

DIN EN 60268-3

ICS 33.160.10

EntwurfEinsprüche bis 2018-02-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60268-3:2014-03**Elektroakustische Geräte –
Teil 3: Verstärker
(IEC 100/2960/CDV:2017);
Deutsche Fassung prEN 60268-3:2017**

Sound system equipment –
Part 3: Amplifiers
(IEC 100/2960/CDV:2017);
German version prEN 60268-3:2017

Equipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 3: Amplificateurs
(IEC 100/2960/CDV:2017);
Version allemande prEN 60268-3:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-12-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 125 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 60268-3:2017 „Elektroakustische Geräte – Teil 3: Verstärker“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 100/2960/CDV:2017 „Sound system equipment – Part 3: Amplifiers“ unverändert in den Entwurf prEN 60268-3:2017 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 742.5 „Lautsprecher“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60268-3:2014-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) neue Festlegung der Nenn-Bedingungen von digitalem Eingang;
- b) Änderung der Grenzabweichung der Nenn-Stromversorgung;
- c) Hinzufügen der höchsten effektiven Ausgangsleistung zur Liste der Eigenschaften des Ausgangs;
- d) Ergänzung des Abschnitts „Begriffe und Nennwerte“.

Elektroakustische Geräte – Teil 3: Verstärker

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Nennwerte	6
3.1 Begriffe	6
4 Bedingungen	7
4.1 Nenn-Bedingungen und Standard-Messbedingungen	7
4.1.1 Überblick	7
4.1.2 Nenn-Bedingungen	7
4.1.3 Standard-Messbedingungen	9
4.2 Weitere Bedingungen	9
5 Betriebsklassen	9
6 Austauschbare Teile	9
7 Automatische Einstellungen	9
8 Stromversorgung	9
9 Stellung der Lautstärkesteller	10
10 Vorbereitung zur Messung	10
11 Messreihen	10
12 Gerät mit veränderlicher Leistungsaufnahme	10
13 Kennzeichnung	11
14 Betriebsumgebung	11
15 Anzugebende Eigenschaften und ihre Messverfahren	11
15.1 Eigenschaften der Stromversorgung	11
15.1.1 Anzugebende Eigenschaften	11
15.1.2 Messverfahren	12
15.2 Grenzübergänge der (Langzeit-)Änderungen der Versorgungsspannung	12
15.2.1 Anzugebende Eigenschaft	12
15.2.2 Messverfahren	13
15.3 Grenzübergänge der Frequenz der Stromversorgung	13
15.3.1 Anzugebende Eigenschaften	13
15.3.2 Messverfahren	14
15.4 Grenzübergänge der Harmonischen und der Welligkeit der Stromversorgung	14
15.4.1 Anzugebende Eigenschaften	14
15.4.2 Messverfahren	15
15.5 Eigenschaften des Eingangs	15

	Seite
15.5.1 Nenn-Quellimpedanz, anzugebende Eigenschaft.....	15
15.5.2 Eingangsimpedanz.....	15
15.5.3 Nenn-Quell-EMK, anzugebende Eigenschaft	17
15.5.4 Mindest-Quell-EMK für verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung.....	17
15.6 Eigenschaften des Ausgangs.....	17
15.6.1 Nenn-Lastimpedanz, anzugebende Eigenschaft	17
15.6.2 Ausgangs-Quellimpedanz	18
15.6.3 Ausgangsspannung und -leistung (verzerrungsbegrenzt)	19
15.6.4 Höchste effektive Ausgangsleistung (Verzerrung begrenzt auf 10 %).....	20
15.6.5 Stabilität (des Ausgangssignals)	22
15.6.6 Übersteuerungs-Erholungszeit.....	22
15.7 Begrenzungs-Eigenschaften	23
15.7.1 Übersteuerungs-Quell-EMK	23
15.7.2 Höchste Kurzzeit-Ausgangsspannung und -leistung	23
15.7.3 Höchste Langzeit-Ausgangsspannung und -leistung.....	24
15.7.4 Temperaturbegrenzte Ausgangsleistung	25
15.8 Eigenschaften der Schutzschaltungen.....	26
15.8.1 Allgemeines	26
15.8.2 Schutz gegen Kombinationen von Ausgangsspannung und -strom, die Beschädigungen verursachen können.....	26
15.8.3 Eigenschaften der Schutzschaltung gegen Gleichspannungs-Offset.....	27
15.9 Betriebszeit für die (verzerrungsbegrenzte) Nenn-Ausgangsspannung oder -leistung	29
15.9.1 Allgemeines	29
15.9.2 Anzugebende Eigenschaft	30
15.9.3 Messverfahren.....	30
15.10 Verstärkung	30
15.10.1 Spannungsverstärkung und EMK-Verstärkung.....	30
15.10.2 Höchste EMK-Verstärkung.....	30
15.10.3 Dämpfungscharakteristik des Lautstärkestellers.....	31
15.10.4 Dämpfungscharakteristik der Balancesteller von Mehrkanalgeräten.....	32
15.11 Frequenzgänge	32
15.11.1 Verstärkungs-Frequenzgang.....	32
15.11.2 Verstärkungsbegrenzter Übertragungsbereich	33
15.11.3 Verzerrungsbegrenzter Übertragungsbereich.....	33
15.11.4 Phasen-Frequenzgang.....	33
15.12 Amplituden-Nichtlinearität.....	34
15.12.1 Allgemeines	34
15.12.2 Nenn-Gesamtklirrfaktor, anzugebende Eigenschaft	34
15.12.3 Gesamtklirrfaktor unter Standard-Messbedingungen	34

