37
14.12.11	Bewerteter Gesamtklirrfaktor.....	38
14.13	Störgeräusch	38
14.13.1	Anzugebende Eigenschaft.....	38
14.13.2	Messverfahren	39
14.14	Brumm	39
14.14.1	Einführung	39
14.14.2	Anzugebende Eigenschaften.....	40
14.14.3	Messverfahren	40
14.15	Symmetrie der Ein- und Ausgänge.....	41
14.15.1	Symmetrie des Eingangs.....	41
14.15.2	(Verzerrungsbegrenzte) Übersteuerungs-Gleichtakt-Eingangsspannung (Spitze-Spitze)	41
14.15.3	Symmetrie des Ausgangs.....	42
14.16	Übersprechen und Kanaltrennung in Mehrkanalverstärkern	43
14.16.1	Anzugebende Eigenschaft.....	43
14.16.2	Messverfahren	43
14.17	Verstärkungs- und Phasenunterschiede zwischen den Kanälen von Mehrkanalverstärkern	45
14.17.1	Verstärkungsunterschied.....	45
14.17.2	Phasenunterschied	45
14.18	Maße und Gewicht	46
14.18.1	Anzugebende Eigenschaften.....	46
Anhang A (informativ) Symmetrische Schnittstellen		51
Literaturhinweise.....		51
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen		52
Bilder		
Bild 1	– Anordnungen zur Messung der Eingangsimpedanz	46
Bild 2	– Oszillogramm bei Messung der Übersteuerungs-Erholungszeit (siehe 14.6.5).....	47
Bild 3	– Schutz gegen Kombinationen von Ausgangsspannung und -strom, die Beschädigungen verursachen können.....	48
Bild 4	– Anordnung für das Kombinieren von zwei Eingangssignalen (siehe 14.12.7 bis 14.12.10).....	49
Bild 5	– Frequenzspektrum unter 30 kHz des Signals für die Messung der dynamischen Intermodulationsverzerrungen (siehe 14.12.9.2).....	49
Bild 6	– Anordnung zur Messung der Symmetrie eines symmetrischen Eingangs (siehe 14.15.1.2).....	50
Bild 7	– Anordnung zur Messung der Symmetrie eines symmetrischen Ausgangs (siehe 14.15.2.2).....	50
Bild 8	– Anordnung zur Messung der Spannungssymmetrie eines symmetrischen Ausgangs (siehe 14.15.3.4)	50

Tabellen

Tabelle 1 – Unterschiedliche Spezifikationen von Nenn-Gesamtklirrfaktor und verzerrungsbegrenzter Nenn-Ausgangsleistung für denselben Verstärker	25
Tabelle 2 – Durch dynamische Intermodulation verursachte Verzerrungskomponenten, die in den Frequenzbereich bis zu 20 kHz fallen	35

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60268 gilt für analoge Verstärker und die analogen Teile von analog/digitalen Verstärkern als Teil einer elektroakustischen Anlage für professionelle oder Heimanwendungen. Sie legt die Eigenschaften, die in den Spezifikationen der Verstärker enthalten sein sollten, und die entsprechenden Messverfahren fest.

ANMERKUNG Messverfahren für digitale Verstärker werden in IEC 61606 [6]¹⁾ angegeben.

Im Allgemeinen beziehen sich die angegebenen Messverfahren unmittelbar auf die Eigenschaften. Dies schließt die Anwendung von anderen Messverfahren, die entsprechende Ergebnisse bringen, nicht aus.

Im Allgemeinen basieren die Verfahren auf den einfachsten Messgeräten, die brauchbare Ergebnisse liefern. Dies schließt die Verwendung von komplexeren Geräten nicht aus, die höhere Genauigkeit ergeben und/oder automatische Messung und Aufzeichnung der Ergebnisse ermöglichen.

Nennbedingungen und Norm-Messbedingungen werden angegeben, um zuverlässig reproduzierbare Messungen zu ermöglichen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieses Teils der IEC 60268 sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm 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 Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

EN 60065:1998, *Audio-, Video- und ähnliche elektronische Geräte – Sicherheitsanforderungen.*

IEC 60268-1:1985 + A1:1988, *Elektroakustische Geräte; Allgemeines.*

HD 483.2 S2:1993, *Elektroakustische Geräte – Teil 2: Allgemeine Begriffe und Berechnungsverfahren (IEC 60268-2:1987 + A1:1991).*

EN 60417-1:1998, *Graphische Symbole für Betriebsmittel – Teil 1: Übersicht und Anwendung.*

EN 61000-4-17:1999, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-17: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Wechselanteile der Spannung an Gleichstrom-Netzanschlüssen.*

EN 61000-4-29:2000, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-29: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen an Gleichstrom-Netzeingängen²⁾.*

EN 61938:1997, *Audio-, Video- und audiovisuelle Anlagen – Zusammenschaltungen und Anpassungswerte – Empfohlene Anpassungswerte für analoge Signale.*

3 Bedingungen

3.1 Nennbedingungen und Norm-Messbedingungen

3.1.1 Einführung

Um eine einfache Angabe dafür zu erhalten, wie der Verstärker zur Messung aufgestellt werden muss, sind in dieser Norm bestimmte Gruppen von Bedingungen unter den Überschriften „Nennbedingungen“ bzw. „Norm-Messbedingungen“ definiert.

Eine ausführliche Erklärung der Vorsilbe „Nenn“ wird in EN 60268-2 gegeben.

Die Nennbedingungen für Verstärker sind:

- Nenn-Versorgungsspannung;
- Nenn-Quellimpedanz;

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf Literaturhinweise.

²⁾ Zu veröffentlichen.

- Nenn-Quell-EMK;
- Nenn-Lastimpedanz;
- Nenn-Gesamtklirrfaktor oder (verzerrungsbegrenzte) Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung;
- mechanische und klimatische Nennbedingungen.

ANMERKUNG 1 Gesamtklirrfaktor und (verzerrungsbegrenzte) Ausgangsspannung oder -leistung sind voneinander abhängig. Beide können nicht gleichzeitig als Nennbedingungen genommen werden, weil üblicherweise ein gegebenes Muster eines Verstärkers bei der Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung einen geringeren als den Gesamtklirrfaktor haben wird.

ANMERKUNG 2 Wenn die Frequenz der Stromversorgung einen Einfluss hat, stellt sie auch eine Nennbedingung dar.

Um einwandfreie Bedingungen für die Messung zu erhalten, müssen die Werte für die oben genannten Nennbedingungen den Datenangaben des Herstellers entnommen werden. Die Werte selbst sind nicht Gegenstand der Messungen, aber sie sind die Grundlage für die Messung der anderen Eigenschaften.

Messverfahren für diese anderen Eigenschaften werden in dieser Norm beschrieben, und vom Hersteller wird gefordert oder ihm freigestellt, „Nennwerte“ für diese Eigenschaften in den Datenblättern der Geräte anzugeben. Es sind dies:

- Nenn-Spannungsverstärkung;
- verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung (wenn nicht als Nennbedingung angenommen);
- Nenn-Störspannungsabstand;
- äquivalente Nenn-Geräusch-Quell-EMK.

3.1.2 Nennbedingungen

Ein als Vierpol betrachteter Verstärker muss im Hinblick auf das angegebene Paar von Eingangsanschlüssen und auf das angegebene Paar von Ausgangsanschlüssen als unter Nennbedingungen betrieben angesehen werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) der Verstärker ist an die Nenn-Stromversorgung angeschlossen;
- b) die Quell-EMK ist in Reihe mit der Nenn-Quellimpedanz mit den Eingangsanschlüssen verbunden;

ANMERKUNG Bei einem Verstärker mit mehreren identischen Kanälen sollte das Eingangssignal gleichzeitig an alle entsprechenden Paare der Eingangsanschlüsse angelegt werden.

- c) die Ausgangsanschlüsse sind mit der Nenn-Lastimpedanz abgeschlossen;
- d) die während der Messung nicht benutzten Anschlüsse sind, wenn erforderlich, wie vom Hersteller angegeben, abgeschlossen;
- e) die Quell-EMK ist eine Sinusspannung geeigneter Frequenz und gleich der Nenn-Quell-EMK. Wenn es keinen besonderen entgegenstehenden Grund gibt, muss diese Frequenz die Norm-Bezugsfrequenz von 1000 Hz nach IEC 60268-1 sein.

Ein solcher Grund könnte sein, dass die Norm-Bezugsfrequenz außerhalb oder nahe bei den Grenzen des Übertragungsbereiches des Verstärkers liegt;

- f) ein ggf. vorhandener Lautstärkesteller wird so eingestellt, dass an den Ausgangsanschlüssen die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung entsteht;
- g) mit ggf. vorhandenen Klangstellern wird mit anzugebender Stellerposition eine anzugebende Frequenzkurve, im Allgemeinen eine ebene Frequenzkurve, eingestellt;
- h) ggf. vorhandene Balancesteller werden in ihre mechanische Mittelposition gestellt;
- i) die mechanischen und klimatischen Nennbedingungen entsprechen IEC 60268-1.

Verstärker, bei denen die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsleistung die temperaturbegrenzte Nenn-Ausgangsleistung übersteigt, werden wahrscheinlich unzulässig heiß, wenn sie über eine längere Zeit unter Nennbedingungen arbeiten. Diese Verstärker dürfen nicht länger unter Nennbedingungen betrieben werden, als der Verstärker dies zulässt.

3.1.3 Norm-Messbedingungen

Für Norm-Messbedingungen wird der Verstärker unter Nennbedingungen betrieben (siehe 3.1.2) und dann die Quell-EMK auf einen Pegel von -10 dB, bezogen auf die Nenn-Quell-EMK, abgesenkt.

3.2 Weitere Bedingungen

Wenn zusätzliche Eigenschaften des Verstärkers angegeben werden, die für andere als die Nenn- oder die Norm-Messbedingungen gelten, z. B. bei anderen Frequenzen oder bei anderen Einstellungen der Steller, dann müssen diese Bedingungen bei den angegebenen Eigenschaften vollständig definiert werden. Diese Bedingungen müssen, wenn möglich, den Empfehlungen in den betreffenden Abschnitten dieser Norm folgend gewählt werden.

Die Verfahren für zusätzliche Messungen dürfen von den Messverfahren abgeleitet werden, die für die Normbedingungen angegeben sind. Wenn besondere Vorkehrungen erforderlich sind, um die Genauigkeit zu erhalten, müssen diese zusammen mit den angewendeten Messverfahren angegeben werden.

4 Betriebsklassen

Klasse A: Der Strom in jedem den Laststrom liefernden aktiven Bauelement ist während jeder Periode des Signals für alle Werte des Laststromes größer als Null. Dies gilt für alle Werte des Laststromes bis und einschließlich dem durch die Nenn-Ausgangsleistung oder -spannung und die Nenn-Lastimpedanz bestimmten Wert.

Klasse B: Der Strom in jedem den Laststrom liefernden aktiven Bauelement ist genau für die Hälfte jeder Periode des Laststromes Null.

ANMERKUNG Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Ausdruck Klasse B auf den Fall ausgedehnt, in dem der Strom geringfügig länger als genau die Hälfte der Periode fließt.

Klasse AB: Der Strom ist in mindestens einem der den Laststrom liefernden aktiven Bauelemente in einem bestimmten Teil jeder Periode des Laststromes Null, wenn der Laststrom in einem bestimmten Bereich der Werte liegt, der nicht den durch die Nenn-Ausgangsleistung oder -spannung und die Nenn-Lastimpedanz gegebenen Wert übersteigt.

ANMERKUNG Bei genügend kleinen Signalpegeln arbeitet ein Klasse-AB-Verstärker üblicherweise in Klasse A.

Klasse D: Der Strom in jedem den Laststrom liefernden aktiven Bauelement wird durch ein Trägersignal, das mit dem Nutzsignal moduliert ist, zwischen Null und einem Höchstwert geschaltet.

ANMERKUNG Es sind weitere Betriebsklassen angewendet worden, ohne dass formale Definitionen dieser Klassen zur Normung vorgeschlagen worden sind.

5 Auswechselbare Teile

Für Typprüfungen müssen auswechselbare Teile Eigenschaften haben, die – so dicht wie vernünftigerweise machbar – bei dem für diese Teile angegebenen Mittelwert liegen.

Für Messungen an einem speziellen Mustergerät müssen die mit diesem Verstärker gelieferten auswechselbaren Teile benutzt werden.

6 Automatische Einstellungen

Der Verstärker kann automatische Regelschaltungen enthalten, wie z. B. Begrenzer, Kompressoren, Expander und elektronische Überblendschaltungen. Diese Schaltungen ergeben bestimmte Eigenschaften des Verstärkers, die entweder von dem den Verstärker selbst durchlaufenden Signal oder von einem externen Steuersignal abhängen. Bei der Messung der Eigenschaften solcher Verstärker müssen die automatischen Regelschaltungen außer Funktion gesetzt sein, außer wenn die Eigenschaften dieser Regelschaltungen gemessen werden.

7 Stromversorgung

Die Messungen müssen mit dem an der Nennstromversorgung angeschlossenen Verstärker durchgeführt werden. Es muss beachtet werden, dass die Versorgungsspannung während der Messung auf dem Nennwert gehalten wird. Wenn der Hersteller für die Stromversorgung Grenzabweichungen beansprucht, die $\pm 10\%$ übersteigen, dann müssen diese Eigenschaften auch für den oberen und unteren Grenzwert dieser Grenzabweichungen angegeben werden.

Zusätzliche Messungen dürfen bei den oberen und unteren Grenzwerten durchgeführt werden, die für die Versorgungsspannung, die Versorgungsfrequenz und die Oberwellen bei Wechselstromversorgung oder die Welligkeit bei Gleichstromversorgung als zulässig angesehen werden.

Achtung Die vom Hersteller angegebenen Grenzabweichungen der Versorgungsspannung dürfen nicht überschritten werden.

8 Stellung der Lautstärkesteller

Wenn eine Eigenschaft bei nur einer Stellung des Lautstärkestellers zu messen ist, muss der Lautstärkesteller für Nennbedingungen entsprechend 3.1.2 eingestellt sein, außer die Stellungen des Lautstärkestellers für größte oder kleinste Lautstärke gehört zu den zu messenden Eigenschaften.

Wenn die Eigenschaft bei verschiedenen Stellungen des Lautstärkestellers zu messen ist, muss die Einstellung für Nennbedingungen dabei sein. Andere bevorzugte Einstellungen sind Höchstwert, -3 dB, -6 dB, -10 dB, -20 dB und -40 dB, bezogen auf die Einstellung für Nennbedingungen.

Lautstärkesteller, die zu nicht zu messenden Kanälen gehören, müssen, wenn möglich, ganz zurückgedreht sein, außer es ist anders festgelegt.

9 Vorbereitung zur Messung

Vor Beginn der Messung muss der Verstärker ungefähr eine Stunde unter Norm-Messbedingungen oder, wie vom Hersteller angegeben, betrieben werden.

Vor dem Betrieb des Verstärkers sollten die Hinweise des Herstellers für die Inbetriebnahme sorgfältig durchgelesen werden.

Der Verstärker wird dann auf Norm-Messbedingungen gebracht (siehe 3.1.3). Aufgrund innerer Erwärmung kann sich die Ausgangsspannung nachträglich mit der Zeit ändern. Sofern dieser Effekt nicht außergewöhnlich stark ist, wird dieser während der Vorbereitungszeit nicht beachtet. Wenn die Vorbereitungszeit vorüber ist, muss der Verstärker, wie gefordert, unter Nennbedingungen oder Norm-Messbedingungen betrieben werden.

10 Messreihen

Wenn eine Messreihe durchgeführt wird, sollte der Verstärker in der Zeit zwischen den Messungen vorzugsweise unter Norm-Messbedingungen gehalten werden.

Wenn der Verstärker zwischen den Messungen für längere Zeit außer Betrieb gesetzt werden soll, dann muss vor jeder Messung die Vorbereitung zur Messung entsprechend Abschnitt 9 wiederholt werden, außer es kann gezeigt werden, dass es unnötig ist.

11 Gerät mit veränderlicher Leistungsaufnahme

Elektroakustische Geräte müssen als Geräte mit veränderlicher Leistungsaufnahme angesehen werden, wenn sie einen oder mehrere Leistungsverstärker enthalten, die in Klasse AB oder Klasse B arbeiten, dabei ist die Gleichstromversorgung der Endstufen entweder elektronisch durch ein in Reihe geschaltetes Steuerelement geregelt oder nicht geregelt.

ANMERKUNG 1 Geräte mit veränderlicher Leistungsaufnahme sind in IEC 60065, 4. Ausgabe (1976)¹⁾ als „Geräte, in denen infolge Änderung der Lastimpedanz der Ausgangsschaltung oder von Signalparametern die Leistungsaufnahme sich um mehr als 15 % ändern kann,“ definiert. In der 5. oder 6. Ausgabe gibt es jedoch keine Definition.

ANMERKUNG 2 Wenn die Gleichstrom-Versorgung durch ein parallel geschaltetes Steuerelement geregelt ist, ist die Leistungsaufnahme üblicherweise, aber nicht immer, weitgehend konstant. Das Gerät verhält sich jedoch in mancher Hinsicht wie ein Gerät mit veränderlicher Leistungsaufnahme, und insbesondere gilt noch der Text von 14.7.4.1.

Alle in dieser Norm enthaltenen Messungen können in den meisten Fällen ohne besondere Schwierigkeiten an Geräten mit veränderlicher Leistungsaufnahme durchgeführt werden. Es können jedoch bei der Messung von Brumm und der verzerrungsbegrenzten Ausgangsleistung bestimmte Schwierigkeiten auftreten. Einige zusätzliche Messungen sind nützlich, um die Leistungsfähigkeit solcher Geräte zu beurteilen (siehe Anmerkung zu 14.6.3.1 und 14.14.3, c)).

¹⁾ IEC 60065:1976, *Safety requirements for mains operated electronic and related apparatus for household and similar general use.*

12 Kennzeichnung

Regeln für die Kennzeichnung von Anschlüssen und Bedienungselementen werden in IEC 60268-1, gegeben.

Die Kennzeichnung darf sich beziehen auf:

- Sicherheit von Personen und Verhüten der Ausbreitung von Feuer im Sinne von EN 60065;
- Sicherheit im Falle falscher Verbindungen;
- den üblichen Betrieb betreffende Symbole entsprechend EN 60417.

Eine Kennzeichnung kann weder falschen Betrieb verhindern noch vollständige Gebrauchsanleitungen ersetzen. Sie muss deshalb zusammen mit entsprechenden Mitteln zur Verhütung von gefährlichem oder fehlerhaftem Betrieb und mit Betriebshinweisen in den Anleitungen für den Benutzer betrachtet werden. Es sollte beachtet werden, dass die Kennzeichnung eindeutig und so klar wie möglich verständlich ist.

Anschlüsse für Verbindungen von Geräten, die bei der Aufstellung ohne Benutzung eines Werkzeuges unzugänglich sind, müssen mit Hilfe der Aufstellanleitung des Herstellers klar und eindeutig erkennbar sein. Es darf vorausgesetzt werden, dass diese Anleitungen durch Fachleute gelesen werden.

13 Betriebsumgebung

Für Messungen, speziell für solche, die Temperaturmessungen enthalten, muss der Verstärker ähnlich aufgestellt werden, wie er benutzt wird. Einschränkungen der Aufstellung und spezielle Anforderungen an die Belüftung müssen durch den Hersteller angegeben werden und sind Bestandteil der Nennbedingungen (siehe 3.1.2). Siehe auch EN 60065 oder andere Sicherheitsnormen.

14 Anzugebende Eigenschaften und ihre Messverfahren

14.1 Eigenschaften der Stromversorgung

14.1.1 Anzugebende Eigenschaften

Die folgende Information (ausgenommen, wenn sie als wahlweise angegeben ist) muss vom Hersteller an der angezeigten Stelle für jedes Paar von Anschlüssen an der Stromversorgung und, falls vorhanden, für jede Stellung des Stromversorgungs-Spannungswählers, angegeben werden:

- a) die Art der Stromversorgung (Gleichstrom oder Wechselstrom); am Gerät und in der Spezifikation;
- b) die Nenn-Versorgungsspannung (dies ist eine Nennbedingung, siehe 3.1.2); am Gerät und in der Spezifikation;
- c) die Frequenz oder der Frequenzbereich der Stromversorgung (dies kann eine Nennbedingung sein, siehe 3.1.2); am Gerät und in der Spezifikation;
- d) die unter Nennbedingungen aufgenommene Leistung, angegeben in Watt; am Gerät und in der Spezifikation;
- e) bei Geräten mit veränderlicher Leistungsaufnahme (siehe Abschnitt 11) darf wahlweise die von der Stromversorgung aufgenommene Leistung als eine Funktion der Ausgangsspannung oder -leistung von Null bis zum Nennwert mit angegebener Lastimpedanz einschließlich der Nennlastimpedanz ausgedrückt werden. Diese Eigenschaft ist besonders bei Geräten von Wert, die mit Batterien betrieben werden können. Sie darf als Kurve dargestellt werden.

ANMERKUNG Wenn in den oben genannten Absätzen d) oder e) die Scheinleistung deutlich größer als die Wirkleistung ist, sollte die Scheinleistung zusätzlich angegeben werden.

14.1.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben.
- b) Die von der Stromversorgung aufgenommene Leistung wird mit einem Wattmeter in Watt gemessen:
 - 1) mit Nenn-Quell-EMK, siehe 14.5.3;
 - 2) mit der Quell-EMK nach Norm-Messbedingungen;
 - 3) bei Geräten mit veränderlicher Leistungsaufnahme für verschiedene Werte der Ausgangsspannung oder -leistung von Null bis zum Nennwert.

14.2 Grenzabweichungen der (Langzeit-)Änderungen der Versorgungsspannung

14.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Grenzabweichung der Änderung der Versorgungsspannung so, dass für jede Versorgungsspannung innerhalb der angegebenen Grenze:

- a) der obere Grenzwert der Arbeitsspannung unter allen üblichen Betriebsbedingungen nicht überschritten wird; dies gilt insbesondere für Bauelemente wie Halbleiter und Elektrolytkondensatoren;
- b) die Grenzabweichungen der Heizspannung von in dem Verstärker benutzten Elektronenröhren nicht überschritten werden;
- c) die zulässige Höchsttemperatur bei allen Bauelementen nicht überschritten wird, wenn der Verstärker mit Ausnahme der Versorgungsspannung längere Zeit unter Norm-Messbedingungen betrieben wird;
- d) weder die Ausgangsgrößen noch die Verstärkung sich übermäßig ändern;
- e) der Signal-Brumm-Abstand nicht mehr als -3 dB, bezogen auf den Nennwert, beträgt.