	Seite
15.12.4 Gesamtklirrfaktor als Funktion der Amplitude und Frequenz.....	35
15.12.5 Klirrfaktor n -ter Ordnung unter Standard-Messbedingungen.....	36
15.12.6 Klirrfaktor n -ter Ordnung als eine Funktion von Amplitude und Frequenz.....	37
15.12.7 Modulationsfaktor n -ter Ordnung (mit $n = 2$ oder $n = 3$)	37
15.12.8 Differenztonfaktor n -ter Ordnung (mit $n = 2$ oder $n = 3$)	39
15.12.9 Dynamischer Intermodulationsfaktor (DIM)	40
15.12.10 Gesamt-Differenztonfaktor	42
15.12.11 Bewerteter Gesamtklirrfaktor	44
15.13 Störgeräusch	44
15.13.1 Anzugebende Eigenschaft	44
15.13.2 Messverfahren	45
15.14 Brumm.....	46
15.14.1 Allgemeines.....	46
15.14.2 Anzugebende Eigenschaften	46
15.14.3 Messverfahren	46
15.15 Symmetrie der Ein- und Ausgänge	47
15.15.1 Symmetrie des Eingangs	47
15.15.2 (Verzerrungsbegrenzte) Übersteuerungs-Gleichtakt-Eingangsspannung (Spitze-Spitze)	48
15.15.3 Symmetrie des Ausgangs	48
15.16 Übersprechen und Kanaltrennung in Mehrkanalverstärkern	50
15.16.1 Anzugebende Eigenschaften	50
15.16.2 Messverfahren	50
15.17 Verstärkungs- und Phasenunterschiede zwischen Kanälen in Mehrkanalverstärkern.....	51
15.17.1 Verstärkungsunterschied	51
15.17.2 Phasenunterschied	52
15.18 Maße und Gewicht, anzugebende Eigenschaften	53
Anhang A (informativ) Symmetrische Schnittstellen	59
Anhang B (informativ) Spezifikation für Mehrkanal-Verstärker	60
B.1 Allgemeines.....	60
B.2 Beispiel der Spezifikation eines 5.1-Kanal-Verstärkers	60
B.3 Beispiel-Spezifikation eines 5-Kanal-Verstärkers	61
Literaturhinweise	62
 Bilder	
Bild 1 – Beispiel eines Blockdiagramms von Mehrkanal-Verstärkern.....	53
Bild 2 – Verbindungsschaltplan der Geräte für den digitalen Eingang.....	53
Bild 3 – Anordnungen für Verstärker Klasse D.....	54
Bild 4 – Anordnungen zur Messung der Eingangsimpedanz	54
Bild 5 – Oszillogramm bei Messung der Übersteuerungs-Erholungszeit.....	55