Verstärker, die für den Betrieb am Energieversorgungsnetz vorgesehen sind, werden im Allgemeinen an einer $\pm 10\%$ -Abweichung nicht übersteigenden Stromversorgung betrieben. Solche Abweichungen erfordern meist kein besonderes Konzept des Verstärkers.

Verstärker, die für den Betrieb an Batterien oder kleinen Wandlern vorgesehen sind, können größere Änderungen der Versorgungsspannung haben, die durch wechselnde Last, Temperatur der Batterie oder allmähliche Abnahme der Batteriespannung durch Alterung oder Entladung verursacht wurde.

Der Nennwert muss vom Hersteller in der Spezifikation angegeben werden. Wenn der Hersteller angibt, dass der Verstärker eine Änderung der Versorgungsspannung zulässt, die $\pm 10\%$ nicht übersteigt, dann wird die Erfüllung der Anforderungen a), b) und c) als innerhalb des Rahmens einer üblichen Verstärkerkonstruktion angesehen. Die Erfüllung der Anforderungen d) und e) müssen geprüft werden.

Wenn der Hersteller angibt, dass der Verstärker eine Änderung der Versorgungsspannung zulässt, die $\pm 10\%$ übersteigt, dann muss die vom Hersteller mitgelieferte Gebrauchsanleitung Einzelheiten über alle besonderen Einrichtungen zur Kompensation solcher Änderungen enthalten, und die einwandfreie Funktion dieser Einrichtungen muss, wenn möglich, geprüft werden. Die Erfüllung der Anforderungen a) bis e) muss geprüft werden.

14.2.2 Messverfahren

14.2.2.1 Temperatur

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben. Wenn eine temperaturbegrenzte Ausgangsleistung angegeben wird, muss die Quell-EMK so eingestellt werden, dass dieser Wert die Ausgangsleistung ergibt.
- b) Die Versorgungsspannung wird auf den vom Hersteller angegebenen oberen Grenzwert eingestellt und die Quell-EMK, wenn nötig, nachgestellt, um die in a) angegebene Spannung oder Leistung wiederherzustellen.
- c) Der Verstärker muss in der Lage sein, unter diesen Bedingungen mindestens 4 h zu arbeiten, ohne dass irgendein Bauelement die zulässige Höchsttemperatur überschreitet.

14.2.2.2 Änderungen der Ausgangsgrößen und der Verstärkung

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben, der Gesamtklirrfaktor wird nach dem in 14.12.3.2 angegebenen Verfahren gemessen.
- b) Die Quell-EMK E_s und die Ausgangsspannung U_2 werden gemessen.
- c) Die Versorgungsspannung wird stufenweise in dem vom Hersteller angegebenen Bereich geändert. Für jeden gewählten Wert der Versorgungsspannung wird die Quell-EMK E_s nachgestellt, um den anfänglichen Gesamtklirrfaktor zu erhalten, und die Quell-EMK E'_s und die Ausgangsspannung U'_2 werden gemessen.

ANMERKUNG Über den Bereich der erlaubten Versorgungsspannung sind, wenn keine Spannungsregelung vorgesehen ist, sowohl E'_s als auch U'_2 üblicherweise im Wesentlichen proportional der Versorgungsspannung.

14.2.2.3 Brumm

- a) Der Signal-Brumm-Abstand wird entsprechend 14.14 gemessen.
- b) Die Spannung der Stromversorgung wird stufenweise in dem vom Hersteller angegebenen Bereich geändert. Für jeden Wert der gewählten Spannung wird die Brummspannung gemessen und der Signal-Brumm-Abstand berechnet. Er wird als das Verhältnis der Nenn-Ausgangsspannung zu der gemessenen Brummspannung in dB ausgedrückt.

14.3 Grenzabweichungen der Frequenz der Stromversorgung

14.3.1 Anzugebende Eigenschaften

Die Grenzabweichungen der Frequenz der Stromversorgung muss so sein, dass für jede Frequenz der Stromversorgung innerhalb der angegebenen Grenzabweichungen:

- a) die zulässige Höchsttemperatur bei allen Bauelementen nicht überschritten wird, wenn der Verstärker mit Ausnahme der Stromversorgungsfrequenz, unter üblichen Arbeitsbedingungen mindestens 4 h betrieben wird;
- b) die Ausgangsspannung und der Gesamtklirrfaktor des Verstärkers sich nicht wesentlich ändern;
- c) der Signal-Brumm-Abstand gegenüber seinem Nennwert um nicht mehr als 3 dB reduziert wird.

Der Hersteller muss den Nennwert in der Spezifikation angeben.

Die Erfüllung der Anforderung a) wird als innerhalb des Rahmens übliche Verstärkerkonstruktion angesehen.

ANMERKUNG Es darf eine Erhöhung der Temperatur von Bauelementen besonders im Stromversorgungsteil an dem unteren Ende des Bereichs der Frequenz der Stromversorgung auftreten.

14.3.2 Messverfahren

14.3.2.1 Änderung von Ausgangsspannung und Gesamtklirrfaktor

- a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben, der Gesamtklirrfaktor wird nach dem in 14.12.4.2 angegebenen Verfahren gemessen.
- b) Die Quell-EMK E_s und die Ausgangsspannung U_2 werden gemessen.
- c) Die Frequenz der Stromversorgung wird in dem vom Hersteller angegebenen Bereich stufenweise verändert. Für jeden Wert der gewählten Frequenz der Stromversorgung werden die Ausgangsspannung U_2 und der Gesamtklirrfaktor gemessen.
- d) Weder die Spannung U_2 noch der Gesamtklirrfaktor dürfen sich innerhalb des angegebenen Bereiches der Frequenz der Stromversorgung wesentlich ändern.

14.3.2.2 Brumm

Das Messverfahren entspricht dem in 14.2.1.3 angegebenen, mit der Ausnahme, dass anstelle der Spannung die Frequenz der Stromversorgung variiert wird.

ANMERKUNG Der schlechteste Signal-Brumm-Abstand wird üblicherweise bei dem unteren Grenzwert der Frequenz der Stromversorgung gemessen.

14.4 Grenzabweichungen der Oberwellen und der Welligkeit der Stromversorgung

14.4.1 Anzugebende Eigenschaften

- a) Die Grenzabweichungen der Oberwellen der Stromversorgung müssen so sein, dass innerhalb des festgelegten Bereiches der Grenzabweichung:
 - 1) die durch Änderung des Verhältnisses Spitzen- zu Effektivwert der Versorgungsspannung verursachte Änderung der gleichgerichteten Versorgungsspannung die Änderung durch die zulässige Änderung der Versorgungsspannung entsprechend 14.2.1 nicht überschreitet;
 - 2) der Signal-Brumm-Abstand gegenüber seinem Nennwert um nicht mehr als 3 dB reduziert wird.

Anforderung 1) schließt ein, dass die Grenzabweichungen der Oberwellen des Wechselstromnetzes die kleinste Grenzabweichung, die für die Versorgungsspannung entsprechend 14.2.1 angegeben ist, weder positiv noch negativ überschreiten.

- b) Die Grenzabweichung der Welligkeit der Gleichstrom-Stromversorgung muss so sein, dass innerhalb des festgelegten Toleranzbereiches:
- 1) die Änderung der Versorgungsspannung die Änderung innerhalb der Grenzabweichungen der Versorgungsspannung entsprechend 14.2.1 nicht überschreitet;
 - 2) der Geräuschspannungsabstand gegenüber seinem Nennwert um nicht mehr als 3 dB reduziert wird.

Der Hersteller darf wahlweise diesen Bereich für die Grenzabweichungen in der Spezifikation angeben.

14.4.2 Messverfahren

- a) Oberwellen der Stromversorgung
Siehe künftige IEC 61000-4-13. [5]
- b) Welligkeit
Siehe EN 61000-4-17.
- c) Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen
Siehe EN 61000-4-29.

14.5 Eigenschaften des Eingangs

14.5.1 Nenn-Quellimpedanz, anzugebende Eigenschaft

Die vom Hersteller in der Spezifikation angegebene innere Impedanz der Quelle, die den Verstärker speist.

Wenn nicht anders angegeben, wird angenommen, dass die Nenn-Quellimpedanz ein konstanter Ohmscher Widerstand ist.

ANMERKUNG Der Hersteller darf auch den Bereich von Quellimpedanzen angeben, der in der Praxis als zulässig angesehen wird.

Wenn die Nenn-Quellimpedanz vom Hersteller nicht angegeben wird, muss eine geeignete Impedanz nach EN 61938 verwendet werden.

14.5.2 Eingangsimpedanz

14.5.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Die zwischen den Eingangsanschlüssen gemessene innere Impedanz:

- a) unter Norm-Messbedingungen; der Nennwert muss in der Spezifikation angegeben werden;
- b) bei anderen Signalfrequenzen; diese Eingangsimpedanzen dürfen wahlweise in der Spezifikation angegeben werden, außer wenn die Abweichung mit der Frequenz wesentlich ist (wie bei Eingängen für Magnettonköpfe oder Tonabnehmersysteme für analoge Schallplatten), bei denen genügend zusätzliche Daten angegeben werden müssen.

14.5.2.2 Messverfahren

In den in 14.5.2.2.1 und 14.5.2.2.2 angegebenen Verfahren wird der Betrag der Eingangsimpedanz gemessen. Wenn mehr Information benötigt wird (wie die Werte der Elemente einer Ersatzschaltung, die die Eingangsimpedanz in einem Frequenzbereich nachbilden), darf eines der in 14.5.2.2.3 oder 14.5.2.2.4 angegebenen Verfahren benutzt werden.

14.5.2.2.1 Symmetrischer Eingang

- a) Der Verstärker wird unter Benutzung einer erdfreien (oder chassisfreien) Quelle, wie in Bild 1a) gezeigt, unter Norm-Messbedingungen betrieben.
- b) Die Eingangsspannung U_1 wird mit einem Voltmeter mit symmetrischem Eingang gemessen, dessen Eingangsimpedanz gegenüber der Eingangsimpedanz des Verstärkers groß ist.
- c) Der Eingang des Verstärkers wird dann durch einen kalibrierten einstellbaren Widerstand ersetzt, der so eingestellt wird, dass das Voltmeter wieder U_1 anzeigt. Der Wert des einstellbaren Widerstandes ist dann gleich dem Betrag der Eingangsimpedanz des Verstärkers bei der Norm-Bezugsfrequenz.

- d) Die Messung darf bei anderen Frequenzen, vorzugsweise den Norm-Terzband-Mittenfrequenzen (siehe EN 60268-1) wiederholt werden.

ANMERKUNG 1 Wenn die Eingangsimpedanz des Verstärkers gegenüber dem Nenn-Quellwiderstand hoch ist, ist es schwierig, die Einstellung des veränderlichen Widerstandes, die eine Ablesung des Voltmeters von U_1 ergibt, durchzuführen. Mit anderen Worten: Die Empfindlichkeit des Messverfahrens ist niedrig. Dieser Effekt darf für diese Messung durch Vergrößern der Quellimpedanz auf den 10fachen Wert der Nenn-Quellimpedanz oder mehr überwunden werden.

ANMERKUNG 2 Die Eingangsimpedanz des Voltmeters beeinflusst auch die Empfindlichkeit der Messung. Sie sollte deshalb groß sein, verglichen mit der Parallelschaltung aus der für die Messung benutzten Quellimpedanz und der Eingangsimpedanz des Verstärkers.

ANMERKUNG 3 Die Stellung des Lautstärkestellers kann die Eingangsimpedanz beeinflussen. In diesem Fall sollten die Messungen bei verschiedenen Stellungen des Lautstärkestellers wiederholt und die Stellungen mit den Ergebnissen angegeben werden. Die Quell-EMK sollte so eingestellt werden, dass die Ausgangsspannung bei 10 dB unter dem Nennwert beibehalten bleibt, es sei denn, dazu müsste die Übersteuerungs-Quell-EMK überschritten werden.

14.5.2.2.2 Unsymmetrischer Eingang

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben, der Masse-Eingangsanschluss wird mit der Erde verbunden (siehe Bild 1b)).
- b) Die Eingangsspannung U_1 wird mit einem Voltmeter gemessen, dessen Eingangsimpedanz gegenüber der des Verstärkers groß ist.
- c) Der Eingang des Verstärkers wird dann durch einen kalibrierten einstellbaren Widerstand ersetzt, der so eingestellt wird, dass das Voltmeter wieder U_1 anzeigt. Der Wert des einstellbaren Widerstandes ist dann gleich dem Betrag der Eingangsimpedanz des Verstärkers bei der Norm-Bezugsfrequenz.
- d) Die Messung darf bei anderen Frequenzen wiederholt werden, vorzugsweise bei den Norm-Terzband-Mittenfrequenzen (siehe IEC 60268-1).

ANMERKUNG Siehe die Anmerkungen zu 14.5.2.2.1.

14.5.2.2.3 Messung der Eingangsimpedanz unter Verwendung einer Brücke

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben, und dann wird die Signalquelle durch die „unbekannten“ Anschlüsse einer geeigneten tonfrequenten Messbrücke ersetzt. Es ist unbedingt erforderlich sicherzustellen, dass der Verstärker durch das Signal von der Brücke nicht übersteuert wird.

ANMERKUNG 1 Eine geeignete Brücke verfügt über eine Einrichtung zur Einstellung der Spannung über die „unbekannten“ Anschlüsse (üblicherweise durch Einstellen der Eingangsspannung zu dem Brückennetzwerk).

ANMERKUNG 2 Bei einem symmetrischen Eingang darf ein hochqualitativer 1:1-Transformator zwischen Brücke und Eingangsanschlüssen des Verstärkers geschaltet werden, oder es darf eine batteriebetriebene Brücke benutzt werden.

- b) Die Brücke wird abgeglichen und die Eingangsimpedanz von der entsprechenden Skala abgelesen.

14.5.2.2.4 Messung der Eingangsimpedanz mit Hilfe von zwei Werten für den Quellwiderstand

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und der verstärkungsbegrenzte Übertragungsbereich gemessen (siehe 14.11.2).
- b) Die Messung wird mit einem bekannten Wert der Quellimpedanz, mindestens dem 10fachen der Nenn-Quellimpedanz, wiederholt. Dabei wird die Quell-EMK angehoben, um die Ausgangsspannung von 10 dB unter dem Nennwert wiederherzustellen. Der neue Wert der Quell-EMK wird festgehalten.
- c) Die Eingangsimpedanz bei irgendeiner Frequenz darf mit Hilfe einfacher Schaltungstheorie aus den Verhältnissen der Quell-EMKs und den Verhältnissen der in der Stufe a) und b) gemessenen Verstärkungen berechnet werden, wenn das Verhältnis der Verstärkungen genügend groß ist, um die geforderte Genauigkeit zu ergeben.

Ungefähre Werte können aus den in Stufe b) bestimmten Grenzfrequenzen des verstärkungsbegrenzten Frequenzbereiches berechnet werden.

ANMERKUNG 1 Bei hohen Frequenzen darf die Eingangsimpedanz üblicherweise genügend genau durch die Parallelschaltung eines Widerstandes und eines Kondensators dargestellt werden. Bei tiefen Frequenzen kann sich die Eingangsimpedanz wie eine Parallelschaltung eines Widerstandes und einer Induktivität oder wie eine Reihenschaltung eines Widerstandes und eines Kondensators verhalten.

ANMERKUNG 2 Dieses Verfahren geht von der Voraussetzung aus, dass die Eingangsimpedanz nicht durch den Wert der Quellimpedanz beeinflusst wird, und dass die ohmsche Komponente der Eingangsimpedanz im Wesentlichen frequenzunabhängig ist. In manchen Fällen können eine oder beide Voraussetzungen nicht erfüllt sein.

14.5.3 Nenn-Quell-EMK, anzugebende Eigenschaft

Die vom Hersteller in der Spezifikation angegebene EMK, die, wenn sie in Reihe mit der Nenn-Quellimpedanz an die Eingangsanschlüsse gelegt wird, bei einer geeigneten angegebenen Einstellung der Steiler an der Nenn-Lastimpedanz die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung ergibt.

14.5.4 Mindest-Quell-EMK für verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung

14.5.4.1 Anzugebende Eigenschaft

Die EMK, die bei Speisung der Eingangsanschlüsse über die Nenn-Quellimpedanz an der Nenn-Lastimpedanz die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung ergibt. Dabei sind ggf. vorhandene Lautstärkesteller auf höchste Verstärkung und ggf. vorhandene Klangsteller, wie für Nennbedingungen angegeben, einzustellen.

ANMERKUNG Wenn ein Lautstärkesteller vorhanden ist, sollte die Nenn-Quell-EMK gleich oder größer sein als die Mindest-Quell-EMK für die Nenn-Ausgangsgröße. Ist kein Lautstärkesteller vorhanden, dann ist die Nenn-Quell-EMK gleich dem Nennwert der Mindest-Quell-EMK für die Nenn-Ausgangsgröße.

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.5.4.2 Messverfahren

- Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben.
- Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- Der Lautstärkesteller wird auf höchste Verstärkung eingestellt und die Quell-EMK nachgestellt, damit der Anfangswert der Ausgangsspannung wiederhergestellt wird.
- Die Quell-EMK E_S wird gemessen.

14.6 Eigenschaften des Ausgangs

14.6.1 Nenn-Lastimpedanz, anzugebende Eigenschaft

Die vom Hersteller in der Spezifikation und möglichst am Gerät angegebene Impedanz, die für Messzwecke mit den Ausgangsanschlüssen verbunden wird.

Wenn vom Hersteller nicht anders angegeben, muss vorausgesetzt werden, dass die Nenn-Lastimpedanz ein konstanter Ohmscher Widerstand ist.

Es dürfen auch mehrere Werte oder ein Bereich von Werten mit den entsprechenden (verzerrungsbegrenzten) Nenn-Ausgangsspannungen oder -leistungen angegeben werden. Die entsprechenden Werte der Ausgangsspannung oder -leistung und der Nenn-Gesamtklirrfaktor müssen zu jedem Nennwert der Lastimpedanz angegeben werden. Sie dürfen in einer Tabelle, entsprechend dem folgenden Beispiel angegeben werden:

Nenn-Lastimpedanz	Nenn-Ausgangsleistung	Nenn-Gesamtklirrfaktor
Ω	W	%
16	10	0,2
8	20	0,2
4	40	0,25

Es darf ein Bereich von Werten angegeben werden, vorausgesetzt die vorgenannten Daten werden für den höchsten und niedrigsten Wert der Nenn-Impedanz wie folgt angegeben:

Nenn-Lastimpedanz	Nenn-Ausgangsleistung	Nenn-Gesamtklirrfaktor
Ω	W	%
16	10	0,2
alle Zwischenwerte	bis	bis
4	40	0,25

Der Verstärker muss die entsprechenden Sicherheitsanforderungen (üblicherweise die nach EN 60065) für jeden Wert der Nenn-Lastimpedanz einhalten.

14.6.2 Ausgangs-Quellimpedanz

14.6.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Die unter angegebenen Bedingungen zwischen den Ausgangsanschlüssen gemessene innere Impedanz. Der Hersteller muss den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.6.2.2 Messverfahren

- Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben. Dann wird die Quell-EMK auf Null reduziert, und die Nenn-Lastimpedanz wird abgeklemmt.
- Eine Stromquelle für sinusförmigen Strom mit einer inneren Impedanz von mindestens dem 10fachen des zu erwartenden Wertes der Ausgangs-Quellimpedanz wird in Reihe mit einem Amperemeter an die Ausgangsklemmen des Verstärkers angeschlossen. Ein Voltmeter wird ebenfalls an die Ausgangsklemmen angeschlossen. Der Strom wird dann auf den Wert eingestellt, der unter Norm-Messbedingungen durch die Ausgangsanschlüsse fließen würde.
- Der Wert dieses Stromes darf als Strom berechnet werden, der einen Spannungspegel von -10 dB, bezogen auf die (verzerrungsbegrenzte) Nenn-Ausgangsspannung an der Nenn-Lastimpedanz erzeugen würde.
- Dann wird die Spannung U_2 an den Ausgangsanschlüssen gemessen.
- Die Messung darf bei anderen Signalfrequenzen wiederholt werden.
- Die Ausgangs-Quellimpedanz wird dann entsprechend der folgenden Gleichung berechnet:

$$|Z| = U_2 / I_2$$

ANMERKUNG 1 Die Stromquelle darf aus einem NF-Leistungsverstärker bestehen, dessen Ausgangsanschlüsse mit einem geeigneten Widerstand in Reihe geschaltet sind. Der Verstärker wird von einem Generator mit einem sinusförmigen Signal gespeist. Das Amperemeter darf aus einem, mit den Ausgangsklemmen der Stromquelle in Reihe geschalteten, niederohmigen Widerstand (z. B. $0,1 \Omega$) bestehen; der Spannungsabfall an dem Widerstand wird mit einem empfindlichen Voltmeter gemessen.

ANMERKUNG 2 Die Ausgangs-Quellimpedanz eines Verstärkers ist im Allgemeinen kein ohmscher Widerstand, aber für viele Zwecke genügt es, den Betrag, wie oben angegeben, zu messen.

14.6.3 Ausgangsspannung und -leistung (verzerrungsbegrenzt)

14.6.3.1 Anzugebende Eigenschaften

- Verzerrungsbegrenzte Ausgangsspannung. Der bei Erzeugung des Nenn-Gesamtklirrfaktors an der Nenn-Lastimpedanz gemessene Effektivwert der Spannung.
- Verzerrungsbegrenzte Ausgangsleistung. Die in der Nenn-Lastimpedanz bei der verzerrungsbegrenzten Ausgangsspannung erzeugte Leistung:

$$P_2 = U_2^2 / R_2$$

Dabei ist:

- P_2 die verzerrungsbegrenzte Ausgangsleistung;
- U_2 die verzerrungsbegrenzte Ausgangsspannung;
- R_2 die Nenn-Lastimpedanz.

- Verzerrungsbegrenzte Ausgangsspannung bei komplexer Lastimpedanz (das heißt teilweise oder ganz ein Blindwiderstand). Die an einer angegebenen komplexen Lastimpedanz gemessene

Spannung, bei der der Nenn-Gesamtklirrfaktor oder ein anderer angegebener Wert des Gesamtklirrfaktors erzeugt wird.

Die angegebene komplexe Lastimpedanz muss im Hinblick auf die tatsächliche Lastimpedanz, die voraussichtlich bei Benutzung an den Verstärker angeschlossen wird, gewählt werden.

Es darf ein typischer Lautsprecher oder ein die Impedanz eines typischen Lautsprechers simulierendes Netzwerk benutzt werden. Wegen der großen Schwankungen der in der Praxis vorkommenden tatsächlichen Lastimpedanzen können aber keine zu bevorzugenden Werte angegeben werden.

Diese Eigenschaften dürfen direkt in Volt bzw. in Watt oder in Dezibel, vorzugsweise bezogen auf 1 Volt oder 1 Watt, ausgedrückt werden; der Bezugspegel muss angegeben werden.

Wenn die Eigenschaft bei einer einzelnen Frequenz angegeben wird, dann muss diese Frequenz die Normbezugsfrequenz sein (siehe 3.1.2).

Nennwerte für einige oder alle der oben genannten Eigenschaften müssen vom Hersteller in der Spezifikation und möglichst am Gerät für jeden Nennwert der Lastimpedanz angegeben werden.

Wenn keine Unklarheiten zwischen diesen Eigenschaften und den nach 14.7.2 angegebenen auftreten dürfen, darf das Wort „verzerrungsbegrenzt“ weggelassen werden, es ist aber erwünscht, es zu benutzen.

ANMERKUNG Wenn die Gleichstromversorgung der Endstufe des Verstärkers nicht stabilisiert ist, wird die Versorgungsspannung absinken, wenn die Quell-EMK erhöht wird. Manche Verstärker sind so konstruiert und eingestellt, dass bei Dauerton durch dieses Absinken der Versorgungsspannung die Ausgangs-Wellenform unsymmetrisch begrenzt wird. Bei Verstärkung von Sprache und Musik kann das Absinken der Versorgungsspannung viel weniger sein, so dass symmetrische Begrenzung mit daraus folgender Verminderung der geradzahigen Oberwellen auftritt.

14.6.3.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen mit der passenden Lastimpedanz betrieben und ein geeigneter Klirrfaktormesser mit den Ausgangsanschlüssen verbunden (siehe 14.12).
- b) Der Verstärker wird unter diesen Bedingungen während einer Zeit betrieben, die 60 s übersteigt. Dann wird, wenn erforderlich, die Quell-EMK so nachgestellt, dass der Nenn-Klirrfaktor erzeugt wird.
- c) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen und als die (verzerrungsbegrenzte) Ausgangsspannung angegeben. Die (verzerrungsbegrenzte) Ausgangsleistung wird entsprechend der Gleichung in 14.6.3.1 b) berechnet.
- d) Bei Mehrkanalverstärkern muss die Messung nacheinander in jedem Kanal durchgeführt werden, während alle anderen Kanäle dauernd unter Nennbedingungen betrieben werden. Kleine Änderungen der Ausgangsspannung und/oder Verzerrungen dieser anderen Kanäle durch Auswirkungen der Temperatur während der Messungen werden vernachlässigt.
- e) Die Messungen dürfen für andere Frequenzen und für andere Nennwerte der Lastimpedanz und mit komplexer Lastimpedanz wiederholt werden (siehe auch 14.11.3.1 und 14.12.4.1). Die Messungen dürfen auch für weitere in anderen IEC-Normen angegebenen Gesamtklirrfaktorwerte wiederholt werden. Die Messungen dürfen zusätzlich bei Betrieb mit nur einem Kanal wiederholt werden.
- f) Die (verzerrungsbegrenzte) Ausgangsspannung oder -leistung muss zusammen mit der Signalfrequenz, dem Nenn-Gesamtklirrfaktor und der verwendeten Lastimpedanz für jeden Kanal getrennt angegeben werden.

14.6.4 Stabilität (des Ausgangssignals)

14.6.4.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Anstieg der Ausgangsspannung, ausgedrückt als Prozentsatz oder als Pegeländerung in dB, wenn unter Messbedingungen die Nenn-Lastimpedanz abgeklemmt wird, während die Quell-EMK konstant bleibt.

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.6.4.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben.
- b) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.

- c) Die Last wird abgeklemmt, die Quell-EMK bleibt konstant, und die Ausgangsspannung U'_2 wird gemessen.
- d) Die Stabilität ist:

$$\frac{U'_2 - U_2}{U_2} \times 100 \%$$

Die Stabilität als Pegeländerung ist:

$$20 \lg \frac{U'_2}{U_2}$$

ANMERKUNG Die Stabilität und die Ausgangs-Quellimpedanz dürfen, müssen aber nicht voneinander abhängig sein. Dies hängt von der Schaltung der Stromversorgung ab.

14.6.5 Übersteuerungs-Erholungszeit

14.6.5.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Zeitspanne (die der unter Norm-Messbedingungen betriebene, in einem bestimmten Maß für eine angegebene Zeit übersteuerte Verstärker benötigt) vom Zeitpunkt, bei dem die Eingangsspannung wieder auf ihren ursprünglichen Wert gestellt wurde, bis zum Zeitpunkt, bei dem die Ausgangsspannung innerhalb gewisser Grenzen ihren ursprünglichen Wert wieder erreicht hat (siehe Bild 2).

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.6.5.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben.
- b) Die Quell-EMK wird während einer Zeitspanne von weniger als einer viertel Periode des Eingangssignals um 20 dB erhöht und für 1 s auf diesen Wert gehalten.
- c) Dann wird die Quell-EMK während einer Zeitspanne von weniger als einer viertel Periode des Eingangssignals auf ihren ursprünglichen Wert verringert.
- d) Die Zeitdauer, bis sowohl die positive wie auch die negative Ausgangsspitzenspannung, wenn nicht anders angegeben, innerhalb 1 dB ihren Endwert erreicht haben, wird mit Hilfe eines entsprechend kalibrierten Oszilloskops gemessen.

14.7 Begrenzungs-Eigenschaften

14.7.1 Übersteuerungs-Quell-EMK

14.7.1.1 Anzugebende Eigenschaften

Die höchste Quell-EMK, bei der ein unter Nennbedingungen angeschlossener Verstärker mit passend eingestelltem Lautstärkesteller eine Ausgangsspannung von 10 dB unter der verzerrungsbegrenzten Nennausgangsspannung abgeben kann, ohne dass der Nenn-Gesamtklirrfaktor überschritten wird.

Der Hersteller muss den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.7.1.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben.
- b) Ein Klirrfaktormessgerät wird mit den Ausgangsanschlüssen verbunden.
- c) Der Lautstärkesteller wird so eingestellt, dass man eine Ausgangsspannung U_2 von -10 dB, bezogen auf die Nenn-Ausgangsspannung, erhält.
- d) Der Lautstärkesteller wird so lange stufenweise auf geringere Verstärkung gestellt und dabei die Quell-EMK erhöht, um die Anfangs-Ausgangsspannung U_2 wiederherzustellen, bis man den Nenn-Gesamtklirrfaktor erreicht.
- e) Die Quell-EMK E_s wird gemessen.

14.7.2 Höchste Kurzzeit-Ausgangsspannung und -leistung

ANMERKUNG Siehe auch die entsprechenden Abschnitte in EN 60268-5 [4] und EN 61938.

14.7.2.1 Anzugebende Eigenschaften

Die höchste Spannung oder entsprechende Leistung, die der Verstärker (ohne Rücksicht auf die Linearität) 1 s nach Anlegen eines angegebenen kurzen Tonimpulssignals am Nenn-Lastwiderstand erzeugen oder an ihn abgeben kann. Jeder Kanal wird unabhängig betrieben.

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

Wichtig

Für diesen Eigenschaftsbegriff ist es grundlegend, dass bei keinem Exemplar eines gegebenen Verstärkers der gemessene Wert der höchsten Kurzzeit-Ausgangsspannung oder -leistung den vom Hersteller angegebenen Wert überschreiten darf.

14.7.2.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben und ein Effektivwert-Pegelschreiber an die Ausgangsanschlüsse angeschlossen.
- b) Die Quell-EMK wird dann dem zu prüfenden Verstärker in Form eines sinusförmigen Tonimpulses von 1 s Dauer zugeführt und die Ausgangsspannung U_2 des Verstärkers im Zeitpunkt 1 s nach dem Impulsbeginn auf dem Registrierstreifen des Pegelschreibers abgelesen. Wenn nicht anders angegeben, muss die Frequenz des Tonimpulses 1 kHz sein.

ANMERKUNG Ein 1 s langer Tonimpuls eines Rauschsignals, das das Programmmaterial simuliert (siehe IEC 60268-1), darf benutzt werden, wenn es geeigneter ist.

- c) Die Quell-EMK wird dann erhöht, bis die gemessene Ausgangsspannung U_2 ihren Höchstwert erreicht.
- d) Der Wert U_2 ist dann die höchste Kurzzeit-Ausgangsspannung, und U_2^2/R_2 ist die höchste Kurzzeit-Ausgangsleistung, dabei ist R_2 die Nenn-Lastimpedanz.
- e) Wenn die Prüfung wiederholt wird, darf die Wiederholzeit der Signalimpulse nicht weniger als 60 s betragen.

14.7.2.3 Werte der für die Prüfung zu verwendenden Lastimpedanz

Wenn der Hersteller einen Bereich für die Nenn-Lastimpedanz angibt, muss die Prüfung mit dem Wert der Lastimpedanz durchgeführt werden, der den Höchstwert der höchsten Kurzzeit-Ausgangsleistung oder der höchsten Kurzzeit-Ausgangsspannung ergibt. Wenn der Hersteller die Kurzzeit-Nennausgangsspannung nicht angibt, muss der Wert für Heimgeräte usw. mit einer Lastimpedanz von 16Ω gemessen werden, angegeben als Spannung oder Leistung, die an eine angegebene Lastimpedanz oder einen Bereich von Lastimpedanzen abgegeben wird.

Wenn der Hersteller für den Verstärker die bei einer angegebenen Ausgangsspannung abgegebene Leistung angibt (wie 100 V oder 70 V bei Konstantspannungsbetrieb), muss die höchste Kurzzeit-Ausgangsspannung ohne Last gemessen werden.

14.7.3 Höchste Langzeit-Ausgangsspannung und -leistung

ANMERKUNG Siehe auch die entsprechenden Abschnitte in EN 60268-5 [4] und EN 61938.

14.7.3.1 Anzugebende Eigenschaft

Die höchste Spannung oder die entsprechende Leistung, die der Verstärker 1 min nach Anlegen von Rauschen, das übliches Programmmaterial simuliert (siehe IEC 60268-1), am Nenn-Lastwiderstand erzeugen oder an ihn abgeben kann. Jeder Kanal wird einzeln betrieben.

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

Wichtig

Für diesen Eigenschaftsbegriff ist es grundlegend, dass bei keinem Exemplar eines gegebenen Verstärkers der gemessene Wert der höchsten Langzeit-Ausgangsspannung oder -leistung den vom Hersteller angegebenen Wert überschreiten darf.

14.7.3.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben und ein Effektivwert-Spannungsmesser an die Ausgänge angeschlossen.
- b) Die Signalquelle wird durch eine Quelle mit simuliertem Programmsignal (siehe IEC 60268-1) ersetzt, deren EMK mindestens den 10fachen Wert der Nenn-Quell-EMK des Verstärkers hat.
- c) Die Ausgangsspannung U_2 wird 1 min nach Anlegen des Signals gemessen.
- d) Der Wert U_2 ist dann die höchste Langzeit-Ausgangsspannung, und U_2^2/R_2 ist die höchste Langzeit-Ausgangsleistung, dabei ist R_2 die Nenn-Lastimpedanz.
- e) Das Signal sollte nicht länger angelegt werden, als dies für die Prüfung erforderlich ist.

14.7.3.3 Wert der für die Prüfung zu verwendenden Lastimpedanz

Wenn der Hersteller einen Bereich für die Nenn-Lastimpedanz angibt, muss die Prüfung mit dem Wert der Lastimpedanz durchgeführt werden, der den höchsten Wert der höchsten Langzeit-Ausgangsleistung oder der höchsten Langzeit-Ausgangsspannung ergibt. Wenn der Hersteller die Langzeit-Nennausgangsspannung nicht angibt, muss der Wert für Heimgeräte usw. mit einer Lastimpedanz von 16Ω gemessen werden, angegeben als Spannung oder Leistung, die an eine angegebene Lastimpedanz oder einen Bereich von Lastimpedanzen abgegeben wird.

Wenn der Hersteller für den Verstärker die bei einer angegebenen Ausgangsspannung abgegebene Leistung angibt (wie 100 V oder 70 V bei Konstantspannungsbetrieb), muss die höchste Langzeit-Ausgangsspannung ohne Last gemessen werden.

14.7.3.4 Schutzeinrichtungen

Im Verstärker vorhandene Schutzeinrichtungen dürfen während der Prüfung z. B. als Folge erheblichen Temperaturanstiegs ansprechen. Falls eine nicht selbst rückschaltende Vorrichtung anspricht, muss der Wert der Ausgangsspannung oder Ausgangsleistung, der unmittelbar vor dem Ansprechen der Vorrichtung gemessen wurde, als Ergebnis genommen werden.

Falls eine selbst rückschaltende Einrichtung anspricht, muss die höchste Ausgangsspannung oder Ausgangsleistung, die beim einmaligen Wiedereinschalten der Einrichtung gemessen wird, als Ergebnis genommen werden.

14.7.4 Temperaturbegrenzte Ausgangsleistung

14.7.4.1 Anzugebende Eigenschaften

Die Ausgangsleistung, die der Verstärker bei einer angegebenen Umgebungstemperatur dauernd abgeben kann, ohne dass dabei in einem Bauteil die zulässige Höchsttemperatur überschritten wird.

Wenn der Verstärker für verschiedene Aufstellungsarten vorgesehen ist, z.B. in Gehäusen oder Gestellen, muss die entsprechende temperaturbegrenzte Nenn-Ausgangsleistung vom Hersteller angegeben werden.

Die temperaturbegrenzte Nenn-Ausgangsleistung darf geringer als die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsleistung sein, weil in Verstärkern der Klassen AB und B die in diesen Betriebsarten arbeitenden aktiven Bauelemente ihre Höchsttemperatur bei erheblich niedrigeren Ausgangsleistungen als der Nenn-Ausgangsleistung erreichen. Dabei dürfen die Höchsttemperaturen von verschiedenen Bauelementen bei verschiedenen Ausgangsleistungen erreicht werden. Darüber hinaus ist es möglich, dass bei Stufen mit nicht stabilisiertem Gleichstrom-Versorgungsteil bei zwei Werten der Ausgangsleistung Höchsttemperaturen mit verschiedenen Werten auftreten.

Verstärker, bei denen dies der Fall ist, arbeiten bei üblichen Sprach- und Musiksignalen wegen der Amplituden/Zeit-Abhängigkeit dieser Signale völlig befriedigend (siehe 14.12.3.1, Anmerkung 1).

14.7.4.2 Messverfahren

Um die Bauteile zu bestimmen, die voraussichtlich ihre Temperaturgrenze erreichen, müssen vorsorgliche Prüfungen bei verschiedenen Ausgangsleistungen durchgeführt werden. An den für diese vorsorglichen Prüfungen ausgewählten Bauelementen werden geeignete Thermometer befestigt.

- a) Der in einer angegebenen Art aufgestellte Verstärker wird dann unter Norm-Messbedingungen betrieben mit der Ausnahme, dass die Versorgungsspannung auf den oberen Grenzwert der

Versorgungsspannung eingestellt wird, für die der Verstärker eingestellt ist (siehe 14.2). Die Umgebungstemperatur muss gemessen werden.

- b) Durch stufenweises Verstellen der Quell-EMK wird die Ausgangsspannung U_2 erhöht, dabei wird nach jeder Stufe gewartet, bis die Thermometer-Ablesungen praktisch konstant bleiben. Dieses Verfahren wird so lange fortgeführt, bis bei einer bestimmten Ausgangsspannung U'_2 eines der Bauteile seine Grenztemperatur erreicht.
- c) Die temperaturbegrenzte Ausgangsleistung ist $\frac{U_2'^2}{R_2}$, dabei ist R_2 die Nenn-Lastimpedanz.

Der Verstärker muss mindestens 4 h unter den angegebenen Bedingungen betrieben worden sein, bevor die endgültigen Temperaturen abgelesen werden.

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.8 Eigenschaften der Schutzschaltungen

14.8.1 Einführung

Schutzschaltungen bei Verstärkern dürfen in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- a) Schutz gegen übermäßige Strombelastung oder möglicherweise Beschädigungen verursachende Kombination von Ausgangsspannung und -strom;
- b) Schutz gegen Gleichspannung zwischen den Anschlüssen für die Last („Schutz gegen Gleichspannungs-Offset“);
- c) Schutz gegen mögliche Beschädigungen verursachende Eingangssignale (z.B. übermäßig große Amplituden bei hohen Frequenzen).

Schutzeinrichtungen von den Typen a) und c) sind hauptsächlich dafür vorgesehen, die Bauteile des Verstärkers zu schützen. Schutzeinrichtungen vom Typ b) dürfen Bauteile des Verstärkers schützen, sind aber auch dafür vorgesehen, die Bauteile der Last, wie z.B. Lautsprecher-Schwingspulen, zu schützen, die durch Gleichstrom beschädigt werden dürfen (was ein Ansteigen des Sicherheitsrisikos bewirkt). Die Ausführung der Schutzschaltung gegen Gleichspannungs-Offset erfordert üblicherweise einen Kompromiss zwischen Empfindlichkeit und Geschwindigkeit des Ansprechens und zwar deshalb, weil die Schaltung einerseits auf niederfrequente Signale großer Amplitude nicht, andererseits bei relativ kleiner Amplitude von Gleichspannung aber ansprechen sollte. Dies wird durch Filterung mit einem Tiefpass erreicht, und je größer die Dämpfung der Signalfrequenzen durch dieses Filter ist, um so empfindlicher darf die Schutzschaltung gemacht werden, aber um so langsamer spricht sie an. Der Entwickler des Verstärkers kann einen Kompromiss wählen, der auf Offset-Gleichspannungen, die klein gegenüber der Versorgungsgleichspannung(en) für die Verstärkerschaltung sind, überhaupt nicht anspricht. Eine solche Offsetspannung kann jedoch einen Gleichstrom durch die Last erzeugen, der die Leistungswerte der mit dem Verstärker zusammen benutzten Lautsprecher verschlechtert und zu deren Beschädigung führen kann. Ein anderer Kompromiss führt zu einer Schutzschaltung, die nicht schnell genug anspricht, um Beschädigungen der Bauteile der Last zu verhindern. Aus den eben genannten Gründen sollten die Eigenschaften der Schutzschaltung gegen Gleichspannungs-Offset in der Spezifikation des Verstärkers angegeben werden. Gegenwärtig sind keine Messverfahren für diese Eigenschaften bekannt, die ohne Zugriff auf die interne Schaltung des Verstärkers angewendet werden dürfen. Der Vorschlag gibt deshalb Verfahren an, die nur beim Hersteller angewendet werden sollten, und konsequenterweise sollten die Namen der Eigenschaften das Wort „Nenn-“ enthalten.

14.8.2 Schutz gegen Kombinationen von Ausgangsspannung und -strom, die Beschädigungen verursachen dürfen

14.8.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Ausgangsstrom/Ausgangsspannungs-Charakteristik des Verstärkers, gemessen mit dem Prüfsignal und Messverfahren, die in 14.8.2.2 und 14.8.2.3 beschrieben werden und die mit der Ausgangsspannung als Abszisse und dem Ausgangsstrom als Ordinate grafisch dargestellt werden.

ANMERKUNG Wenn der Verstärker keine Schutzschaltung dieser Art enthält, kann die nachstehend beschriebene Prüfung das Gerät beschädigen.

Der Hersteller sollte diese Daten in der Spezifikation angeben.

14.8.2.2 Prüfsignal und Belastungsnetzwerk

Das Prüfsignal besteht aus einem Sinussignal von 20 Hz, zu dem abwechselnd positive und negative Impulse von 50 μ s Dauer und 500 Hz Folgefrequenz hinzugefügt werden. Die Amplitude des 20-Hz-Signals wird so gewählt, dass sie den Verstärker bis in seine Spannungsbegrenzung aussteuert, während die Amplitude der Impulse den Verstärker abwechselnd bis in seine Strombegrenzung aussteuert. Eine Schaltung für einen Generator für dieses Prüfsignal wird als Literaturhinweis [1] angegeben.

ANMERKUNG Für Verstärker mit einem begrenzten Übertragungsbereich dürfen andere geeignete Prüffrequenzen gewählt werden, die mit den Ergebnissen anzugeben sind.

Das Belastungsnetzwerk für Verstärker, an die Lautsprecher niedriger Impedanz angeschlossen werden, besteht aus einer Reihenschaltung eines 40- μ F-Kondensators mit einem 1- Ω -Widerstand. Für andere Verstärker dürfen die Werte maßstäblich geändert werden. Der 40- μ F-Kondensator begrenzt den durch das 20-Hz-Signal verursachten Strom auf einen niedrigen Wert, während für die kurzen Impulse die wirksame Lastimpedanz in der Größenordnung von 1 Ω liegt und ein hoher Ausgangsstrom erzeugt wird.

Unter Benutzung dieses Signals und dieses Lastnetzwerkes darf die Messung ohne übermäßige Verluste im Verstärker durchgeführt werden. Die Verluste in dem 1- Ω -Widerstand sind aufgrund des Ausgangsstrom-Tastverhältnisses viel geringer als die Nenn-Ausgangsleistung des Verstärkers.

14.8.2.3 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Prüfbedingungen betrieben und dann die Prüfschaltungsanordnung in die in Bild 3a) gezeigte Schaltung geändert.
- b) Die Empfindlichkeit des Oszilloskops wird auf 20 V/cm für die X-Ablenkung und auf 5 V/cm (entsprechend 5 A/cm, weil die Spannung an einem 1 Ω -Widerstand entsteht) für die Y-Ablenkung eingestellt (oder, wenn passender, auf andere angegebene Werte).
- c) Mit Eingangssignal Null wird der Strahl auf dem Schirm des Oszilloskops auf die Mitte des Gitternetzes eingestellt.
- d) Das 20-Hz-Signal wird angelegt und die Eingangs-EMK erhöht, bis die Ausgangsspannung deutliche Begrenzung zeigt.
- e) Die Impulssignale werden zusätzlich für eine kurze Zeit so lange angelegt wie nötig, um die Anzeige aufzuzeichnen (z. B. fotografisch). Die Eingangs-EMK muss so eingestellt werden, dass harte, am Oszilloskop erkennbare Strombegrenzung auftritt.
- f) Mit der Trigger-Verzögerung wird ein klares Bild eingestellt und das Bild wird aufgezeichnet.