Bild 6 – Schutz gegen Kombinationen von Ausgangsspannung und -strom, die Beschädigungen verursachen können	56
Bild 7 – Anordnung für das Kombinieren von zwei Eingangssignalen	57
Bild 8 – Frequenzspektrum unter 30 kHz des Signals für die Messung der dynamischen Intermodulationsverzerrung	57
Bild 9 – Anordnung zur Messung der Symmetrie eines symmetrischen Eingangs	58
Bild 10 – Anordnung zur Messung der Symmetrie der internen Impedanz eines symmetrischen Ausgangs	58
Bild 11 – Anordnung zur Messung der Spannungssymmetrie eines symmetrischen Ausgangs	58
Bild B.1 – Blockdiagramm für einen 5.1-Kanal-Surround-Verstärker	60
Bild B.2 – Blockdiagramm für einen 5-Kanal-Surround-Verstärker	61
Tabellen	
Tabelle 1 – Unterschiedliche Spezifikationen von Nenn-Gesamtklirrfaktor und verzerrungsbegrenzter Nenn-Ausgangsleistung für denselben Verstärker	29
Tabelle 2 – Durch dynamische Intermodulation verursachte Verzerrungskomponenten, die in den Frequenzbereich bis zu 20 kHz fallen	41

1 Anwendungsbereich

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

ANMERKUNG Messverfahren für digitale Verstärker und ähnliche Geräte werden in IEC 61606 [4]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.

Nenn-Bedingungen und Standard-Messbedingungen werden angegeben, um zuverlässig reproduzierbare Messungen zu ermöglichen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60065:2014, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*

IEC 60268-1:1985, *Sound system equipment – Part 1: General*
Amendment 1:1988
Amendment 2:1988

IEC 60268-2:1987, *Sound system equipment – Part 2: Explanation of general terms and calculation methods*
Amendment 1:1991

IEC 60417:2002 DB, *Graphical symbols for use on equipment. – 12-month subscription to regularly updated online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417*

IEC 60958:2016 SERIES, *Digital audio interface – All PARTS*

IEC 61000-4-13:2002+AMD1:2009+AMD2:2015 CSV

Consolidated version, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests*

IEC 61000-4-17:1999+AMD1:2001+AMD2:2008 CSV, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-17: Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test*

IEC 61000-4-29:2000, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power ports immunity tests*

IEC 61606:2009, *Audio and audiovisual equipment – Digital audio parts – Basic measurement methods of audio characteristics – Part 1: General*

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

IEC 61833:2014, *Consumer audio/video equipment – Digital interface – Part 6: Audio and music data transmission protocol*

IEC 61938:2013, *Audio, video and audiovisual systems – Interconnections and matching values – Preferred matching values of analogue signals*

3 Begriffe und Nennwerte

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC unterhalten Terminologie-Datenbanken zur Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

Klasse A

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

3.1.2

Klasse B

Betriebsklasse, in der der Strom in jedem den Laststrom liefernden aktiven Bauelement genau für die Hälfte jeder Periode des Laststromes null ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Ausdruck Klasse B auf den Fall ausgedehnt, in dem der Strom für geringfügig länger als genau die Hälfte der Periode fließt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Klassen G und H sind Änderungen der Klasse B mit verbesserter Effizienz.

3.1.3

Klasse AB

Betriebsklasse, in der der Strom ist in mindestens einem der den Laststrom liefernden aktiven Bauelemente in einem bestimmten Teil jeder Periode des Laststromes null ist, 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 1 zum Begriff: Bei genügend kleinen Signalpegeln arbeitet ein Klasse AB-Verstärker üblicherweise in Klasse A.

3.1.4

Klasse D

Betriebsklasse, in der alle aktiven Bauelemente schneller ein- und ausgeschaltet werden als die höchste relevante Frequenz, wobei das gewünschte Signal im Schaltungs-Muster verschlüsselt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Es sind weitere Betriebsklassen angewendet worden, ohne dass formale Definitionen dieser Klassen zur Standardisierung vorgeschlagen worden sind.

3.2

Nennwerte

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

Die Nenn-Bedingungen für Verstärker sind:

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

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

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn die Frequenz der Stromversorgung einen Einfluss hat, stellt sie auch eine Nenn-Bedingung dar.

Um einwandfreie Bedingungen für die Messung zu erhalten, müssen die Werte für die oben genannten Nenn-Bedingungen 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 Nenn-Bedingung angenommen);
- Signal-Rausch-Verhältnis;
- äquivalente Nenn-Geräusch-Quell-EMK.