14.8.2.4 Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden unter Benutzung des Maßstabes 20 V/cm für die Abszisse und 5 V/cm für die Ordinate grafisch dargestellt. Wenn nötig, dürfen andere angegebene Maßstäbe benutzt werden. Ein Beispiel ist in Bild 3b) angegeben.

ANMERKUNG Bei der Darstellung ist eine Strichzeichnung der direkten Fotografie vorzuziehen.

14.8.3 Eigenschaften der Schutzschaltung gegen Gleichspannungs-Offset

ANMERKUNG Diese Eigenschaften gelten nicht für Verstärker mit nur kapazitiver Ankopplung der Anschlüsse für die Last.

14.8.3.1 Anzugebende Eigenschaften

- a) Vom Hersteller in der Spezifikation angegebener Nennwert der Höchst-Offsetspannung an den Lastanschlüssen, die nicht die Schutzschaltung auslöst.
- b) Vom Hersteller in der Spezifikation angegebener Nennwert der Ansprechzeit der Schutzschaltung für eine Offsetspannung von 30 % der höchsten Versorgungs-Gleichspannung (siehe 14.8.3.2.1d)) der Verstärker-Ausgangsstufe.
- c) Vom Hersteller in der Spezifikation angegebener Nennwert der Höchst-Restgleichspannung über den Lastanschlüssen, wenn die Schutzschaltung angesprochen hat, oder vom Hersteller wahlweise in der Spezifikation angegebener Nennwert des Höchst-Prozentsatzes der Nenn-Ausgangsleistung, der dem Nennwert der Höchst-Restgleichspannung entspricht.

Wenn die Werte bei An- oder Abwesenheit eines Signals oder für verschiedene Polarität der Offsetspannung unterschiedlich sind, müssen der höhere Wert und die entsprechenden Signalbedingungen und/oder Polarität der Offsetspannung angegeben werden.

14.8.3.2 Messverfahren

14.8.3.2.1 Messverfahren für Verstärker, die den Zustand des Gleichspannungs-Offsets kontinuierlich abtasten

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und die Eingangs-Signalfrequenz auf 20 Hz gestellt. Ein Gleichspannungs-Oszilloskop und ein Gleichspannungs-Voltmeter werden an die Lastanschlüsse angeschlossen.
- b) Die Gleichspannungsbalance des Verstärkers wird dann durch ein geeignetes Verfahren, das von Einzelheiten der Schaltung abhängt und nicht genormt werden kann, langsam verändert. Die höchste Ablesung am Gleichspannungs-Voltmeter – kurz bevor die Schutzschaltung anspricht – wird notiert. Dies ist die Höchst-Offsetspannung, bei der die Schutzschaltung nicht anspricht.
- c) Die Balance des Verstärkers wird dann in derselben Richtung weiter verändert, so dass die Schutzschaltung anspricht. Die höchste Ablesung am Gleichspannungs-Voltmeter bei Änderung der Balance zur höchsten Verstimmung hin, wird notiert. Dies ist die Höchst-Restgleichspannung an den Ausgangs-Anschlüssen, wenn die Schutzschaltung angesprochen hat.
- d) Die Gleichspannungsbalance des Verstärkers wird dann wieder hergestellt und die Quell-EMK auf Null gestellt. Mit Hilfe einer geeigneten Gleichspannungsquelle und einem Schalter wird eine Gleichspannung in der internen Schaltung des Verstärkers angelegt, die in Abwesenheit einer Schutzschaltung an den Ausgangs-Anschlüssen eine Offset-Gleichspannung von 30 % der Versorgungs-Gleichspannung der Ausgangsstufe erzeugen würde. Wenn es mehr als eine Versorgungsspannung gibt, muss die höchste genommen werden, außer es gibt dagegensprechende Gründe. Mit Hilfe der Oszilloskopanzeige wird die Zeit gemessen, in der die Ausgangsspannung auf 110 % ihres stationären Wertes oder 1 V fällt, je nachdem, welcher Wert größer ist. Dies ist die Ansprechzeit der Schutzschaltung für eine Offsetspannung von 30 % der Versorgungs-Gleichspannung.
- e) Punkte b) und c) werden mit einer auf Null gestellten Eingangsspannung wiederholt.

Alle Messungen werden mit Gleichspannungs-Offsets entgegengesetzter Polarität wiederholt.

14.8.3.2.2 Messverfahren für Verstärker, die den Zustand des Gleichspannungs-Offset intermittierend abtasten

- a) Es wird das gleiche Verfahren wie in 14.8.3.2.1 benutzt, mit der Ausnahme, dass die in den Punkten a) bis c) beschriebene Prüfung nur mit der auf Null gestellten Eingangs-Quell-EMK durchgeführt wird. Die Messungen in den Punkten b) und c) müssen durchgeführt werden, nachdem die Schutzschaltung mehrere Male angesprochen hat, z.B. nach 60 s. Mit einem kalibrierten Speicheroszilloskop oder einem entsprechenden Messgerät kann die Änderung der Offsetspannung mit der Zeit beobachtet und ihre Werte können gemessen werden.
- b) Um die Wirkungsweise der Schutzschaltung vollständig zu untersuchen, kann es erforderlich sein, weitere Prüfungen durchzuführen, bei denen Bauteilefehler simuliert werden. Über die Art der notwendigen Prüfungen darf aufgrund des Schaltbildes des Verstärkers entschieden werden.

14.9 Betriebszeit für die (verzerrungsbegrenzte) Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung

14.9.1 Einführung

Der Begrenzungspegel ist der Pegel des Ausgangssignals eines Verstärkers in dB und auf einen festgelegten Bezugspegel bezogen, oberhalb dessen der Gesamtklirrfaktor schnell ansteigt. Üblicherweise werden die Spitzen eines auf einem Oszilloskop angezeigten sinusförmigen Signals bei diesem Pegel sichtbar begrenzt.

Wenn ein Verstärker mit nicht komprimierten Sprach- oder Musik-Eingangssignalen betrieben wird, deren Pegel so eingestellt ist, dass das Ausgangssignal in den Spitzen gerade begrenzt wird, aber nicht so stark, dass dadurch eine deutliche Verschlechterung der subjektiven Tonqualität eintritt, dann liegt aufgrund der Amplitude/Zeit-Charakteristiken von Sprache und Musik der mittlere Ausgangssignalpegel ungefähr 10 dB unter dem Begrenzungspegel. Bei Verstärkung von nicht komprimierten Sprach- oder Musiksignalen braucht

der Verstärker Signale beim Begrenzungspegel nicht länger als einige Zehntel Millisekunden wiedergeben zu können.

In elektroakustischen Anlagen können jedoch Verstärker dazu benutzt werden, Tonsignale und komprimierte Sprach- und Musiksingnale wiederzugeben. Obwohl in einer gut dimensionierten Anlage durch diese Signale die Zeit, in der der Verstärker mit Begrenzungspegel betrieben wird, nicht wesentlich länger sein sollte, (weil dies eine schlechtere Tonqualität und eine verstärkte Wärmeentwicklung in den Lautsprechern bedeuten würde), wird doch eine gewisse Verlängerung auftreten, und hochpegelige Signale können auch aus Versehen auftreten, z.B. wenn ein Mikrofon herunterfällt. Der Verstärker muss auch während der Messung nach dieser Norm (siehe 14.6.3, 14.7.2 und 14.7.3) hochpegelige Signale abgeben, und in einigen dieser Abschnitte wird die Zeitdauer angegeben. Diese Messungen müssen für eine vollständige Spezifikation des Verstärkers durchgeführt werden.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass das Verhältnis zwischen dem Begrenzungspegel und dem Pegel der (verzerrungsbegrenzten) Nenn-Ausgangsleistung oder -spannung bei den verschiedenen Verstärkertypen sehr stark schwankt, weil die Nenn-Ausgangsleistung oder -spannung vom Hersteller unter Berücksichtigung vieler Faktoren festgelegt wurde:

Tabelle 1 – Unterschiedliche Spezifikationen von Nenn-Gesamtklirrfaktor und verzerrungsbegrenzter Nenn-Ausgangsleistung für denselben Verstärker

Nenn-Ausgangsleistung	Nenn-Gesamtklirrfaktor	Begrenzungspegel minus Nenn-Ausgangspegel
W	%	dB
100	10	-0,97
80	2	0,0
60	0,05	1,25

ANMERKUNG Dabei wird angenommen, dass ein Klirrfaktor von 2 % dem Begrenzungspegel entspricht; der genaue Wert hat keinen Einfluss auf die Schlussfolgerungen.

Es sollte beachtet werden, dass sich die drei vorstehenden Spezifikationen auf denselben Verstärker beziehen. Die Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung ist also keine zuverlässige Angabe für das wirkliche Leistungsvermögen eines Verstärkerausgangs. Deshalb wurden in 14.7.2 und 14.7.3 zusätzliche Eigenschaften genormt.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass der Betrieb über eine längere Zeit mit einem Ausgangspegel nahe beim Begrenzungspegel wahrscheinlich zu Überhitzung führt; die Wärmeentwicklung ist mit Sprach- oder Musiksingnalen viel geringer und führt zum Begriff der „temperaturbegrenzten Ausgangsleistung“ (siehe 14.7.4). Es sollte beachtet werden, dass bei den meisten Verstärkerkonstruktionen durch hohe Ausgangsleistungen Bauteile der Stromversorgung zu heiß werden und nicht die der Ausgangsstufen. Schutz gegen Überhitzung kann erreicht werden:

- durch automatische Einrichtungen, die das Eingangssignal abschwächen, so dass der Verstärker mehr oder weniger üblich weiter betrieben wird, oder
- durch automatische Einrichtungen, die die Last abschalten, also den Verstärker am üblichen Betrieb hindern. Der übliche Betrieb darf aber fortgesetzt werden, wenn die hohe Ausgangsleistung nicht länger gefordert wird, oder
- durch Einsatz von Sicherungen oder Ausschaltern, die vom Benutzer ersetzt oder zurückgesetzt werden müssen.

Beim Einsatz z.B. in elektroakustischen Anlagen für Notfall-Durchsagen ist es unbedingt erforderlich, dass der Verstärker unter allen möglichen Bedingungen wie üblich weiterarbeitet. In diesen Fällen muss deshalb gefordert werden, die Zeit anzugeben, während der der Verstärker hochpegelige Ausgangssingnale abgeben kann. Es ist nicht unbedingt erforderlich, diese Zeit anzugeben, wenn der Verstärker für übliche Wiedergabe von Sprach- und Musiksingnalen eingesetzt wird, besonders im Zusammenhang mit Hi-Fi-Anlagen im Heim, wo in einer richtig dimensionierten und eingestellten Anlage der Verstärker nicht in der Nähe der oder in der Begrenzung betrieben werden sollte, auch nicht für kurze Zeit.

14.9.2 Anzugebende Eigenschaft

Die Zeit während der der Verstärker die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung abgeben kann.

Der Hersteller muss den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.9.3 Messverfahren

Achtung Manche Verstärker können durch diese Prüfung beschädigt werden.

- a) Es wird das in 14.6.3.2 beschriebene Verfahren benutzt. Mit dem unter Nenn-Bedingungen betriebenen Verstärker wird die Zeitdauer gemessen, nach der beim Nenn-Gesamtklirrfaktor die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsleistung oder -spannung nicht länger abgegeben werden kann, oder 60 Minuten. Der kleinere Wert ist anzugeben.
- b) Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass die Bedingungen der Lüftung und alle anderen Mittel zur Kühlung während dieser Prüfung ähnlich denen sind, unter denen der Verstärker üblicherweise betrieben wird.
- c) Als Ergebnis muss die nach obenstehendem Punkt a) gemessene Zeit in Sekunden oder Minuten oder ggf. „größer als 60 min“ angegeben werden.

14.10 Verstärkung

14.10.1 Spannungsverstärkung und EMK-Verstärkung

Der Hersteller darf eines der beiden folgenden Verfahren zur Angabe der Verstärkung entweder direkt als Verhältnis oder in Dezibel benutzen:

- a) Die Spannungsverstärkung, das Verhältnis der Ausgangsspannung U_2 zu der Eingangsspannung U_1 unter Norm-Messbedingungen.
- b) Die EMK-Verstärkung, das Verhältnis der Ausgangsspannung U_2 zu der Quell-EMK E_s unter Norm-Messbedingungen.

ANMERKUNG In b) wird der Unterschied zwischen der Spannung an den Eingangsanschlüssen und der EMK der Quelle berücksichtigt.

14.10.2 Höchste EMK-Verstärkung

14.10.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Die EMK-Verstärkung, gemessen mit einem auf höchste Verstärkung gestellten Lautstärkesteller und mit einer Quell-EMK, die so eingestellt ist, dass die Ausgangsspannung für Norm-Messbedingungen wieder hergestellt wird.

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.10.2.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben.
- b) Der Lautstärkesteller wird in die Stellung für höchste Verstärkung gebracht und die Quell-EMK so abgesenkt, dass die Anfangs-Ausgangsspannung für Norm-Messbedingungen wiederhergestellt wird.
- c) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- d) Die Quell-EMK E_s wird gemessen.
- e) Die größte EMK-Verstärkung wird entweder als das Verhältnis $\frac{U_2}{E_s}$ oder in Dezibel $20 \lg \frac{U_2}{E_s}$ ausgedrückt.

14.10.3 Dämpfungscharakteristik des Lautstärkestellers

14.10.3.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Dämpfung des Lautstärkestellers ist, ausgedrückt in Dezibel, als eine Funktion der mechanischen Stellung des Stellers (z.B. Drehwinkel von einer angegebenen Stellung aus) anzugeben. Die Charakteristik darf graphisch dargestellt werden.

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

ANMERKUNG 1 Wenn mehr als ein Lautstärksteller vorhanden ist, sollte die Charakteristik jedes Stellers angegeben werden.

ANMERKUNG 2 Es sollte berücksichtigt werden, dass die Dämpfungscharakteristik eine Funktion der Frequenz sein kann, entweder beabsichtigt als „gehörliche Lautstärkeinstellung“ (physiologisch kompensierter Verstärkungssteller) oder andernfalls.

ANMERKUNG 3 Werden gekoppelte Lautstärkesteller benutzt, um die Verstärkung von mehr als einem Kanal zusammen einzustellen, dann ist der Unterschied der Verstärkung zwischen den Kanälen eine Funktion der Stellung des Lautstärkestellers. Dieser Verstärkungsunterschied ist oft eine wichtige Eigenschaft, die auch vom Hersteller angegeben werden darf.

14.10.3.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben mit der Ausnahme, dass der Lautstärksteller auf höchste Verstärkung eingestellt ist.
- b) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- c) Der Lautstärksteller wird dann in aufeinander folgenden Stufen verstellt; nach jeder Stufe wird die Stellung des Lautstärkestellers vermerkt und die Ausgangsspannung U'_2 gemessen.
- d) Das Verhältnis der Ausgangsspannung bei höchster Verstärkung U_2 zu der gemessenen Ausgangsspannung jeder Stufe U'_2 ist, ausgedrückt in Dezibel $20 \lg \frac{U_2}{U'_2}$.
- e) Diese Verhältnisse werden als Tabelle oder graphisch als eine Funktion der Stellung des Lautstärkestellers dargestellt.
- f) Diese Messung darf bei anderen Frequenzen wiederholt werden (siehe Anmerkung 2).

ANMERKUNG 1 Bei starken Dämpfungen sollte darauf geachtet werden, dass Störgeräusch und Brumm die Messung nicht beeinflussen. Um dies zu verhindern, darf die Quell-EMK in einem bekannten Maß erhöht und im Ergebnis entsprechend berücksichtigt werden. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Übersteuerungs-Quell-EMK nicht überschritten wird.

ANMERKUNG 2 Die nach f) dieses Verfahrens erhaltenen Ergebnisse dürfen auch benutzt werden, um Kurven der Verstärkung als Funktion der Frequenz bei verschiedenen Stellungen des Lautstärkestellers darzustellen.

14.10.4 Dämpfungscharakteristik der Balancesteller von Mehrkanalgeräten

14.10.4.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Dämpfung des Balancestellers, ausgedrückt in Dezibel, als Funktion der mechanischen Stellung des Stellers (z.B. Drehwinkel von einer angegebenen Stellung aus).

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

14.10.4.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben. Dabei ist der Balancesteller auf größte Verstärkung in dem zuerst zu messenden Kanal eingestellt und die Quell-EMK liegt nur an diesem Kanal.

ANMERKUNG Um zu verhindern, dass die Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung überschritten wird, kann es erforderlich sein, die Quell-EMK zu reduzieren.

- b) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- c) Der Balancesteller wird dann in aufeinander folgenden Stufen verstellt, nach jeder Stufe die Stellung des Balancestellers vermerkt und die Ausgangsspannung U'_2 gemessen.

- d) Das Verhältnis der Ausgangsspannung bei höchster Verstärkung U_2 zu der gemessenen Ausgangsspannung jeder Stufe U'_2 ist ausgedrückt in Dezibel $20 \lg \frac{U_2}{U'_2}$.
- e) Diese Verhältnisse werden graphisch als Funktion der Stellung des Balancestellers dargestellt.
- f) Die Messung wird für andere durch diesen gerade gemessenen Balancesteller beeinflusste Kanäle wiederholt.
- g) Die Messungen dürfen bei anderen Frequenzen wiederholt werden.

ANMERKUNG Es ist üblich, die Charakteristiken aller durch denselben Balancesteller beeinflussten Kanäle in demselben Diagramm darzustellen.

14.11 Frequenzgänge

14.11.1 Verstärkungs-Frequenzgang

14.11.1.1 Anzugebende Eigenschaft

Schwankung der EMK-Verstärkung (Verhältnis der Ausgangsspannung zur Quell-EMK) als Funktion der Frequenz ausgedrückt in Dezibel, bezogen auf den Wert bei einer angegebenen Frequenz (üblicherweise die Norm-Bezugsfrequenz).

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.11.1.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird mit einer Quelle einer angegebenen Frequenz unter Norm-Messbedingungen betrieben.
- b) Die Quell-EMK E_S und die Ausgangsspannung U_2 werden gemessen.
- c) Die Frequenz der Quelle wird kontinuierlich oder stufenweise verändert, während die Quell-EMK konstant bleibt. Die Ausgangsspannung U'_2 wird bei jeder Frequenz gemessen.
- d) Das Verhältnis der Ausgangsspannung bei jeder Frequenz der Quelle, zu der Ausgangsspannung bei einer angegebenen Frequenz der Quelle ist, ausgedrückt in Dezibel $20 \lg \frac{U'_2}{U_2}$.
- e) Diese Verhältnisse werden graphisch als Funktion der Frequenz dargestellt.

14.11.1.3 Entzerrende Verstärker

Die Frequenzkurve eines entzerrenden Verstärkers mit angegebener Entzerrungskurve muss nach dem in 14.11.1.2 beschriebenen Verfahren gemessen werden, dabei muss die Quell-EMK bei jeder Frequenz entsprechend dem Kehrwert der festgelegten Entzerrungskurve eingestellt werden.

Die Quellimpedanz muss die Impedanz des Wandlers, für den der entzerrende Verstärker bestimmt ist, im Übertragungsbereich darstellen. Diese Impedanz muss mit den Ergebnissen (möglichst in Form einer Ersatzschaltung) angegeben werden.

ANMERKUNG IEC 60098 legt die Beziehung zwischen der auf einer Schallplatte aufgezeichneten Schnelle und der Ausgangsspannung des Verstärkers fest. Wenn nicht anders angegeben, ist es üblich, die Frequenzkurve des Verstärkers selbst mit dieser angegebenen Beziehung zu vergleichen (dies unterstellt einen Wandler mit idealer Frequenzkurve).

Wenn die Frequenzkurve eines entzerrenden Verstärkers dazu bestimmt ist, Unvollkommenheiten im Frequenzgang eines speziellen Wandlers auszugleichen, sollte dies von dem Hersteller angegeben werden.

14.11.2 Verstärkungsbegrenzter Übertragungsbereich

14.11.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Frequenzbereich, in dem unter Norm-Messbedingungen die Abweichung von der geforderten Frequenzkurve festgelegte Grenzen nicht überschreitet.

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.11.2.2 Messverfahren

Der Übertragungsbereich wird aus der entsprechend 14.11.1 unter Norm-Messbedingungen gemessenen Kurve ermittelt.

14.11.3 Verzerrungsbegrenzter Übertragungsbereich

14.11.3.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Frequenzbereich, in dem die bei Nenn-Gesamtklirrfaktor erhaltene Ausgangsleistung oder -spannung einen festgelegten Teil des Nennwertes überschreitet.

Wenn nicht anders angegeben, muss der festgelegte Teil die Hälfte der Leistung oder –3 dB betragen.

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

ANMERKUNG Für diese Eigenschaft wird oft der abgelehnte Ausdruck „Leistungsbandbreite“ benutzt.

14.11.3.2 Messverfahren

Der verzerrungsbegrenzte Übertragungsbereich darf aus den nach 14.12.4.1 ermittelten Kurven der Verzerrungen als Funktion der Frequenz bestimmt werden.

14.11.4 Phasen-Frequenzgang

14.11.4.1 Anzugebende Eigenschaft

Der unter Norm-Messbedingungen gemessene Phasenunterschied zwischen der Ausgangsspannung und der Quell-EMK als Funktion der Frequenz, bei ggf. vorhandenen Stellern für eine angegebene Stellung.

Der Hersteller sollte diese Daten in der Spezifikation angeben.

Anstelle des Phasen-Frequenzganges darf die Laufzeit als Funktion der Frequenz angegeben werden.

14.11.4.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Prüfbedingungen betrieben.
- b) Ein Phasendifferenzmesser wird unter Beachtung der Kennzeichnung der Anschlüsse mit der Quelle und den Ausgangsanschlüssen verbunden.
- c) Die Frequenz der Quelle wird kontinuierlich oder stufenweise verändert und die Phasendifferenz bei jeder Frequenz gemessen.
- d) Die Phasendifferenz $\Delta\Phi$ oder der Zeitunterschied τ in Mikrosekunden wird als Funktion der Frequenz ausgedrückt und als Kurve dargestellt:

$$\tau = (\Delta\Phi/360 f) \times 10^6$$

Dabei wird $\Delta\Phi$ in Grad ausgedrückt.

ANMERKUNG Für entzerrende Verstärker siehe 14.11.1.3.