4 Bedingungen

4.1 Nenn-Bedingungen und Standard-Messbedingungen

4.1.1 Überblick

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 „Nenn-Bedingungen“ bzw. „Standard-Messbedingungen“ definiert.

4.1.2 Nenn-Bedingungen

4.1.2.1 Analoger Eingang

Ein als Vierpol betrachteter Verstärker muss im Hinblick auf das angegebene Paar von Eingangsanschlüssen und auf das angegebene Paar von Ausgangsanschlüssen als unter Nenn-Bedingungen 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 1 Mehrkanal-Verstärker können mit jeglicher Anzahl von angesteuerten Kanälen oder allen Kanälen festgelegt werden. Siehe Anhang B. Wenn ein Verstärker mehrere identische Kanäle hat, kann das Eingangssignal gleichzeitig an alle entsprechenden Anschlüsse angelegt werden.

- c) die Ausgangsanschlüsse sind mit der Nenn-Lastimpedanz abgeschlossen;

ANMERKUNG 2 Für die Messung von Verstärkern der Klasse D kann der Tiefpass-Filter zwischen Analysator und Nenn-Lastimpedanz geschaltet werden. Der Tiefpass-Filter (analog) wird in IEC 61606-1 angegeben (siehe Bild 3).

- 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 Standard-Bezugsfrequenz von 1 000 Hz nach IEC 60268-1 sein.
- Ein solcher Grund könnte sein, dass die Standard-Bezugsfrequenz außerhalb oder nahe bei den Grenzen des Übertragungsbereiches des Verstärkers liegt;
- f) ein ggf. vorhandener Lautstärksteller 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 Nenn-Bedingungen entsprechen IEC 60268-1.

Bild 1 zeigt Blockdiagramme von Verstärkern mit einigen angegebenen Nenn-Bedingungen.

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

4.1.2.2 Digitaler Eingang

Verstärker und Messgerät werden wie in Bild 2 dargestellt angeschlossen. Das Eingangssignal ist ein digitales Tonsignal und das Ausgangssignal ist ein analoges Signal. Alle digitalen Festlegungen werden in IEC 61606-1 beschrieben. Die digitale Schnittstelle darf IEC 60958 oder IEC 61883-6 entsprechen oder eine andere Schnittstelle nach IEC 61606-1, 3.1, sein. Die Quell-EMK für den digitalen Eingang ist der Signalpegel des digitalen Sinusgenerators nach IEC 61606-1, 4.6.2.

- a) der Verstärker ist an die Nenn-Stromversorgung angeschlossen;
- b) das Eingangssignal wird angepasst an:

Frequenz: 997 Hz

Signalpegel: Vollausssteuerungspegel

ANMERKUNG 1 Mehrkanal-Verstärker können mit jeglicher Anzahl von angesteuerten Kanälen oder allen Kanälen festgelegt werden. Siehe Anhang B. Wenn ein Verstärker mehrere identische Kanäle hat, kann das Eingangssignal gleichzeitig an alle entsprechenden Anschlüsse angelegt werden.

ANMERKUNG 2 Die Standard-Bezugsfrequenz wird IEC 61606-1, 4.3 auf 997 Hz festgelegt.

- c) die Ausgangsanschlüsse sind mit der Nenn-Lastimpedanz abgeschlossen;

ANMERKUNG 2 Für die Messung von Verstärkern der Klasse D kann der Tiefpass-Filter zwischen Analysator und Nenn-Lastimpedanz geschaltet werden. Der Tiefpass-Filter (analog) wird in IEC 61606-1 angegeben (siehe Bild 2).

- d) die während der Messung nicht benutzten Anschlüsse sind, wenn erforderlich, wie vom Hersteller angegeben abgeschlossen;
- f) ein ggf. vorhandener Lautstärksteller 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 Nenn-Bedingungen 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 Nenn-Bedingungen arbeiten. Diese Verstärker dürfen nicht länger unter Nenn-Bedingungen betrieben werden als der Verstärker dies zulässt.

4.1.3 Standard-Messbedingungen

Für Standard-Messbedingungen wird der Verstärker unter Nenn-Bedingungen betrieben (siehe 4.1.2) und dann die Quell-EMK auf einen Pegel von -10 dB, bezogen auf die Nenn-Quell-EMK, abgesenkt.

4.2 Weitere Bedingungen

Wenn zusätzliche Eigenschaften des Verstärkers angegeben werden, die für andere als die Nenn- oder die Standard-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 Standardbedingungen angegeben sind. Wenn besondere Vorkehrungen erforderlich sind, um die Genauigkeit zu erhalten, müssen diese zusammen mit den angewendeten Messverfahren angegeben werden.

5 Betriebsklassen

Verstärker werden entsprechend dem Betrieb einer Verstärkerstufe in Klassen eingeteilt. Diese Klassen sind als Klasse A, Klasse B, Klasse AB und Klasse D festgelegt, die im Abschnitt Begriffe näher definiert sind (siehe 3.1).

6 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.

7 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.

8 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. Die Grenzabweichung der Versorgungsspannung sollte $\pm 1\%$ oder weniger betragen. Eine Grenzabweichung von bis zu $\pm 10\%$ darf zulässig sein, wenn die Messergebnisse nicht auffällig beeinflusst werden.

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

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

9 Stellung der Lautstärkesteller

Wenn eine Eigenschaft bei nur einer Stellung des Lautstärkestellers zu messen ist, muss der Lautstärkesteller für Nenn-Bedingungen entsprechend 4.1.2 eingestellt sein, es sei denn die Stellungen des Lautstärkestellers für größte oder kleinste Lautstärke gehörten zu den zu messenden Eigenschaften.

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

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

10 Vorbereitung zur Messung

Vor Beginn der Messung muss der Verstärker ungefähr eine Stunde unter Standard-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 Standard-Messbedingungen gebracht (siehe 4.1.3). 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 Nenn-Bedingungen oder Standard-Messbedingungen betrieben werden.

11 Messreihen

Wenn eine Messreihe durchgeführt wird, sollte der Verstärker in der Zeit zwischen den Messungen vorzugsweise unter Standard-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 10 wiederholt werden, außer es kann gezeigt werden, dass es unnötig ist.

12 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, B oder D arbeiten und bei denen die Gleichstromversorgung der Ausgangsstufen entweder elektronisch durch ein in Reihe geschaltetes Steuerelement geregelt oder nicht geregelt wird.

ANMERKUNG 1 Geräte mit veränderlicher Leistungsaufnahme sind in IEC 60065:1976²⁾ 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. (1985) und 6. (1998) 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 15.7.4.1.

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 in 15.6.3.1 und 15.14.3 c)).

13 Kennzeichnung

Festlegungen 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 IEC 60065;
- Sicherheit im Falle falscher Verbindungen;
- den üblichen Betrieb betreffende Symbole entsprechend IEC 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 sichergestellt 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 von Fachleuten gelesen werden.

14 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 Nenn-Bedingungen (siehe 4.1.2). Siehe auch IEC 60065 oder andere IEC-Sicherheitsnormen.

15 Anzugebende Eigenschaften und ihre Messverfahren

15.1 Eigenschaften der Stromversorgung

15.1.1 Anzugebende Eigenschaften

Die folgenden Informationen müssen (ausgenommen, wenn sie als wahlweise angegeben sind) 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;

²⁾ IEC 60065:1976, *Safety requirements for mains operated electronic and related apparatus for household and similar general use*

- b) die Nenn-Versorgungsspannung (dies ist eine Nenn-Bedingung, siehe 4.1.2); am Gerät und in der Spezifikation;
- c) die Frequenz oder der Frequenzbereich der Stromversorgung (dies darf eine Nenn-Bedingung sein, siehe 4.1.2); am Gerät und in der Spezifikation;
- d) die unter Nenn-Bedingungen aufgenommene Leistung, angegeben in Watt; am Gerät und in der Spezifikation;
- e) bei Geräten mit veränderlicher Leistungsaufnahme (siehe Abschnitt 12) 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 Nenn-Lastimpedanz ausgedrückt werden. Diese Eigenschaft ist besonders bei Geräten von Wert, die mit Batterien betrieben werden können. Sie darf als Kurve dargestellt werden.

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

15.1.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen betrieben. Die von der Stromversorgung aufgenommene Leistung wird mit einem Wattmeter in Watt gemessen:

- a) mit Nenn-Quell-EMK, siehe 15.5.3;
- b) mit der Quell-EMK nach Standard-Messbedingungen;
- c) bei Geräten mit veränderlicher Leistungsaufnahme für verschiedene Werte der Ausgangsspannung oder -leistung von null bis zum Nennwert.