14.12 Amplituden-Nichtlinearität

14.12.1 Einführung

Eine allgemeine Erklärung der Amplituden-Nichtlinearität wird in IEC 60268-2 gegeben.

14.12.2 Nenn-Gesamtklirrfaktor

14.12.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Wert des durch den Hersteller in der Spezifikation oder in einer IEC-Norm angegebenen Gesamtklirrfaktors, oberhalb dessen die Leistungsfähigkeit des Verstärkers für den vorgesehenen Zweck als nicht geeignet angesehen wird.

ANMERKUNG Veröffentlichte Forschungsergebnisse über die Wahrnehmung von Verzerrungen durch das menschliche Ohr empfehlen, dass die Grenzwerte der Verzerrungen für die meisten Zwecke in der Größenordnung von 1 % sein sollten. Die Übersteuerungs-Erholungszeit ist ebenfalls wichtig; siehe 14.6.5.

14.12.3 Gesamtklirrfaktor unter Norm-Messbedingungen

14.12.3.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Gesamtklirrfaktor des unter Norm-Messbedingungen betriebenen Verstärkers.

Dem Hersteller wird sehr empfohlen, aus den oben angegebenen Gründen den Nennwert in der Spezifikation anzugeben.

ANMERKUNG 1 In einer ordnungsgemäß geplanten Anlage arbeitet der Verstärker die meiste Zeit infolge der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Amplitude von Sprach- und Musiksinalen mit einer Ausgangsspannung in der Größenordnung von 10 dB unter der verzerrungsbegrenzten Nenn-Ausgangsspannung (deshalb die Wahl der „Norm-Messbedingungen“).

ANMERKUNG 2 Diese Eigenschaft ist ein guter Maßstab für die Verzerrungsfreiheit des Verstärkers, sofern die Verzerrungen bei niedrigeren Ausgangsspannungen infolge von Übergangsverzerrungen nicht ansteigen. Im Gegensatz dazu ist der Nenn-Gesamtklirrfaktor ein willkürlich gewählter Grenzwert.

14.12.3.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und die Ausgangsspannung U_2 gemessen.

Der Pegel des Gesamtklirrfaktors der Signalquelle muss mindestens 10 dB unter dem niedrigsten Pegel der zu messenden Verzerrungen liegen.

ANMERKUNG Für größte Genauigkeit der Spannungsmessung sollte ein Effektivwertmesser benutzt werden; für einen Gesamtklirrfaktor von weniger als 10 % ist jedoch die Messabweichung eines den arithmetischen Mittelwert anzeigenden Instrumentes, dessen Skala für Effektivwerte von sinusförmigen Signalen kalibriert ist, klein.

- b) Ein Filter, das die Eingangssignalfrequenz selektiv bis auf einen 10 dB unter dem der Verzerrungskomponenten liegenden Pegel abschwächt, oder ein Hochpass mit einer ähnlichen Dämpfung bei der Eingangssignalfrequenz und einer bekannten niedrigen Dämpfung im Durchlassbereich bei den Frequenzen der Oberwellen, wird mit den Ausgangsanschlüssen verbunden.
- c) Die Ausgangsspannung U'_2 (infolge Verzerrungen) wird gemessen und, wenn erforderlich, für die Dämpfung im Durchlassbereich des Filters korrigiert.
- d) Die Quell-EMK wird auf Null zurückgedreht und die Ausgangsspannung U'_2 gemessen. Wenn diese Spannung nicht geringer als ein Drittel von U'_2 ist, wird die Messung durch Störspannung beeinflusst und das Ergebnis muss verworfen werden. In diesem Fall muss das zeitaufwendigere, aber weniger durch Störungen beeinflussbare Verfahren zur Messung des Klirrfaktors der n -ten Ordnung (siehe 14.12.5) benutzt werden.
- e) Der Gesamtklirrfaktor unter Norm-Messbedingungen darf nach der nachstehenden Gleichung ermittelt werden:

$$d_{\text{tot}} = (U'_2 / U_2) \times 100 \%$$

als Prozentsatz, oder

$$L_{d, \text{tot}} = 20 \lg (U'_2 / U_2)$$

in Dezibel (dB).

14.12.4 Gesamtklirrfaktor als Funktion der Amplitude und Frequenz

14.12.4.1 Anzugebende Eigenschaft

Der für verschiedene Frequenzen und Ausgangsspannungen ermittelte Gesamtklirrfaktor.

ANMERKUNG 1 Wenn der Gesamtklirrfaktor bei einer so hohen Frequenz gemessen wird, dass die signifikanten Komponenten des Klirrfaktorspektrums (siehe Anmerkung 2) oberhalb der Grenze des verstärkungsbegrenzten Übertragungsbereiches liegen (siehe 14.11.2), ist der gemessene Wert des Gesamtklirrfaktors sehr wahrscheinlich (abhängig von der Art der Schaltung des Verstärkers) irreführend klein. Je höher die Ordnung der höchsten signifikanten Harmonischen, desto niedriger die Grundfrequenz, bei der dieser Effekt bedeutsam wird.

Wenn zum Beispiel die obere Grenze des verstärkungsbegrenzten Übertragungsbereiches 30 kHz ist und die höchste signifikante Harmonische von 5. Ordnung ist, ist die höchste Grundfrequenz, für die ein Wert des Gesamtklirrfaktors angegeben werden sollte (30/5) kHz, d.h. 6 kHz. Wenn die höchste signifikante Harmonische aber von 3. Ordnung ist, könnte der Wert des Gesamtklirrfaktors für Frequenzen bis zu (30/3) kHz, d.h. 10 kHz, angegeben werden.

ANMERKUNG 2 Einige Verstärker erzeugen ein Spektrum von Harmonischen, die kleine, aber messbare Harmonische hoher Ordnung enthalten. Als höchste Frequenzkomponente dieses Spektrums, deren Amplitude signifikant ist, darf im Allgemeinen die höchste Harmonische betrachtet werden, deren Effektivwert (siehe 14.12.5) ein Drittel des Gesamtklirrfaktors bei derselben Grundfrequenz übersteigt. In einigen Fällen kann ein anderer Maßstab erforderlich sein, der dann angegeben werden sollte.

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

14.12.4.2 Messverfahren

- a) Der Gesamtklirrfaktor wird nach 14.12.3.2 ermittelt.
- b) Die Messungen werden dann bei mindestens drei weiteren Frequenzen bis zu der in Anmerkung 1 von 14.12.4.1 angegebenen Grenze bei anderen Werten der Ausgangsspannung U_2 bis zu und über die verzerrungsbegrenzte Nennausgangsspannung hinaus wiederholt.

Um die Genauigkeit jeder Messung zu gewährleisten, ist es wesentlich, die Prüfung entsprechend 14.12.3.2 d) zu wiederholen.

- c) Die Ergebnisse der Prüfung werden graphisch dargestellt.

14.12.5 Klirrfaktor n -ter Ordnung unter Norm-Messbedingungen

14.12.5.1 Anzugebende Eigenschaft

Der unter Norm-Messbedingungen durch die Komponente der n -ten Ordnung des Ausgangssignals verursachte Klirrfaktor.

Der Hersteller sollte die Nennwerte für diese Eigenschaft, mindestens für die Werte von n von 2 bis 5, in der Spezifikation angeben.

14.12.5.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und die Ausgangsspannung U_2 gemessen.
- b) Ein Bandpass, der nur die Frequenz der zu messenden Oberwelle durchlässt, wird mit den Ausgangsanschlüssen verbunden. Die Dämpfung des Bandpasses bei der Eingangssignalfrequenz muss mindestens 10 dB größer sein als das Verhältnis der Ausgangsspannung U_2 zu der kleinsten zu messenden Spannung der Oberwellen.

Der Pegel des Klirrfaktors n -ter Ordnung der Signalquelle muss mindestens 10 dB kleiner sein als der niedrigste Pegel der zu messenden Verzerrungen. Als Alternative für die Messung der einzelnen Harmonischen nacheinander unter Verwendung von Bandpassfiltern oder eines selektiven Voltmeters darf, um die Amplituden von mehreren Verzerrungskomponenten und die Grundwelle gleichzeitig zu messen, ein Spektrumanalysator benutzt werden.

- c) Die Ausgangsspannung $U_{2',n}$ des Bandpasses wird gemessen und, wenn erforderlich, auf die Durchlassdämpfung des Bandpasses korrigiert. Aufgrund der geringen Messbandbreite ist ein Effektivwertmesser für die Messung von $U_{2',n}$ nicht unbedingt erforderlich.
- d) Die Quell-EMK wird auf Null zurückgedreht und die Ausgangsspannung gemessen. Wenn diese Spannung nicht geringer als ein Drittel von $U_{2',n}$ ist, wird die Messung durch Störgeräusch oder Störsignale beeinflusst und das Ergebnis muss verworfen werden.
- e) Der Klirrfaktor n -ter Ordnung darf nach den folgenden Gleichungen ermittelt werden:

als Prozentsatz
$$d_n = \frac{U_{2',n}}{U_2} \times 100 \%$$

in Dezibel:
$$L_{d,n} = 20 \lg (d_n/100)$$

14.12.6 Klirrfaktor n -ter Ordnung als eine Funktion von Amplitude und Frequenz

14.12.6.1 Anzugebende Eigenschaft

Der unter Norm-Messbedingungen gemessene Klirrfaktor n -ter Ordnung (siehe 14.12.5) gemessen bei verschiedenen Frequenzen und Ausgangsspannungen.

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

ANMERKUNG 1 Dieses Verfahren wird bevorzugt, wenn Störgeräusch das in 14.12.4 angegebene Breitbandverfahren beeinflusst.

ANMERKUNG 2 Siehe Anmerkung 2 in 14.12.4.1.

14.12.6.2 Messverfahren

- Der Klirrfaktor n -ter Ordnung wird, wie in 14.12.5.2 beschrieben, ermittelt.
- Die Messungen werden dann bei mindestens drei anderen Frequenzen bis zu der in Anmerkung 1 von 14.12.4.1 angegebenen Grenze bei anderen Werten der Ausgangsspannung U_2 bis zur und über die verzerrungsbegrenzte Nennausgangsspannung hinaus und bei anderen Werten der Ordnung der Harmonischen wiederholt.
- Um die Genauigkeit jeder Messung sicherzustellen, ist es erforderlich, die Prüfung entsprechend 14.12.5.2 d) zu wiederholen.
- Der Gesamtklirrfaktor unter den angegebenen Bedingungen darf nach den folgenden Gleichungen ermittelt werden:

$$d_{\text{tot}} = \frac{\left(\sum_{n=2}^{\infty} (U'_{2,n})^2 \right)^{1/2}}{U_2} \times 100 \%$$

als Prozentsatz, oder:

$$L_{d,\text{tot}} = 20 \lg \frac{d_{\text{tot}}}{100}$$

in Dezibel (dB).

- Die Ergebnisse der Prüfung werden graphisch dargestellt.

14.12.7 Modulationsfaktor n -ter Ordnung (mit $n = 2$ oder $n = 3$)

14.12.7.1 Anzugebende Eigenschaft

- Modulationsfaktor 2. Ordnung

Wenn f_1 und f_2 die Frequenzen von zwei sinusförmigen Eingangssignalen mit einem angegebenen Amplitudenverhältnis sind, ist der Modulationsfaktor 2. Ordnung das Verhältnis der arithmetischen Summe der Ausgangsspannungen bei den Frequenzen $f_2 + f_1$ und $f_2 - f_1$ zu der Ausgangsspannung bei der Frequenz f_2 .

- Modulationsfaktor 3. Ordnung

Wenn f_1 und f_2 die Frequenzen von zwei sinusförmigen Eingangssignalen mit einem angegebenen Amplitudenverhältnis sind, ist der Modulationsfaktor 3. Ordnung das Verhältnis der arithmetischen Summe der Ausgangsspannungen bei den Frequenzen $f_2 + 2f_1$ und $f_2 - 2f_1$ zu der Ausgangsspannung bei der Frequenz f_2 .

Der Hersteller sollte diese Daten in der Spezifikation angeben.

14.12.7.2 Messverfahren

- Wenn kein Spektrumanalysator benutzt wird, der ein unmittelbares Erkennen der verschiedenen Komponenten der Ausgangsspannung ermöglicht, werden f_1 und f_2 wie folgt gewählt: $f_2 - 2f_1$ sollte

vorzugsweise eine höhere Frequenz haben als die höchste signifikante Oberwelle von f_1 . Ist die höchste signifikante Oberwelle die 5., dann sollte f_1 nicht größer sein als $f_2/8$.

Es ist wünschenswert, f_1 zwischen 0,5 und 1,5 Oktaven oberhalb der unteren Grenze und f_2 zwischen 0,5 und 1,5 Oktaven unterhalb der oberen Grenze des Übertragungsbereiches zu wählen.

Wenn der zu messende Verstärker eine Entzerrung enthält, dann muss das Amplitudenverhältnis auf einen festgelegten Wert, vorzugsweise 4 : 1, an einem Punkt (üblicherweise entweder am Eingang oder am Ausgang des Verstärkers) eingestellt werden, an dem beim Benutzen des Verstärkers die spektrale Verteilung des Signals üblich ist. Z. B. hat ein entzerrender Verstärker für ein magnetisches Tonabnehmersystem für Schallplatten ein übliches Signalspektrum am Ausgang, während ein Aufnahmeverstärker für ein Magnettongerät ein übliches Spektrum an seinem Eingang hat.

- b) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und dann an zwei Quellen mit den Frequenzen f_1 und f_2 unter Zwischenschaltung je eines Schalters und eines Serienwiderstandes von mindestens dem 10fachen der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers an einen zu den Eingangsklemmen des Verstärkers parallel geschalteten Widerstand angeschlossen (siehe Bild 4). Der resultierende Wert der Parallelschaltung dieses Parallelwiderstandes mit den Entkopplungswiderständen muss gleich der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers sein.
- c) Beide Quellen werden mit Hilfe eines Schalters der Reihe nach angeschlossen. Die Quell-EMK bei der Frequenz f_1 ist so eingestellt, dass eine Ausgangsspannung U_{2,f_1} von 12 dB unter der Nenn-Ausgangsspannung erzeugt wird. Die Quell-EMK bei f_2 wird auf ein Amplitudenverhältnis von 4 : 1 eingestellt, um eine Ausgangsspannung U_{2,f_2} von 24 dB unter der Nennausgangsspannung zu erzeugen.
- d) Beide Quellen werden gleichzeitig angeschlossen und der die Messfrequenz $f_2 + f_1$, $f_2 - f_1$, $f_2 + 2f_1$ oder $f_2 - 2f_1$ durchlassende Bandpass zwischen den Ausgangs-Lastwiderstand und das Voltmeter eingefügt. Um die Genauigkeit der Messung sicherzustellen, muss die Dämpfung des Bandpasses bei anderen Frequenzen groß genug sein.
- e) Die selektiv gemessene Ausgangsspannung ($U'_{2,f_1 + f_2}$ usw.) wird entsprechend der Dämpfung des Bandpasses im Durchlassbereich korrigiert und, wenn erforderlich, die Messung bei anderen Verzerrungskomponenten wiederholt.
- f) Die Messungen dürfen, unter Beibehaltung des Amplitudenverhältnisses 4 : 1, für andere Werte der Eingangsspannungen wiederholt werden.
- g) Geräusch- und Störspannung dürfen 1/3 der Spannung der zu messenden Komponente nicht übersteigen. Dies kann durch Reduzieren der Quell-EMK auf Null geprüft werden.
- h) Der Modulationsfaktor 2. Ordnung kann nach der Gleichung ermittelt werden:

$$d_{m,2} = \frac{U'_{2,f_2+f_1} + U'_{2,f_2-f_1}}{U'_2} \times 100 \%$$

als Prozentsatz der Ausgangsspannung bei der Frequenz f_2 . Alternativ:

$$d_{m',2} = 5d_{m,2}$$

als Prozentsatz der Bezugsausgangsspannung, wenn das Amplitudenverhältnis 4 : 1 ist.

Der Modulationsfaktor 3. Ordnung kann nach der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$d_{m,3} = \frac{U'_{2,f_2+2f_1} + U'_{2,f_2-2f_1}}{U'_2} \times 100 \%$$

als Prozentsatz der Ausgangsspannung bei der Frequenz f_2 . Alternativ:

$$d_{m',3} = 5 d_{m,3}$$

als Prozentsatz der Bezugsausgangsspannung, wenn das Amplitudenverhältnis 4 : 1 ist.

- i) Die Ergebnisse der Messung sollten als Funktion der Frequenz und der Bezugsausgangsspannung oder als einzelne Zahl, vorzugsweise für Norm-Messbedingungen, dargestellt werden.

Wegen der im Verstärker vorhandenen zwei inkohärenten Signale ist die Spitze-Spitze-Signalamplitude gleich der Summe der Spitze-Spitze-Signalamplituden der beiden Sinussignale.

Die Bezugs-Ausgangsspannung für die Darstellung der Ergebnisse wird so gewählt, dass sie gleich der durch sinusförmige Komponenten verursachten Summe der Ausgangsspannungen ist.

Für ein Amplitudenverhältnis von 4 : 1 wird die Bezugs-Ausgangsspannung:

$$U_{2,ref} = U_{2, f_2} + U_{2, f_1} = 5 U_{2, f_2}$$

14.12.8 Differenztonfaktor n -ter Ordnung (mit $n = 2$ oder $n = 3$)

14.12.8.1 Anzugebende Eigenschaft

a) Differenztonfaktor 2. Ordnung

Wenn f_1 und f_2 die Frequenzen von zwei sinusförmigen Signalen gleicher Amplitude, mit einem festgelegten Frequenzabstand sind, dann ist der Differenztonfaktor 2. Ordnung das Verhältnis der Ausgangsspannung $U'_{2, f_2 - f_1}$ bei der Frequenz $f_2 - f_1$ zu der Bezugsspannung $U_{2, ref}$, der zweifachen Ausgangsspannung U_{2, f_2} .

b) Differenztonfaktor 3. Ordnung

Mit den Signalen, wie unter a) ist der Differenztonfaktor 3. Ordnung das Verhältnis der arithmetischen Summe der Ausgangsspannungen bei den Frequenzen $2f_2 - f_1$ und $2f_1 - f_2$ zu der Bezugsspannung $U_{2, ref}$, der zweifachen Ausgangsspannung U_{2, f_2} .

Der Hersteller sollte diese Daten in der Spezifikation angeben.

14.12.8.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und dann an zwei Quellen mit den Frequenzen f_1 und f_2 unter Zwischenschaltung je eines Schalters und eines Serienwiderstandes von mindestens dem 10fachen der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers an einen zu den Eingangsklemmen des Verstärkers parallel geschalteten Widerstand angeschlossen (siehe Bild 4). Der resultierende Wert der Parallelschaltung dieses Parallelwiderstandes mit den Serienwiderständen muss gleich der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers sein.

ANMERKUNG Die Serien- und Parallelwiderstände sind dafür vorgesehen, Intermodulation in den Signalquellen zu verhindern. Andere gleich wirkende Verfahren dürfen verwendet werden.

- b) Die Quell-Frequenzen f_1 und f_2 werden so eingestellt, dass sie einen Frequenzabstand von 80 Hz haben, es sei denn, es gibt triftige Gründe, einen anderen Abstand zu wählen.
- c) Jede Quelle wird mit Hilfe eines Schalters der Reihe nach angeschlossen und die Quell-EMK jeder Quelle so eingestellt, dass eine Ausgangsspannung U_{2, f_1} bzw. U_{2, f_2} von 16 dB unter der Nenn-Ausgangsspannung erzeugt wird (die Hälfte der Spannung unter Norm-Messbedingungen).
- d) Beide Quellen werden gleichzeitig angeschlossen und ein die entsprechenden Messfrequenzen $f_2 - f_1$, $2f_1 - f_2$ oder $2f_2 - f_1$ durchlassender Bandpass mit den Ausgangsanschlüssen verbunden. Die Dämpfung des Bandpasses bei anderen Frequenzen muss genügend groß sein, um die Genauigkeit der Messung sicherzustellen.
- e) Die durch die entsprechenden Verzerrungskomponenten verursachte Ausgangsspannung wird gemessen und entsprechend der Dämpfung des Bandpasses im Durchlassbereich korrigiert. Wenn erforderlich, werden die Messungen bei anderen Verzerrungskomponenten wiederholt.

ANMERKUNG Um alle Komponenten gleichzeitig zu messen, darf ein Spektrumanalysator verwendet werden.

- f) Geräusch- und Störsignalspannungen dürfen 1/3 der Spannung der zu messenden Komponente nicht übersteigen. Dies darf durch Reduzieren der Quell-EMKs auf Null überprüft werden.
- g) Der Differenztonfaktor 2. Ordnung darf nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$d_{d, 2} = \frac{U'_{2, f_2 - f_1}}{U_{2, ref}} \times 100 \%$$

als Prozentsatz.

Der Differenztonfaktor 3. Ordnung darf nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$d_{d, 3} = \frac{U'_{2, 2f_2 - f_1} + U'_{2, 2f_1 - f_2}}{U_{2, ref}} \times 100 \%$$

als Prozentsatz.

- h) Die Messungen dürfen für andere Werte der Quell-EMK und andere Werte der mittleren Messfrequenz f_m wiederholt werden. Bei Messungen mit tiefen Frequenzen sollte darauf geachtet werden, dass die in d) erwähnten Bandfilter genügend selektiv sind, um zwischen einer Komponente der zweiten und einer der dritten Ordnung zu unterscheiden, da deren Frequenzen dicht zusammenliegen.
- i) Weil im Verstärker zwei inkohärente Signale vorhanden sind, ist die Spitze-Spitze-Signalamplitude die Zweifache jedes Einzelsignals. Die Bezugs-Ausgangsspannung $U_{2,ref}$ ist deshalb die doppelte, wie die bei f_2 gemessene, d.h. $U_{2,ref} = 2U_{2, f_2}$.
- j) Die Ergebnisse der Messung sollten als Funktion der Frequenz und der Bezugs-Ausgangsspannung oder als einzelne Zahl, vorzugsweise für Norm-Messbedingungen, dargestellt werden.
- k) Bei diesem Messverfahren wurde vorausgesetzt, dass die benötigte Frequenzkurve im benutzten Bereich gerade ist. Bei der Messung frequenzabhängiger Schaltungen, z.B. Vorverstärker mit Entzerrung, muss am Eingang eine entsprechende spiegelbildliche Entzerrung verwendet werden, um in dem zu prüfenden Verstärker und an dessen Ausgang eine gewissermaßen übliche spektrale Verteilung des Prüfsignals zu erzeugen.