15.2 Grenzabweichungen der (Langzeit-)Änderungen der Versorgungsspannung

15.2.1 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 Standard-Messbedingungen betrieben wird;
- d) weder die Ausgangsgrößen noch die Verstärkung sich übermäßig ändern;
- e) der Signal-Brumm-Abstand gegenüber seinem Nennwert um nicht mehr als 3 dB reduziert wird.

Verstärker, die für den Betrieb am Energieversorgungsnetz vorgesehen sind, werden im Allgemeinen an einer ± 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 wurden.

Der Nennwert muss vom Hersteller in der Spezifikation angegeben werden. Wenn der Hersteller angibt, dass der Verstärker eine Änderung der Versorgungsspannung zulässt, die ± 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) muss geprüft werden.

Wenn der Hersteller angibt, dass der Verstärker eine Änderung der Versorgungsspannung zulässt, die ± 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.

15.2.2 Messverfahren

15.2.2.1 Temperatur

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- Wenn eine temperaturbegrenzte Ausgangsleistung angegeben wird, muss die Quell-EMK so eingestellt werden, dass dieser Wert die Ausgangsleistung ergibt.
- 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.
- Der Verstärker muss in der Lage sein, unter diesen Bedingungen mindestens 4 h zu arbeiten, ohne dass irgendein Bauelement die zulässige Höchsttemperatur überschreitet.

15.2.2.2 Änderungen der Ausgangsgrößen und der Verstärkung

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen betrieben, der Gesamtklirrfaktor wird nach dem in 15.12.3.2 angegebenen Verfahren gemessen.

- Die Quell-EMK E_s und die Ausgangsspannung U_2 werden gemessen.
- Die Versorgungsspannung wird schrittweise in dem vom Hersteller angegebenen Bereich geändert. Für jeden Wert der gewählten Versorgungsspannung wird die Quell-EMK E_s neu eingestellt, um den Gesamtklirrfaktor zu ermitteln, 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 zur Versorgungsspannung.

15.2.2.3 Brumm

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben und die Quell-EMK dann auf null reduziert.

- Der Signal-Brumm-Abstand wird entsprechend 15.14 gemessen.
- Die Versorgungsspannung wird schrittweise 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 Dezibel ausgedrückt.

15.3 Grenzübergänge der Frequenz der Stromversorgung

15.3.1 Anzugebende Eigenschaften

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

- die zulässige Höchsttemperatur bei allen Bauelementen nicht überschritten wird, wenn der Verstärker, mit Ausnahme der Stromversorgungsfrequenz, unter üblichen Arbeitsbedingungen mindestens 4 h betrieben wird;
- die Ausgangsspannung und der Gesamtklirrfaktor des Verstärkers sich nicht wesentlich ändern;
- 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 könnte eine Erhöhung der Temperatur von Bauelementen besonders im Stromversorgungsteil an dem unteren Ende des Bereichs der Frequenz der Stromversorgung auftreten.

15.3.2 Messverfahren

15.3.2.1 Änderung von Ausgangsspannung und Gesamtklirrfaktor

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen betrieben, der Gesamtklirrfaktor wird nach dem in 15.12.4.2 angegebenen Verfahren gemessen.

- a) Die Quell-EMK E_s und die Ausgangsspannung U_2 werden gemessen.
- b) Die Frequenz der Stromversorgung wird in dem vom Hersteller angegebenen Bereich schrittweise verändert. Für jeden Wert der gewählten Frequenz der Stromversorgung werden die Ausgangsspannung U_2' und der Gesamtklirrfaktor gemessen.
- c) Weder die Spannung U_2' noch der Gesamtklirrfaktor dürfen sich innerhalb des angegebenen Bereiches der Frequenz der Stromversorgung wesentlich ändern.

15.3.2.2 Brumm

Das Messverfahren entspricht dem in 15.2.2.3 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.

15.4 Grenzabweichungen der Harmonischen und der Welligkeit der Stromversorgung

15.4.1 Anzugebende Eigenschaften

Folgende Eigenschaften sollten festgelegt werden.

- a) Die Grenzabweichungen der Harmonischen 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 15.2.1 nicht überschreitet;
 - 2) der Signal-Brumm-Abstand gegenüber seinem Nennwert um nicht mehr als 3 dB reduziert wird.

Anforderung 1) schließt ein, dass die Grenzabweichung der Harmonischen des Wechselstromnetzes die kleinste Grenzabweichung, die für die Versorgungsspannung entsprechend 15.2.1 angegeben ist, weder positiv noch negativ überschreitet.

- b) Die Grenzabweichung der Welligkeit der Gleichstrom-Stromversorgung muss so sein, dass innerhalb des festgelegten Toleranzbereiches:
 - 1) die Änderungen der Versorgungsspannung die Änderung innerhalb der Grenzabweichungen der Versorgungsspannung entsprechend 15.2.1 nicht überschreiten;
 - 2) das Signal-Rausch-Verhältnis gegenüber seinem Nennwert um nicht mehr als 3 dB reduziert wird.

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

15.4.2 Messverfahren

Die Messverfahren sind in anderen IEC-Normen festgelegt:

- a) Harmonische der Stromversorgung
Siehe IEC 61000-4-13.
- b) Welligkeit
Siehe IEC 61000-4-17.
- c) Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen
Siehe IEC 61000-4-29.

15.5 Eigenschaften des Eingangs

15.5.1 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 kann 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 IEC 61938 verwendet werden.

15.5.2 Eingangsimpedanz

15.5.2.1 Anzugebende Eigenschaften

Die zwischen den Eingangsanschlüssen gemessene innere Impedanz:

- a) unter Standard-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.

15.5.2.2 Messverfahren

15.5.2.2.1 Allgemeines

In den in 15.5.2.2.2 und 15.5.2.2.3 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 15.5.2.2.4 oder 15.5.2.2.5 angegebenen Verfahren benutzt werden.

15.5.2.2.2 Symmetrischer Eingang

Der Verstärker wird unter Benutzung einer erdfreien (oder chassisfreien) Quelle, wie in Bild 4a) gezeigt, unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- a) Die Eingangsspannung U_1 wird mit einem Voltmeter mit symmetrischem Eingang gemessen, dessen Eingangsimpedanz gegenüber der Eingangsimpedanz des Verstärkers groß ist.

- b) Der Verstärker 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 Standard-Bezugsfrequenz.
- c) Die Messung darf bei anderen Frequenzen, vorzugsweise den Standard-Terzband-Mittenfrequenzen (siehe IEC 60268-1), wiederholt werden.

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 10-fachen Wert der Nenn-Quellimpedanz oder mehr überwunden werden.

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.

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 wird, es sei denn, dazu müsste die Übersteuerungs-Quell-EMK überschritten werden.

15.5.2.2.3 Unsymmetrischer Eingang

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben, der Masse-Eingangsanschluss wird mit der Erde verbunden (siehe Bild 4b).

- a) Die Eingangsspannung U_1 wird mit einem Voltmeter gemessen, dessen Eingangsimpedanz gegenüber der des Verstärkers groß ist.
- b) Der Verstärker 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 Standard-Bezugsfrequenz.
- c) Die Messung darf bei anderen Frequenzen, vorzugsweise den Standard-Terzband-Mittenfrequenzen (siehe IEC 60268-1), wiederholt werden.

15.5.2.2.4 Messung der Eingangsimpedanz unter Verwendung einer Brücke

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- a) Die Signalquelle wird 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 kann 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.

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

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- a) Der verstärkungsbegrenzte Übertragungsbereich wird dann gemessen (siehe 15.11.2).

- b) Die Messung wird mit einem bekannten Wert der Quellimpedanz, mindestens dem 10-Fachen 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 jeder Frequenz darf mit Hilfe einfacher Schaltungstheorie aus den Verhältnissen der Quell-EMKs und den Verhältnissen der in den Schritten 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 Schritt 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 könnte 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.

15.5.3 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 Steller an der Nenn-Lastimpedanz die verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung ergibt.

15.5.4 Mindest-Quell-EMK für verzerrungsbegrenzte Nenn-Ausgangsspannung

15.5.4.1 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 Nenn-Bedingungen angegeben, einzustellen.

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.

15.5.4.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen betrieben.

- a) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- b) Der Lautstärkesteller wird auf höchste Verstärkung eingestellt und die Quell-EMK nachgestellt, damit der Anfangswert der Ausgangsspannung wiederhergestellt wird.
- c) Dann wird die Mindest-Quell-EMK E_s gemessen.