In diesem Fall muss das Amplitudenverhältnis auf den festgelegten Wert, vorzugsweise 1 : 1, an dem Punkt eingestellt werden (üblicherweise entweder am Eingang oder Ausgang des Verstärkers), an dem beim Benutzen des Verstärkers die spektrale Verteilung des Signals üblich ist, z.B. hat ein entzerrender Verstärker für ein magnetisches Tonabnehmersystem für Schallplatten ein übliches Signalspektrum an seinem Ausgang, während ein Aufnahmeverstärker für ein Magnetbandgerät ein übliches Signalspektrum an seinem Eingang hat.

14.12.9 Dynamischer Intermodulationsfaktor (DIM)

14.12.9.1 Anzugebende Eigenschaft

Die bei einem bestimmten Eingangssignal auftretende Modulationsverzerrung. Das Eingangssignal ist die Summe eines sinusförmigen Signals der Frequenz f_s und einer tiefpassgefilterten Rechteckschwingung der Grundfrequenz f_q , dabei ist $f_q < f_s$ und f_c die Grenzfrequenz des Tiefpasses. Das Spitze-Spitze-Amplitudenverhältnis des Rechtecksignals zu dem sinusförmigen Signal ist 4 : 1. Der dynamische Intermodulationsfaktor ist dann das Verhältnis der Effektivwerte der Ausgangsspannungen bei den in Tabelle 2 angegebenen Frequenzen zu der Amplitude der Ausgangsspannung bei der Frequenz f_s .

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

Tabelle 2 – Durch dynamische Intermodulation verursachte Verzerrungskomponenten, die in den Frequenzbereich bis zu 20 kHz fallen

Intermodulationskomponenten		Frequenz kHz
Frequenz	Symbol für die Ausgangsspannung	
$5f_q - f_s$	U_5	0,75
$f_s - 4f_q$	U_4	2,40
$6f_q - f_s$	U_6	3,90
$f_s - 3f_q$	U_3	5,55
$7f_q - f_s$	U_7	7,05
$f_s - 2f_q$	U_2	8,70
$8f_q - f_s$	U_8	10,20
$f_s - f_q$	U_1	11,85
$9f_q - f_s$	U_9	13,35

14.12.9.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und dann an zwei Quellen, eine mit einer sinusförmigen Spannung und eine mit einer Rechteckspannung, unter Zwischenschaltung je eines Schalters und Serienwiderstandes von mindestens dem 10fachen der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers an einem zu den Eingangsanschlüssen parallel geschalteten Widerstand

angeschlossen. Der resultierende Wert der Parallelschaltung dieses Parallelwiderstandes mit dem Serienwiderständen muss gleich der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers sein.

Die Quelle der Rechteckspannung muss mit einem einpoligen Tiefpass mit einer Grenzfrequenz f_c von 30 kHz oder 100 kHz (siehe Anmerkung 1) versehen werden.

ANMERKUNG 1 Die Frequenz f_c ist üblicherweise 30 kHz, eine Frequenz von 100 kHz steigert jedoch die Empfindlichkeit des Messverfahrens.

ANMERKUNG 2 Der Gehalt des Rechtecksignals an geradzahigen Oberwellen sollte 1 % des Wertes der Grundwelle nicht überschreiten.

- b) Die Sinussignalquelle wird auf eine Frequenz von $f_s = 15$ kHz eingestellt, die Rechtecksignalquelle auf eine Frequenz $f_q = 3,15$ kHz und das Verhältnis der Eingangs-Spitze-Spitze-Spannungen dieser Signale auf 1 : 4. Ein typisches Spektrum eines in der Praxis erhaltenen Signals wird in Bild 5 gezeigt.

Bei diesem Messverfahren wird vorausgesetzt, dass die Frequenzkurve im benutzten Bereich gerade ist. Bei der Messung frequenzabhängiger Schaltungen, z.B. Vorverstärker mit Entzerrung, muss am Eingang eine entsprechende spiegelbildliche Entzerrung verwendet werden, um in dem zu prüfenden Verstärker und an dessen Ausgang eine gewissermaßen übliche spektrale Verteilung des Prüfsignals zu erzeugen. In diesem Fall muss das Amplitudenverhältnis auf den festgelegten Wert, vorzugsweise 4 : 1, an dem Punkt eingestellt werden (üblicherweise entweder am Eingang oder Ausgang des Verstärkers), an dem beim Benutzen des Verstärkers die spektrale Verteilung des Signals üblich ist. Z. B. hat ein entzerrender Verstärker für ein magnetisches Tonabnehmersystem für Schallplatten ein übliches Signalspektrum an seinem Ausgang, während ein Aufnahmeverstärker für ein Magnetbandgerät ein übliches Signalspektrum an seinem Eingang hat.

ANMERKUNG 1 Das Spitze-Spitze-Spannungsverhältnis 1 : 4 entspricht:

- dem Verhältnis 1 : 5,66 zwischen Effektivwert-Amplituden,
- dem Verhältnis 1 : 11,3 zwischen dem Effektivwert einer sinusförmigen Spannung und dem Spitze-Spitze-Wert der Rechteckspannung.

ANMERKUNG 2 Messgeräte, die speziell für diese Messungen bestimmt sind, dürfen eine bis zu 1 % höhere Rechteckfrequenz als 3,15 kHz verwenden.

- c) Sind beide Quellen angeschlossen, werden die Eingangs-EMKs erhöht, bis die Spitze-Spitze-Eingangsspannung dem Spitze-Spitze-Wert der verzerrungsbegrenzten Nenn-Ausgangsspannung entspricht.
- d) Ein selektives Voltmeter oder ein Spektrumanalysator wird mit den Ausgangsanschlüssen verbunden. Die Amplituden des sinusförmigen Signals U_s und der Intermodulationskomponenten U_1, U_2, \dots, U_i mit den Frequenzen $mf_s \pm nf_q$ (dabei sind m und n ganze Zahlen) werden gemessen; die entsprechenden Verzerrungskomponenten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Das Messgerät muss die Frequenzen, die mehr als 750 Hz von der zu messenden Komponente weg liegen, mindestens 80 dB dämpfen.

ANMERKUNG Andere als die oben angegebenen Spektralkomponenten der Ausgangsgröße (wie die Komponenten der Frequenz $2nf_q$) werden nicht berücksichtigt.

- e) Die Pegel anderer verbleibender Komponenten einschließlich Brumm und Geräusch dürfen, bezogen auf die zu messende Komponente, -10 dB nicht übersteigen; dies darf durch Reduzieren der Quell-EMK auf Null geprüft werden.
- f) Der dynamische Intermodulationsfaktor darf nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$d_{\text{DIM}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^9 U_i'^2 \right)^{1/2}}{U_2} \times 100 \%$$

als Prozentsatz, oder:

$$L_{d,\text{DIM}} = 20 \lg d_{\text{DIM}}$$

in Dezibel (dB).

- g) Weitere Informationen über die Leistungsfähigkeit des Verstärkers dürfen durch zusätzliche Messungen einer Anzahl von Ausgangsspannungen im Bereich zwischen Null und der Nenn-Ausgangsspannung ermittelt werden.

- h) Die Ergebnisse der Prüfung werden entweder als Tabelle oder graphisch dargestellt. Der Wert von f_c muss angegeben werden. Die Bezugs-Ausgangsspannung, auf die die Messungen bezogen werden, wird durch Ersetzen des Prüfsignals durch eine sinusförmige Spannung mit derselben Spitze-Spitze-Spannung und einer Frequenz von 3,15 kHz gemessen.

14.12.10 Gesamt-Differenztonfaktor

14.12.10.1 Anzugebende Eigenschaft

Wenn f_1 und f_2 die Frequenzen von zwei sinusförmigen Eingangssignalen sind, dabei ist $f_1 = 2f_0$, $f_2 = 3f_0 - \delta$ und δ der Frequenzversatz, dann wird der Gesamt-Differenztonfaktor durch das Verhältnis der Wurzel aus der Summe der Quadrate der Ausgangsspannungen U'_{2, f_2-f_1} und $U'_{2, 2f_1-f_2}$ der „in Band“-Intermodulationsprodukte zweiter und dritter Ordnung bei den Frequenzen $f_0 - \delta$ und $f_0 + \delta$ zu einer Bezugsausgangsspannung angegeben, die gleich der arithmetischen Summe der Ausgangsspannungen U_{2, f_1} und U_{2, f_2} bei den Frequenzen f_1 und f_2 ist.

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.12.10.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Norm-Messbedingungen betrieben und dann an zwei Spannungsquellen mit sinusförmigen Spannungen unter Zwischenschaltung je eines Schalters und eines Serienwiderstandes von mindestens dem 10fachen der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers (siehe Bild 4) an einen zu den Eingangsanschlüssen parallel geschalteten Widerstand angeschlossen. Der resultierende Wert der Parallelschaltung dieses Parallelwiderstandes mit den Serienwiderständen muss gleich der Nenn-Quellimpedanz des Verstärkers sein. An- oder Abklemmen einer der Quellen darf nur eine vernachlässigbare Auswirkung auf den Pegel des von der anderen Quelle an den Verstärkereingang abgegebenen Signals haben.
- b) Die Frequenzen der Quellen werden auf f_1 und f_2 eingestellt (siehe 14.12.10.1). Wenn es keinen triftigen gegenteiligen Grund gibt, auf $f_1 = 8$ kHz und $f_2 = 11,95$ kHz. In diesem Fall ist $f_2 - f_1 = f_0 - \delta = 3950$ Hz und $2f_1 - f_2 = f_0 + \delta = 4050$ Hz.

Bei diesem Messverfahren wird vorausgesetzt, dass die Frequenzkurve im benutzten Bereich gerade ist. Bei der Messung frequenzabhängiger Schaltungen, z.B. Vorverstärker mit Entzerrung, muss am Eingang eine entsprechende spiegelbildliche Entzerrung verwendet werden, um in dem zu prüfenden Verstärker und an dessen Ausgang eine gewissermaßen übliche spektrale Verteilung des Prüfsignals zu erzeugen. In diesem Fall muss das Amplitudenverhältnis auf den festgelegten Wert, vorzugsweise 1 : 1, an dem Punkt eingestellt werden (üblicherweise am Eingang oder am Ausgang des Verstärkers), an dem beim Benutzen des Verstärkers die spektrale Verteilung des Signals üblich ist. Z. B. hat ein entzerrender Verstärker für ein magnetisches Tonabnehmersystem für Schallplatten ein übliches Signalspektrum an seinem Ausgang, während ein Aufnahmeverstärker für ein Magnetbandgerät ein übliches Signalspektrum an seinem Eingang hat.

- c) Jede Quelle wird mit Hilfe eines Schalters nacheinander angeschlossen und die Quell-EMK jeder Quelle so eingestellt, dass eine Ausgangsspannung U_2 von 16 dB unter der Nenn-Ausgangsspannung entsteht (die Hälfte der Spannung unter Norm-Messbedingungen).
- d) Es werden beide Quellen gleichzeitig und ein Bandpass oder ein Tiefpass angeschlossen, der die Frequenzen $f_0 \pm \delta$, üblicherweise 4 kHz \pm 50 Hz, durchlässt. Die Dämpfung des Bandpasses bei anderen Frequenzen muss groß genug sein, um die Genauigkeit der Messung zu gewährleisten.
- e) Die Ausgangsspannungen U'_{2, f_2-f_1} und $U'_{2, 2f_1-f_2}$ werden gemessen und entsprechend der Dämpfung des Bandpasses im Durchlassbereich korrigiert. Um alle Ausgangskomponenten zu messen, darf ein Frequenz- oder Spektrum-Analysator oder ein selektives Voltmeter benutzt werden; die Art, in der die Messung durchgeführt wird, wird durch die Bandbreite (Auflösung) des Messgerätes bestimmt. Ist die Bandbreite geringer als 2δ , dann werden die einzelnen Spannungen U'_{2, f_2-f_1} und $U'_{2, 2f_1-f_2}$ der Verzerrungskomponenten bei den Frequenzen $f_0 \pm \delta$ getrennt gemessen und die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Spannungen gebildet. Ist die Bandbreite größer als 2δ , dann dürfen die beiden Komponenten unter Verwendung eines den Effektivwert anzeigenden Instrumentes zusammen gemessen werden.

ANMERKUNG Wenn beide Komponenten zusammen gemessen werden, sollte ein echter Effektivwertmesser benutzt werden. Die Benutzung eines Mittelwertanzeigers darf einen Fehler bis zu 1 dB, ein Spitzenwertanzeiger bis zu 3 dB ergeben.

- f) Geräusch- und Störsignalspannungen am Ausgang des Bandpasses dürfen ein Drittel der beim Vorhandensein der Intermodulationskomponenten gemessenen Ausgangsspannung nicht überschreiten. Dies kann durch Abklemmen jeder Quelle nacheinander geprüft werden.
- g) Der Gesamt-Differenztonfaktor darf nach den folgenden Gleichungen ermittelt werden:

$$d_{\text{TDFD}} = \frac{\left[U_{2, f_2-f_1}'^2 + U_{2, 2f_1-f_2}'^2 \right]^{1/2}}{U_{2, f_1} + U_{2, f_2}} \times 100 \%$$

als Prozentsatz, oder:

$$L_{d, \text{TDFD}} = 20 \lg \left(\frac{d_{\text{TDFD}}}{100} \right)$$

in Dezibel (dB).

- h) Weitere Informationen über die Leistungsfähigkeit des Verstärkers dürfen durch zusätzliche Messungen einer Anzahl von Ausgangsspannungen in dem Bereich zwischen Null und der Nennausgangsspannung und einer Anzahl von angegebenen Frequenzen (siehe 2.12.10.1) ermittelt werden. Die Frequenz f_2 darf innerhalb des verzerrungsbegrenzten Übertragungsbereiches so hoch wie möglich, jedoch höchstens 20 kHz gewählt werden.
- i) Die Ergebnisse der Prüfungen werden graphisch oder als Werte für angegebene Frequenzen und Ausgangsspannungen dargestellt. Die Bezugsausgangsgröße, auf die die Messungen bezogen werden, ist eine sinusförmige Spannung mit demselben Spitze-Spitze-Wert wie die gemessene Ausgangsspannung und einer Frequenz f_0 . Die für die Messungen benutzten Frequenzen f_1 und f_2 müssen angegeben werden.

14.12.11 Bewerteter Gesamtklirrfaktor

Die in 14.12.3, 14.12.4, 14.12.5 und 14.12.6 beschriebenen Eigenschaften dürfen durch Einfügen eines dem Anhang A von IEC 60268-1 entsprechenden Bewertungsnetzwerkes zwischen den Ausgangsanschlüssen des Verstärkers und dem Verzerrungsmessgerät als bewertete Werte gemessen und angegeben werden. Die Einfügungsdämpfung des Bewertungsfilters bei der Frequenz des Eingangssignals muss berücksichtigt werden. Siehe auch Änderung 1 zu IEC 60268-2.

Wegen der Form der Frequenzkurve des Bewertungsfilters gelten die Messungen nur für Frequenzen des Eingangssignals zwischen 31,5 Hz und 400 Hz.

Der Nenn-Gesamtklirrfaktor (siehe 14.12.2) darf auch als bewerteter Wert angegeben werden.

Bei den Ergebnissen muss eindeutig angegeben werden, dass es sich um bewertete Messungen handelt.

ANMERKUNG Messungen des bewerteten Klirrfaktors sind zweckmäßig, wenn der Klirrfaktor aus vielen Harmonischen besteht, deren Pegel alle im Verhältnis zur Gesamt-Ausgangsspannung klein sind. In diesem Fall korrelieren die Ergebnisse der bewerteten Messung mit der subjektiven Beurteilung der Wiedergabequalität (Hörtests) besser als die der unbewerteten Messung. Außer im oben genannten Fall sind unbewertete Messungen zu bevorzugen.

14.13 Störgeräusch

14.13.1 Anzugebende Eigenschaft

- a) Störabstand

Das Verhältnis, ausgedrückt in dB, der Nenn-Ausgangsspannung zu der breitbandig oder bewertet gemessenen Summe der Ausgangsspannungen oder der durch die verschiedenen Störkomponenten verursachten Oktav- oder Terzband-Ausgangsspannungen. Dabei wird der Verstärker unter Nennbedingungen betrieben und dann die Quell-EMK auf Null zurückgedreht. Die Bewertungskurve und die Eigenschaften des Messinstrumentes müssen IEC 60268-1 entsprechen.

Wo es zweckmäßig ist, dürfen Informationen über das Störgeräusch, außer Brumm und anderen Störsignalkomponenten, angegeben werden. Wenn dies der Fall ist, muss es ausdrücklich angegeben werden.

Wenn es sinnvoll ist, eine andere Bezugsausgangsspannung als die Nenn-Ausgangsspannung zu benutzen, muss der Pegel dieser Bezugsspannung in Dezibel, bezogen auf die Nennspannung (0 dB), bei den Ergebnissen angegeben werden.

- b) Stör-Ausgangsspannung

Die Ausgangsspannung eines Verstärkers, die durch das innerhalb des Verstärkers und innerhalb seiner Nenn-Quellimpedanz erzeugte Störgeräusch verursacht wird. Diese Spannung wird am Ausgang eines geeigneten Filters oder eines entsprechenden Bewertungsnetzwerkes nach IEC 60268-1 gemessen.

ANMERKUNG Für viele Zwecke ist der Wert dieser Stör-Ausgangsspannung wichtiger als sein Verhältnis zur verzerrungsbegrenzten Nenn-Ausgangsspannung.

Die Angabe der Stör-Ausgangsspannung (anstelle des Störabstandes) vermeidet auch begriffliche Schwierigkeiten, die dann entstehen, wenn die Störgeräuschangaben bei Arbeitsbedingungen gemacht werden müssen, unter denen die verzerrungsbegrenzte Ausgangsspannung nicht ermittelt werden kann.

c) Rest-Stör-Ausgangsspannung

Die wie vorstehend unter b) definierte Stör-Ausgangsspannung, jedoch mit ganz zurückgedrehtem Lautstärkesteller gemessen.

d) Äquivalente Geräusch-Quell-EMK

Die EMK einer Quelle, die ein sinusförmiges Signal einer angegebenen Frequenz abgibt, die eine Ausgangsspannung erzeugt, die der durch den Verstärker erzeugten Stör-Ausgangsspannung gleich ist.

ANMERKUNG Die Frequenz der äquivalenten Quelle sollte vorzugsweise die Norm-Bezugsfrequenz von 1000 Hz sein.

Der Hersteller muss die Nennwerte einer oder mehrerer dieser Eigenschaften in der Spezifikation angeben.

14.13.2 Messverfahren

a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben.

b) Die Quell-EMK wird auf Null zurückgedreht.

c) Das Störspannungsmessgerät für breitbandige (unbewertete), bewertete oder Oktav-/Terzbandmessung wird mit den Ausgangsanschlüssen verbunden (siehe IEC 60268-1).

d) Die Stör-Ausgangsspannung U'_2 wird dann bei den erforderlichen Einstellungen der Steller oder, wenn benötigt, bei den geforderten Betriebsbedingungen (z.B. verminderte oder erhöhte Versorgungsspannung) gemessen.

e) Die Stör-Ausgangsspannung U'_2 darf direkt angegeben werden.

f) Der Störabstand darf als

$$20 \lg \frac{U_{2,\text{ref}}}{U'_2}$$

ausgedrückt werden, dabei ist $U_{2,\text{ref}}$ eine angegebene Bezugsspannung, z. B. die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung.

g) Die Einstellung aller dazugehörenden Steller und die Messbedingungen müssen zusammen mit den Ergebnissen klar angegeben werden.

h) Die äquivalente Störgeräusch-Quell-EMK darf aufgrund der Messungen der Stör-Ausgangsspannung und der Verstärkung (siehe 2.10.2) berechnet werden:

$$E_{\text{in}} = \frac{U'_2}{A}$$

Dabei ist:

E_{in} die äquivalente Störgeräusch-Quell-EMK,

U'_2 die Stör-Ausgangsspannung,

A die EMK-Verstärkung, unter denselben Bedingungen gemessen.

14.14 Brumm

14.14.1 Einführung

Störungen mit der Frequenz der Stromversorgung und ihrer Oberwellen werden Brumm genannt. Die subjektive Wirkung von Brumm hängt stark von der Kurvenform und dem spektralen Gehalt ab, so dass gute

Korrelation zwischen einfachen Messungen und subjektiven Beurteilungen üblicherweise nicht erreicht wird, besonders weil die Eigenschaften von Lautsprechern starken Einfluss auf die subjektiven Ergebnisse haben.

In Geräten mit veränderlicher Leistungsaufnahme ist die Brumm-Ausgangsspannung eher eine Funktion des Signalpegels, so dass ein spezielles Messverfahren erforderlich ist.

14.14.2 Anzugebende Eigenschaften

- a) Brumm-Ausgangsspannung: Die bei Betrieb des Verstärkers unter festgelegten Bedingungen durch Störungen mit der Stromversorgungsfrequenz und ihrer Oberwellen verursachte Ausgangsspannung.
- b) Signal-Brumm-Abstand: Das Verhältnis der verzerrungsbegrenzten Ausgangsspannung zu der Brumm-Ausgangsspannung, die entsteht, wenn der Verstärker unter Nennbedingungen betrieben, aber die Quell-EMK auf Null reduziert wird.
- c) Äquivalente Brumm-Quell-EMK: Die Quell-EMK mit angegebener Frequenz, die beim Anlegen an den Eingang des unter sonst gleichen Bedingungen arbeitenden Verstärkers eine Ausgangsspannung erzeugen würde, die gleich der gemessenen Brumm-Ausgangsspannung ist.
- d) Rest-Brumm-Ausgangsspannung: Die bei ganz zurückgedrehten Verstärkungsstellern gemessene Brumm-Ausgangsspannung.

ANMERKUNG Es ist unlogisch, diese Spannung auf die Nenn-Ausgangsspannung zu beziehen und einen „Rest-Signal-Brumm-Abstand“ zu errechnen, weil mit auf Minimum gedrehten Verstärkungsstellern die Nenn-Ausgangsspannung nicht erreicht werden kann.

Der Hersteller sollte die Nennwerte einer oder mehrerer dieser Eigenschaften angeben.

14.14.3 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Nennbedingungen betrieben und dann auf die Bedingungen, unter denen die Messung durchzuführen ist, umgestellt.
- b) Ein Bandpass, der die zu messenden Komponenten der Brummfrequenz durchlässt, wird mit den Ausgangsanschlüssen verbunden.
- c) Wenn bei Geräten mit veränderlicher Leistungsaufnahme die Änderung der Brumm-Ausgangsgröße mit der Signal-Ausgangsgröße zu messen ist, wird eine Quelle mit einer Frequenz, die verglichen mit der Stromversorgungsfrequenz groß ist, z. B. 5 kHz, angeschlossen und die Quell-EMK so eingestellt, dass die geforderte Signal-Ausgangsspannung erzeugt wird (z. B. wie für Norm-Messbedingungen).
- d) Die Ausgangsspannung des Bandpasses wird gemessen und, wenn erforderlich, für die Dämpfung im Durchlassbereich des Bandpasses korrigiert.
- e) Die Messung wird bei anderen Brummfrequenzen wiederholt.
- f) Die Brumm-Ausgangsspannung darf als Spektrum oder zu einer Gesamt-Brumm-Ausgangsspannung zusammengefasst angegeben werden:

$$U_{HT} = \left(\sum U_H^2 \right)^{1/2}$$

Der Signal-Brumm-Abstand darf, wie in 14.14.2 b) beschrieben, berechnet werden. Die äquivalente Brumm-Quell-EMK darf unter Verwendung der EMK-Verstärkung, die aus den Ergebnissen der in 14.5.4 beschriebenen Messung berechnet wird, wie in 14.14.2 c) beschrieben, berechnet werden.

- g) Für Geräte mit veränderlicher Leistungsaufnahme dürfen die Messungen mit anderen Werten der Ausgangsspannung wiederholt und die Ergebnisse graphisch dargestellt werden.
- h) Um alle Komponenten der Brumm-Ausgangsspannungen gleichzeitig zu messen, darf ein Spektrumanalysator benutzt werden.
- i) Um die Rest-Brumm-Ausgangsspannung zu bestimmen, dürfen die Messungen mit auf geringste Verstärkung gedrehten Verstärkungsstellern wiederholt werden.

14.15 Symmetrie der Ein- und Ausgänge

14.15.1 Symmetrie des Eingangs

Die Symmetrie eines Eingangs kann durch Ungleichheit der internen Impedanzen zwischen den Eingangsanschlüssen und dem Bezugspunkt und/oder durch Fehler der Schaltung zum ausreichenden Unterdrücken von Gleichtaktsignalen beeinflusst werden.

14.15.1.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Kombination von Unsymmetrieeffekten muss als Gleichtaktunterdrückungsverhältnis (CMRR) angegeben werden. Die Messungen werden nach dem Verfahren von 14.15.1.2 durchgeführt. Dieses Verhältnis sollte vorzugsweise in dB angegeben werden.

Dem Hersteller wird sehr empfohlen den Nennwert in der Spezifikation anzugeben.

14.15.1.2 Messverfahren

- a) Das nach der Prüfschaltung in Bild 6 (basierend auf Bild 1 von IEC 60268-2) angeschlossene Gerät wird mit Schalter S1 und S2 in Stellung 1 unter Norm-Messbedingungen betrieben. Der Generator muss eine ungeerdete symmetrische Ausgangsschaltung mit einer Ausgangsimpedanz haben, deren Wert nicht größer als R_s ist. Der Wert der beiden Widerstände R muss $10 \Omega \pm 1\%$ betragen, oder von geringerer Grenzabweichung sein.

ANMERKUNG Tabelle 10 in EN 61938 empfiehlt für R_s einen Wert von 50Ω oder weniger.

- b) Die Eingangsspannung U_1 wird unter Benutzung eines erdfreien Messgerätes hoher Impedanz gemessen.
- c) Die Ausgangsspannung U_2 wird unter Benutzung eines geeigneten Gerätes gemessen.
- d) Der Schalter S1 wird dann in Stellung 2 gestellt, hierbei wird Schalter S2 in Position 1 belassen. Die Quell-EMK wird dann auf U'_1 erhöht, so dass die Ausgangsspannung U'_2 entweder gleich U_2 oder mindestens ausreichend hoch ist, um durch Brumm- und Störgeräusch verursachte Fehler zu vermeiden.
- e) Die Werte von U'_1 und U'_2 werden unter Benutzung derselben Geräte wie zuvor gemessen. Während der Messung von U'_2 ist sporadisch der Wert mit Schalter S2 in Position 1 festzuhalten und dann wieder auf Position 2 zu setzen. Der höhere der beiden Werte von U'_2 wird als der Wert für den nächsten Schritt festgehalten.
- f) Die Gleichtaktunterdrückung (CMRR) wird in Dezibel berechnet als $20 \lg \left(\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{U'_1}{U'_2} \right)$.

Um die Genauigkeit sicherzustellen, ist es unbedingt erforderlich elektrostatische Abschirmungen und die in Bild 6 gezeigten Erdverbindungen zu benutzen und die Komponenten von Luftströmen abzuschirmen, die Änderungen der Temperaturunterschiede verursachen können.

Der Wert des für die Messung benutzten R_s (der Nenn-Quellwiderstand) muss mit den Messdaten angegeben werden. Wenn vom Hersteller kein Wert für R_s angegeben wird, muss ein Wert von 50Ω benutzt werden, außer es ist etwas anderes angegeben.

- g) Die Messung wird für eine Anzahl von Frequenzen wiederholt, die den Übertragungsbereich des Gerätes hinreichend abdecken. Mindestens 3 Messungen werden empfohlen, eine bei niedriger Frequenz wie 80 Hz, eine bei der Norm-Bezugsfrequenz und eine bei höherer Frequenz wie 10 kHz. Die Messung darf auch mit anderen Werten der Quell-EMK wiederholt werden.
- h) Die Ergebnisse werden entweder als Tabelle oder graphisch dargestellt, dabei werden die CMRR als Ordinate (in Dezibel oder linear) und die Frequenz als Abszisse (logarithmisch) aufgetragen und die Messpunkte gekennzeichnet.

14.15.2 (Verzerrungsbegrenzte) Übersteuerungs-Gleichtakt-Eingangsspannung (Spitze-Spitze)

14.15.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Spitze-Spitze-Wert der Gleichtakteingangsspannung bei dem die Verzerrung der Ausgangssignalform mit zunehmender Eingangsspannung beginnt stark anzusteigen.

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.15.2.2 Messverfahren

- a) Das Verfahren nach 14.15.1.2 wird bis auf Schritt e) durchgeführt, dabei wird ein Oszilloskop am Ausgang des zu prüfenden Gerätes so angeschlossen, dass die Signalform beobachtet werden kann. Die Spannung U_1 wird dann erhöht, bis die Kurvenform mit zunehmender Spannung stark zunehmende Verformungen zeigt. Der Wert von U_1 wird festgehalten.

ANMERKUNG Eine herkömmliche Messung des Verzerrungsanstiegs ist nicht anwendbar, da sich die Verzerrungen des Ausgangssignals auf komplexe Art mit dem Eingangssignalpegel ändern können.

- b) Falls kein starker Anstieg der Verzerrungen bei einem Effektivwert für U_1 gleich 24 V beobachtet werden kann, braucht keine größere Eingangsspannung angelegt werden.
- c) Der gemessene Wert von U_1 wird ausgedrückt als Spitze-Spitze-Wert, in dem er durch Multiplikation mit $2\sqrt{2}$ (2,828) von einem Effektiv- in einen Spitze-Spitze-Wert umgerechnet wird. Falls vorstehende Bedingung b) zutrifft, darf „größer als 68 V“ als Ergebnis angegeben werden.

14.15.3 Symmetrie des Ausgangs

14.15.3.1 Einführung

Eine allgemeine Information zu Zweck und Eigenschaften symmetrischer Schnittstellen ist in Anhang A enthalten. Die Symmetrie des Ausgangs kann durch einen oder mehrere der folgenden Effekte beeinflusst werden:

- a) Ungleichheit der internen Impedanzen zwischen den Ausgangsanschlüssen und dem Bezugspunkt. Diese Wirkung ist von besonderer Bedeutung, wenn der am Ausgang angeschlossene Eingang auch ungleiche innere Impedanzen bezogen auf den Bezugspunkt hat.
- b) Ungleichheit der EMKs zwischen den Ausgangsanschlüssen und dem Bezugspunkt. Dieser Effekt wird als ein Gleichtaktsignal angesehen, das dem symmetrischen Nutzsignal durch Umwandlung im Betrieb überlagert wird.
- c) Innere Impedanz der Quelle der Unsymmetrie. Dies wird als die Quellimpedanz angesehen, die dem unter b) beschriebenen Gleichtaktsignal zugeordnet ist.
- d) Die Unterschiede der Phasenverschiebung in den Signalketten zu jedem Ausgangsanschluss.

14.15.3.2 Anzugebende Eigenschaft

- a) Die Symmetrie der inneren Impedanz, ausgedrückt als das umgekehrte Verhältnis der differentiellen Ausgangsspannung, verursacht durch Einspeisen eines Gleichtaktsignals in den Ausgang, zur EMK des Gleichtaktsignals, gemessen mit dem Verfahren nach 14.15.3.3.
- c) Die Symmetrie der Ausgangsspannungen, ausgedrückt als das umgekehrte Verhältnis der Gleichtaktspannung, erzeugt durch Umwandlung im Betrieb, zur erzeugenden differentiellen Ausgangsspannung, gemessen mit dem Verfahren nach 14.15.3.4.

ANMERKUNG Dies umfasst auch Effekte durch differentielle Phasenverschiebung.

Der Hersteller sollte die Nennwerte in Dezibel in der Spezifikation angeben.

14.15.3.3 Messverfahren für die Symmetrie der inneren Impedanz

- a) Das Gerät wird an die Prüfschaltung nach Bild 7 angeschlossen. Die Widerstände R müssen $3300 \Omega \pm 1\%$ betragen, oder eine geringere Grenzabweichung besitzen und der Potentiometer R_T muss $500 \Omega \pm 1\%$ betragen, oder eine geringere Grenzabweichung besitzen. Die Eingangsspannung V muss 7,75 V (20 dBu) betragen, wenn nicht anders angegeben. In einigen Fällen braucht es nicht erforderlich sein, den Eingang des zu prüfenden Gerätes mit seiner Nenn-Quellimpedanz R_S abzuschließen.
- b) Der Schalter S wird zuerst in Stellung 1 gebracht und R_T nachgestellt, dass die gemessene Spannung U_2 minimal wird, dann wird S in Stellung 2 gebracht und R_T wieder nachgestellt, dass derselbe Wert von U_2 in beiden Schalterstellungen gemessen wird.
- c) Die Symmetrie der inneren Impedanz wird in dB ausgedrückt als das Verhältnis von V zu U_2 :

$$20 \lg \left(\frac{V}{U_2} \right)$$

- d) Die Messung wird für eine Anzahl von Frequenzen wiederholt, die den Übertragungsbereich des Gerätes hinreichend abdecken. Mindestens 3 Messungen werden empfohlen, eine bei niedriger Frequenz wie 80 Hz, eine bei der Norm-Bezugsfrequenz und eine bei höherer Frequenz wie 10 kHz. Die Messung darf auch mit anderen Werten der Eingangsspannung wiederholt werden.
- e) Die Ergebnisse werden entweder als Tabelle oder graphisch dargestellt, dabei werden das Verhältnis als Ordinate (in Dezibel oder linear) und die Frequenz als Abszisse (logarithmisch) aufgetragen.

14.15.3.4 Messverfahren für die Symmetrie der Spannung

- a) Das Gerät, angeschlossen an die Prüfschaltung nach Bild 8 (ausgehend von Bild 2 in IEC 60268-2), wird in die Norm-Messbedingungen gebracht mit Schalter S in Position 1. Von den beiden Widerständen $R_L/2$ muss jeder gleich der Hälfte des Nenn-Lastwiderstandes sein, abzüglich des Widerstandes vom Potentiometer R_T . Wenn nicht anders angegeben muss der Wert von R_m 600 Ω betragen.
- b) Die Ausgangsspannung U_2 wird mit einem erdfreien Messgerät hoher Impedanz gemessen. Die Gleichtaktspannung U'_2 wird mit einem geeigneten Gerät gemessen.
- c) Der Trimpotentiometer R_T wird so abgestimmt, dass sich derselbe (Mindest-)Wert von U'_2 in beiden Schalterstellungen von S ergibt.
- d) Das Verhältnis von Differenzsignal zu Gleichtaktsignal wird in Dezibel berechnet als:

$$20 \lg \left(\frac{U_2}{U'_2} \right)$$

- e) Die Messung wird für eine Anzahl von Frequenzen wiederholt, die den Übertragungsbereich des Gerätes hinreichend abdecken. Mindestens 3 Messungen werden empfohlen, eine bei niedriger Frequenz wie 80 Hz, eine bei der Norm-Bezugsfrequenz und eine bei höherer Frequenz wie 10 kHz. Die Messung darf auch mit anderen Werten der Quell-EMK wiederholt werden.
- f) Die Ergebnisse werden entweder als Tabelle oder graphisch dargestellt, dabei werden das Verhältnis als Ordinate (in Dezibel oder linear) und die Frequenz als Abszisse (logarithmisch) aufgetragen.

14.16 Übersprechen und Kanaltrennung in Mehrkanalverstärkern

14.16.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Übersprechdämpfung in Dezibel ist

$$20 \lg \frac{U_{A,A}}{U_{B,A}}$$

Dabei ist:

$U_{A,A}$ die Nenn-Ausgangsspannung von Kanal A;

$U_{B,A}$ die Ausgangsspannung von Kanal B, die durch die an Kanal A angelegte Nenn-Eingangsspannung verursacht wird.

Die Kanaltrennung in Dezibel ist

$$20 \lg \frac{U_{A,A}}{U_{A,B}}$$

dabei ist $U_{A,B}$ die Ausgangsspannung von Kanal A, die durch die an Kanal B angelegte Nenn-Eingangsspannung verursacht wird.

Der Hersteller sollte die Nennwerte von einiger dieser Eigenschaften in der Spezifikation angeben.

14.16.2 Messverfahren

- a) Zwei Kanäle A und B werden unter Nennbedingungen betrieben.
- b) Die zwei Ausgangsspannungen $U_{A,A}$ von Kanal A und $U_{B,B}$ von Kanal B werden gemessen.

- c) Die Eingangsspannung für Kanal A wird auf Null gestellt und die Ausgangsspannung $U_{B, A}$ wird gemessen. Diese Messung darf durchgeführt werden:
- 1) breitbandig oder
 - 2) selektiv bei der Messfrequenz oder
 - 3) selektiv bei den Oberwellen der Messfrequenz.

Für die Breitbandmessung müssen ein Effektivwert-Voltmeter und ein Breitbandfilter nach IEC 60268-1 benutzt werden.

ANMERKUNG Um den Geräuschspannungsabstand der breitbandigen Messung zu verbessern, darf die Eingangs-Quell-EMK erhöht werden. Es ist darauf zu achten, dass dies keine Übersteuerung an irgendeiner Stelle des aktiven Kanals verursacht und dass die Übersteuerungs-Quell-EMK nicht überschritten wird. Der Wert der benutzten Quell-EMK sollte mit den Ergebnissen angegeben werden.

- d) Die Eingangsspannung für Kanal A wird wieder aufgedreht und die von Kanal B auf Null gestellt. Die Ausgangsspannung $U_{B, A}$ wird wie oben gemessen.
- e) Aufgrund dieser Messungen können die gewünschten Verhältnisse errechnet werden.

Die Übersprechdämpfung in Dezibel von Kanal A in Kanal B ist:

$$20 \lg \frac{U_{A, A}}{U_{B, A}}$$

Die Übersprechdämpfung in Dezibel von Kanal B in Kanal A ist:

$$20 \lg \frac{U_{B, B}}{U_{A, B}}$$

Die Kanaltrennung in Dezibel des Kanals A vom Kanal B ist:

$$20 \lg \frac{U_{A, A}}{U_{A, B}}$$

Die Kanaltrennung in Dezibel des Kanals B von Kanal A ist:

$$20 \lg \frac{U_{B, B}}{U_{B, A}}$$

ANMERKUNG 1 Die Benennung „Trennung“ wird üblicherweise nur bei Kanalpaaren verwendet, die zusammengehörende Signale für Stereophonie übertragen. Übersprechdämpfung und Kanaltrennung sind nur gleich, wenn $U_{A, A} = U_{B, B}$.

ANMERKUNG 2 Die Benennung „Kanal“ umfasst in diesem Zusammenhang einen einzelnen Signalpfad von einem einzelnen Eingang zu einem einzelnen Ausgang. Ein verzweigter Pfad kann mehr als einen Eingang und/oder mehr als einen Ausgang haben. Daraus folgend kann dieses Messverfahren benutzt werden, um die Übersprechdämpfung zwischen jedem Eingang und jedem Ausgang (einschließlich einem niederpegeligen Ausgang für Aufzeichnungen) zu bestimmen, der nicht Teil desselben Signalpfades ist.

Das Messverfahren für das Störsignal (breitbandig, selektiv oder selektiv bei den Frequenzen der Oberwellen) muss angegeben werden.

Das Ergebnis der breitbandigen Messung darf als „Gesamt-Übersprechdämpfung“ oder die „Gesamt-Kanaltrennung“ bezeichnet werden.

Das Ergebnis der selektiven Messung darf als „Lineare Übersprechdämpfung“ oder die „Lineare Kanaltrennung“ bezeichnet werden.

Das Ergebnis der selektiven Messungen der Oberwellen darf als „Nichtlineare Übersprechdämpfung“ oder als „Nichtlineare Kanaltrennung“ bezeichnet werden. Um als Ergebnis eine „einzelne Zahl“ zu erhalten, kann die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Amplituden der Oberwellen angegeben werden.

- f) Die Messungen dürfen bei anderen Frequenzen, bei anderen Ausgangsspannungen und für andere Kanäle wiederholt werden. Die Ergebnisse dürfen als Tabelle oder graphisch dargestellt werden.

14.17 Verstärkungs- und Phasenunterschiede zwischen den Kanälen von Mehrkanalverstärkern

14.17.1 Verstärkungsunterschied

14.17.1.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Unterschied der Verstärkungen zwischen den Kanälen eines Paares für angegebene Stellungen ggf. vorhandener Steller, als Funktion der Frequenz.

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

14.17.1.2 Messverfahren

- a) Beide Kanäle werden unter Norm-Messbedingungen an derselben Quelle betrieben.
- b) Ggf. vorhandene Lautstärke-, Balance- und Klangsteller werden für beide Kanäle in angegebene einander entsprechende Stellungen gebracht. Eine evtl. vorhandene Einrichtung zum Verstärkungsabgleich sollte ordnungsgemäß eingestellt sein.
- c) Die Frequenz der Quelle wird kontinuierlich oder stufenweise verändert, dabei bleibt die Quell-EMK konstant. Die Ausgangsspannungen $U_{A, A}$ und $U_{B, B}$ von beiden Kanälen werden bei den einzelnen Frequenzen gemessen.
- d) Das Verhältnis der Ausgangsspannungen $U_{A, A}$ und $U_{B, B}$ wird als Funktion der Frequenz in Dezibel angegeben.
- e) Die Messung wird für eine Anzahl von für beide Kanäle übereinstimmenden Stellungen der Lautstärkesteller-, Balance- und Klangsteller wiederholt, dabei entspricht eine der Stellungen Nennbedingungen. Bei einer evtl. vorhandenen Einrichtung zum Verstärkungsabgleich sollte die unter b) gewählten Stellung nicht verändert werden.
- f) Die Ergebnisse werden als eine Reihe von Kurven, jede mit den Stellerpositionen bezeichnet, mit dem Verhältnis der Ausgangsspannungen auf der Ordinate und der Frequenz auf der Abszisse angegeben.

14.17.2 Phasenunterschied

14.17.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Unterschied der Phasen zwischen den Kanälen eines Paares für angegebene Stellungen von ggf. vorhandenen Stellern als Funktion der Frequenz.

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

14.17.2.2 Messverfahren

- a) Beide Kanäle werden unter Norm-Messbedingungen an derselben Quelle betrieben.
- b) Ggf. vorhandene Lautstärke-, Balance- und Klangsteller werden für beide Kanäle in angegebene einander entsprechende Stellungen gebracht. Eine evtl. vorhandene Einrichtung zum Verstärkungsabgleich sollte ordnungsgemäß eingestellt sein.
- c) Ein Phasendifferenzmesser wird unter Beachtung der Kennzeichnung der Anschlüsse mit den Ausgangsanschlüssen beider Kanäle verbunden.
- d) Die Frequenz der Quelle wird verändert und der Phasenunterschied bei den einzelnen Frequenzen gemessen.
- e) Der Phasenunterschied $\Delta\varphi$ zwischen den beiden Kanälen wird als Funktion der Frequenz entweder im Bogenmaß, in Grad oder als Laufzeitunterschied nach 14.11.4 ausgedrückt.
- f) Die Messung wird für eine Anzahl von für beide Kanäle übereinstimmenden Stellungen der Lautstärkesteller-, Balance- und Klangsteller wiederholt, dabei entspricht eine der Stellungen Nennbedingungen. Bei einer evtl. vorhandenen Einrichtung zum Verstärkungsabgleich sollte die unter b) gewählte Stellung nicht verändert werden.
- g) Die Ergebnisse werden als eine Reihe von Kurven, jede mit den Stellerpositionen bezeichnet, mit dem Phasenunterschied auf der Ordinate und der Frequenz auf der Abszisse angegeben.

14.18 Maße und Gewicht

14.18.1 Anzugebende Eigenschaften

- a) Die Über-Alles-Maße und die Montage-Maße
- b) Die Nettomasse

Der Hersteller muss diese Werte in der Spezifikation angeben.

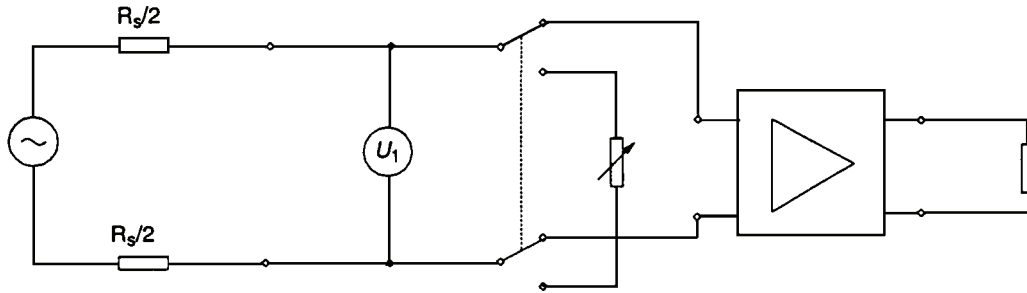


Bild 1a) Anordnung zur Messung der Eingangsimpedanz – symmetrischer Eingang, erdfrei
(siehe 14.5.2.2.1)

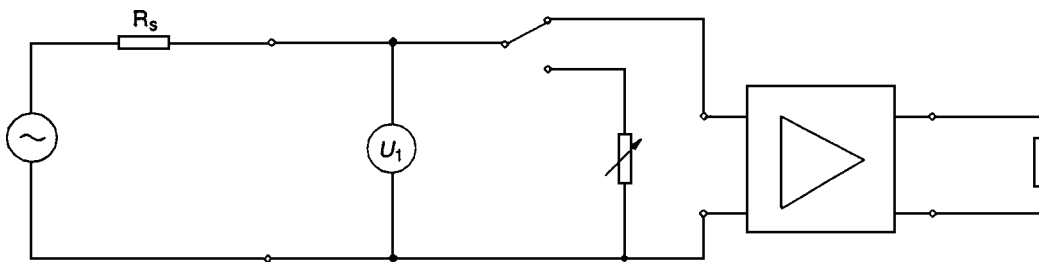


Bild 1b) Anordnung zur Messung der Eingangsimpedanz – unsymmetrischer Eingang
(siehe 14.5.2.2.2)

Bild 1 – Anordnungen zur Messung der Eingangsimpedanz

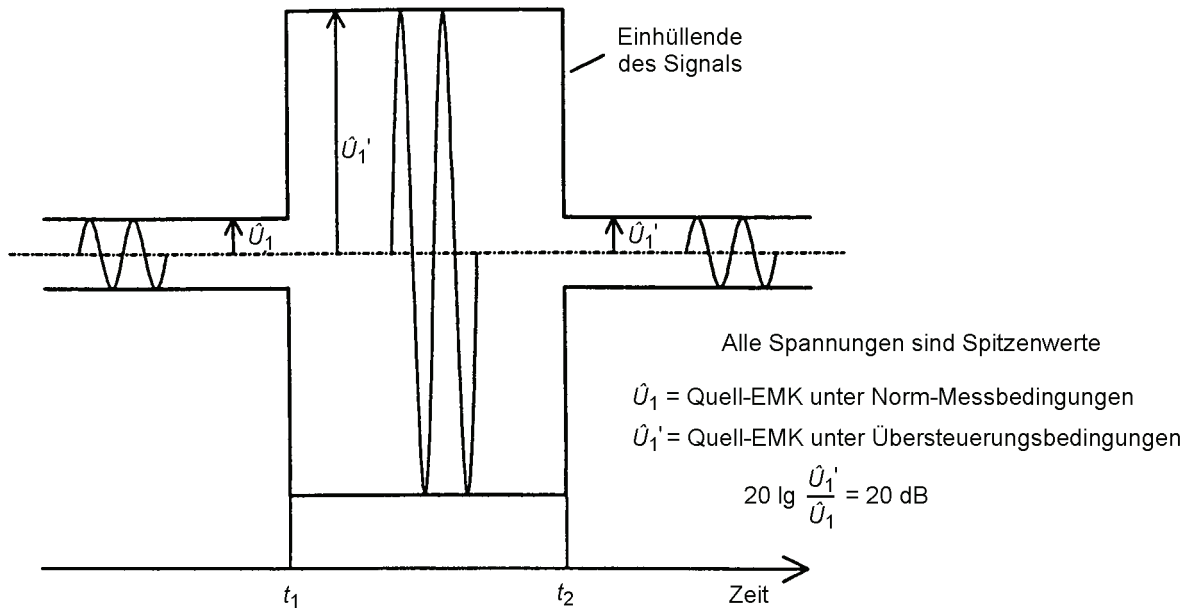
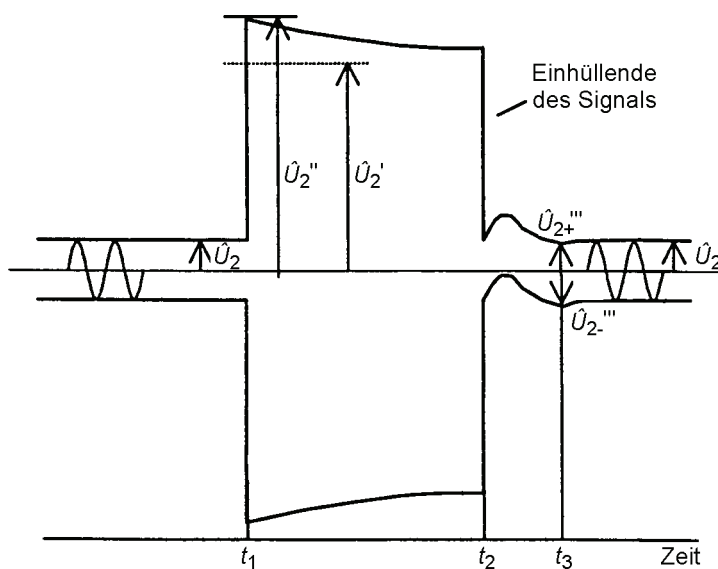


Bild 2a) Oszillogramm der Quell-EMK bei Messung der Übersteuerungs-Erholungszeit
(siehe 14.6.5)



Alle Spannungen sind Spitzenwerte

$\hat{U}_2 =$ Ausgangsspannung unter Messbedingungen
 $\hat{U}_2' =$ Ausgangsspannung unter Nennbedingungen

$$20 \lg \frac{\hat{U}_2'}{\hat{U}_2} = 10 \text{ dB}$$

$\hat{U}_2'' =$ maximale Ausgangsspannung unter Übersteuerungsbedingungen

Anmerkung \hat{U}_2'' darf nicht auftreten bei

$$20 \lg \frac{\hat{U}_2''}{\hat{U}_2} < 20 \text{ dB}$$

$\hat{U}_{2+}''' =$ positive Spitzen-Ausgangsspannung bei t_3

$\hat{U}_{2-}''' =$ negative Spitzen-Ausgangsspannung bei t_3

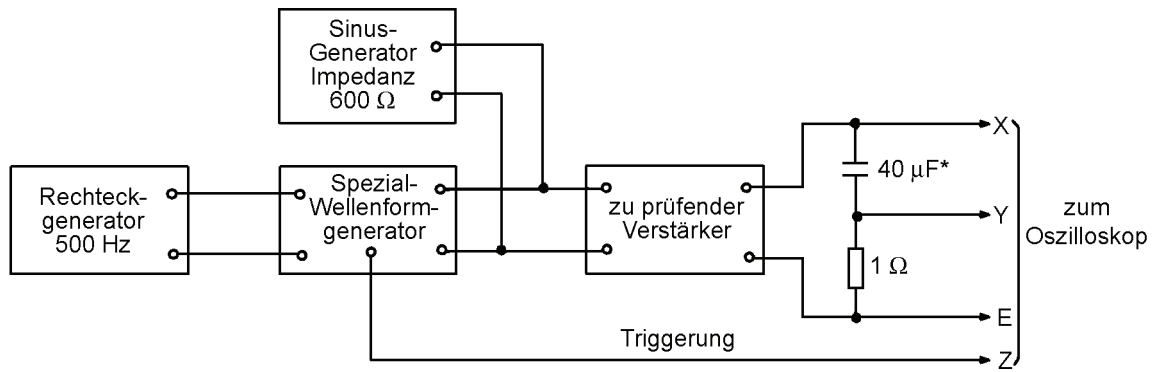
Für jede dieser Spannungen

$$20 \lg \frac{\hat{U}_{2+}'''}{\hat{U}_2} = \pm 1 \text{ dB}$$

Übersteuerungs-Erholungszeit = $t_1 - t_2$

Bild 2b) Oszillogramm der Ausgangsspannung bei Messung der Übersteuerungs-Erholungszeit
(siehe 14.6.5)

Bild 2 – Oszillogramm bei Messung der Übersteuerungs-Erholungszeit
(siehe 14.6.5)



* 4 Polyesterkondensatoren
zu je 10 μF, parallel geschaltet

Bild 3a) Konfiguration der Messschaltung (siehe 14.8.2.3 und Literaturstelle [1], Literaturhinweise)

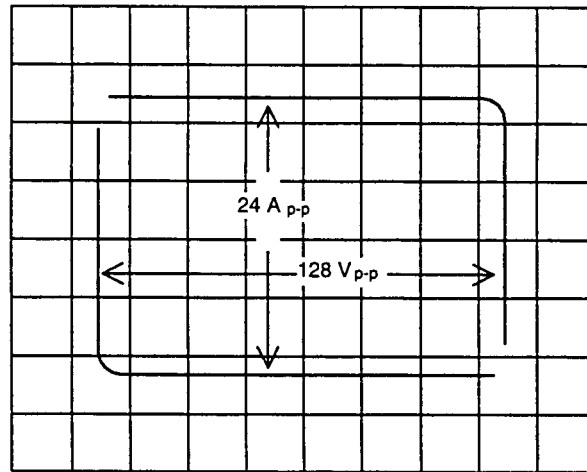
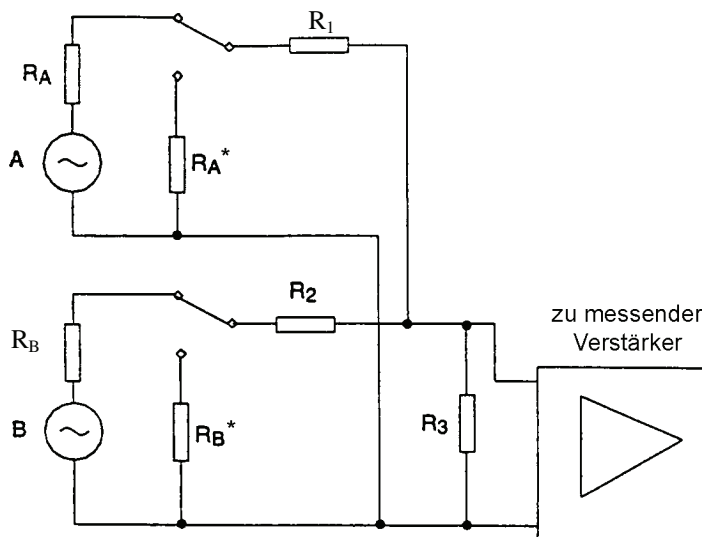


Bild 3b) Typische Anzeige von Ausgangsstrom und -spannung (siehe 14.8.2.4)

Bild 3 – Schutz gegen Kombinationen von Ausgangsspannung und -strom, die Beschädigungen verursachen können



Werte der Widerstände

$$R_1 > 10 R_S \quad R_2 > 10 R_S$$

$$\frac{1}{R_1 + R_A} + \frac{1}{R_2 + R_B} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_S}$$

R_S ist die Nenn-Quellimpedanz
des zu prüfenden Verstärkers

* Nur erforderlich, falls diese Werte gegenüber R_1 und R_2 nicht vernachlässigbar sind

Bild 4 – Anordnung für das Kombinieren von zwei Eingangssignalen (siehe 14.12.7 bis 14.12.10)

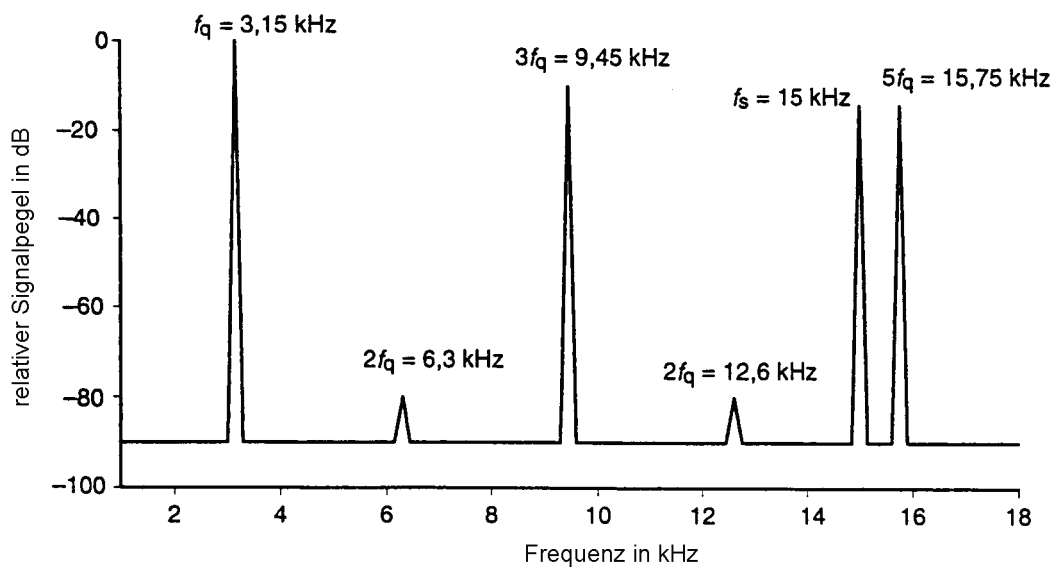


Bild 5 – Frequenzspektrum unter 30 kHz des Signals für die Messung der dynamischen Intermodulationsverzerrungen (siehe 14.12.9.2)

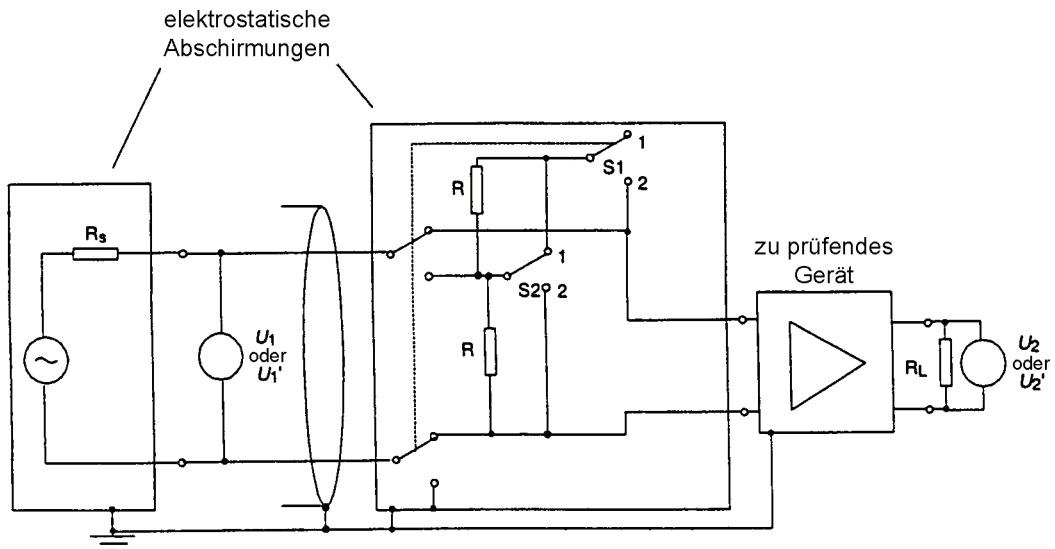


Bild 6 – Anordnung zur Messung der Symmetrie eines symmetrischen Eingangs
 (siehe 14.15.1.2)

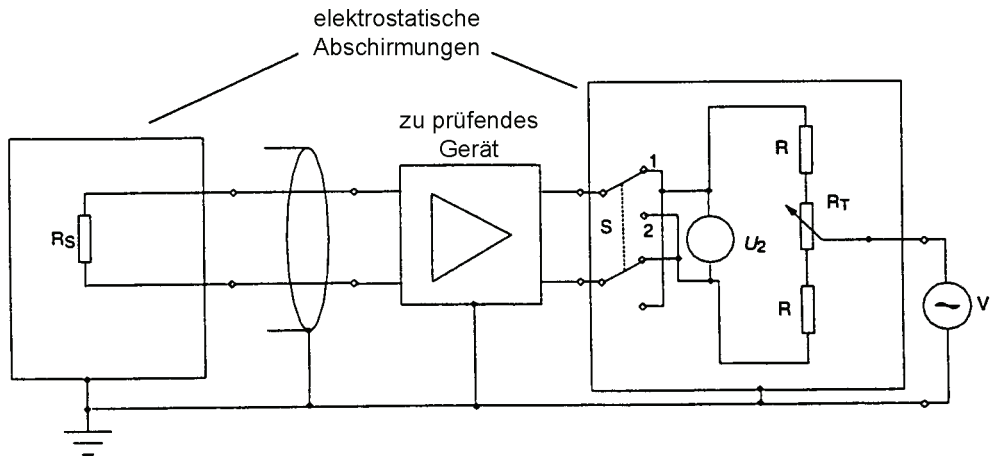


Bild 7 – Anordnung zur Messung der Symmetrie eines symmetrischen Ausgangs

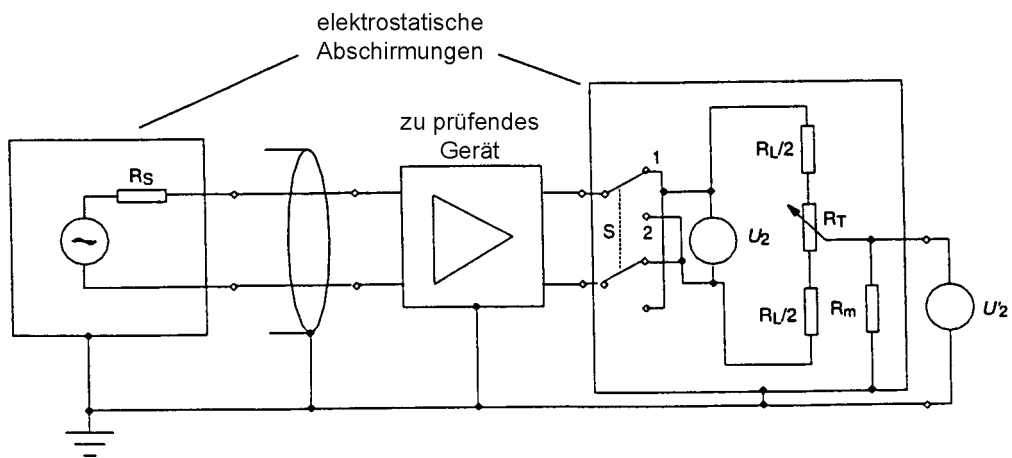


Bild 8 – Anordnung zur Messung der Spannungssymmetrie eines symmetrischen Ausgangs

Anhang A (informativ) **Symmetrische Schnittstellen**

Zweck einer symmetrischen Schnittstelle ist das gewünschte Signal als differentielle Spannung über zwei Signalleitungen zu übertragen. Ein idealer symmetrischer Leitungstreiber spricht nur auf differentielle Eingangsspannungen an und reagiert nicht auf identische oder Gleichtaktspannungen an seinen Eingängen. Falls unerwünschte Geräusche oder Störsignale gleichermaßen auf beiden Leitungen auftreten, d. h. kein Anteil wird in eine differentielle Spannung umgesetzt, kann das Geräusch oder Störsignal vollständig vom Leitungstreiber unterdrückt werden. Ein symmetrisches Schnittstellensystem besteht aus einem Leitungstreiber, Leitung (üblicherweise ein geschirmtes, symmetrisches Kabel) und einem Leitungsempfänger, dessen Gleichtakt-Impedanzen in wirksamer Weise eine Brücke bilden. Die Umsetzung von Geräusch oder Störsignalen tritt nur bei unsymmetrischer Brücke auf. Deshalb spielt nur die Symmetrie der Gleichtakt-Impedanz des Treibers, der Leitung und des Empfängers eine Rolle bei der Geräusch- oder Störsignalunterdrückung. Diese Eigenschaft zur Geräusch- oder Störsignalunterdrückung ist unabhängig von der Anwesenheit eines differentiellen Nutzsignals. Deshalb macht es keinen Unterschied, ob das Nutzsignal gänzlich auf einer Leitung vorhanden ist, als größere Spannung auf einer Leitung gegenüber der anderen oder als Gleichspannung auf beiden.

Die Symmetrie des Nutzsignals hat Vorteile, aber sie betreffen die Übersteuerungsreserve (durch Verzerrungen begrenzte Ausgangsspannung und Übersteuerungs-Quell-EMK) und Übersprechen, aber nicht die Geräusch- oder Störsignalunterdrückung. Bei Konstantstromversorgungen am Einspeisepunkt erhöhen symmetrische Treiber offensichtlich den Höchstwert am Ausgang um etwa Faktor 2. Die symmetrische Ansteuerung der Signalleitungen eines geschirmten Kabels reduziert wesentlich das Übersprechen, das entweder kapazitiv (durch unzureichende Kabelschirmung) oder induktiv (durch unerwünschte Ströme im Kabelschirm) eingekoppelt wird. Falls der Schirm an irgendeinem Punkt außer dem Einspeisepunkt geerdet wird, können die im Schirm über unbeabsichtigte Pfade im System fließenden Signalströme zusätzliches Übersprechen verursachen.

Literaturhinweise

- [1] Baxandall, P.J., A technique for displaying the current and voltage output capability of amplifiers and relating this to the demands of loudspeakers, New York, *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 36, Nr. 1/2, pp. 3–17, Jan/Feb 1988.
- [2] Ojala, M., and Huttunen, P., Peak current requirement of commercial loudspeaker systems, New York, *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 35, Nr.6, pp. 455–462, June 1987.
- [3] IEC 60098:1987, *Analogue audio disk records and reproducing equipment*.
- [4] EN 60268-5:1989, *Sound system equipment – Part 5: Loudspeakers*.
- [5] IEC 61000-4-13, *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 – Basic EMC Publication* (under consideration).
- [6] EN 61606:1997, *Audio and audiovisual equipment – Digital audio parts – Basic methods of measurement of audio characteristics*.

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 Publikation 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 (einschl. 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 60065 (mod)	1998	Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements	EN 60065 + Corr. Juni	1998 1999
IEC 60268-1	1985	Sound system equipment Part 1: General	HD 483.1 S2 ¹⁾	1989
IEC 60268-2	1987	Part 2: Explanation of general terms and calculation methods	HD 483.2 S2 ²⁾	1993
IEC 60417-1	1998	Graphical symbols for use on equipment Part 1: Overview and application	EN 60417-1	1999
IEC 61000-4-17	1999	Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-17: Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test	EN 61000-4-17	1999
IEC 61000-4-29	2000	Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests	EN 61000-4-29	2000

¹⁾ HD 483.1 S2 enthält A1:1998 zu IEC 60268-1.

²⁾ HD 483.2 S2 enthält A1:1991 zu IEC 60268-2.