15.6 Eigenschaften des Ausgangs

15.6.1 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 Ω	Nenn-Ausgangsleistung W	Nenn-Gesamtklirrfaktor %
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 Ω	Nenn-Ausgangsleistung W	Nenn-Gesamtklirrfaktor %
16	10	0,2
Alle Zwischenwerte	—	—
4	40	0,25

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

15.6.2 Ausgangs-Quellimpedanz

15.6.2.1 Anzugebende Eigenschaft

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

15.6.2.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Standard-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 10-Fachen des zu erwartenden Wertes der Ausgangs-Quellimpedanz wird in Reihe mit einem Strommessgerät an die Ausgangsklemmen des Verstärkers angeschlossen. Ein Voltmeter wird ebenfalls an die Ausgangsklemmen angeschlossen. Der Strom wird dann auf den Wert eingestellt, der unter Standard-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 kann aus einem NF-Leistungsverstärker bestehen, dessen Ausgangsanschlüsse mit einem geeigneten Widerstand in Reihe geschaltet sind. Der Verstärker wird von einem Oszillator mit einem sinusförmigen

Signal gespeist. Das Strommessgerät kann aus einem mit den Ausgangsklemmen der Stromquelle in Reihe geschalteten, niederohmigen Widerstand (z. B. 0,1 Ω) 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 ermitteln.

15.6.3 Ausgangsspannung und -leistung (verzerrungsbegrenzt)

15.6.3.1 Anzugebende Eigenschaften

Folgende Eigenschaften müssen festgelegt werden:

- a) Verzerrungsbegrenzte Ausgangsspannung. Der bei Erzeugung des Nenn-Gesamtklirrfaktors an der Nenn-Lastimpedanz gemessene Effektivwert der Spannung.
- b) 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.

- c) 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 V oder 1 W, ausgedrückt werden; der Bezugspegel muss angegeben werden.

Wenn die Eigenschaft bei einer einzelnen Frequenz angegeben wird, dann muss diese Frequenz die Standard-Bezugsfrequenz sein (siehe 4.1.2).

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 15.7.2 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 könnte das Absinken der Versorgungsspannung viel weniger sein, so dass symmetrische Begrenzung mit daraus folgender Verminderung der geradzahlgigen Harmonischen auftritt.

15.6.3.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen mit der passenden Lastimpedanz betrieben und ein geeigneter Klirrfaktormesser mit den Ausgangsanschlüssen verbunden (siehe 15.12).

- 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.
- Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen und als die (verzerrungsbegrenzte) Ausgangsspannung angegeben. Die (verzerrungsbegrenzte) Ausgangsleistung wird entsprechend der Gleichung in 15.6.3.1 b) berechnet.
- Für Messungen an Mehrkanalverstärkern, bei denen ein Kanal unabhängig angesteuert wird, sollte die Anzahl der betriebenen Kanäle vom Hersteller in den Spezifikationen angegeben werden. Die Messungen dürfen zusätzlich bei Betrieb mit nur einem Kanal wiederholt werden. Für Mehrkanalverstärker, bei denen gleichzeitig mehrere Kanäle betrieben werden, müssen die Messungen nacheinander in jedem Kanal durchgeführt werden, während alle anderen Kanäle dauernd unter Nenn-Bedingungen betrieben werden. Kleine Änderungen der Ausgangsspannung und/oder Verzerrungen dieser anderen Kanäle durch Auswirkungen der Temperatur müssen während der Messungen vernachlässigt werden.
- Die Messungen dürfen für andere Frequenzen und für andere Nennwerte der Lastimpedanz und mit komplexer Lastimpedanz wiederholt werden (siehe auch 15.11.3.1 und 15.12.4.1). Die Messungen dürfen auch für weitere in anderen IEC-Normen angegebene Gesamtklirrfaktorwerte wiederholt werden. Die Messungen dürfen zusätzlich bei Betrieb mit nur einem Kanal wiederholt werden.
- Die (verzerrungsbegrenzte) Ausgangsspannung oder -leistung muss zusammen mit der Signalfrequenz, dem Nenn-Gesamtklirrfaktor und der geeigneten Nenn-Lastimpedanz für jeden Kanal getrennt angegeben werden.

ANMERKUNG Mehrkanal-Verstärker können mit jeglicher Anzahl von Kanälen oder allen Kanälen spezifiziert werden. Siehe Anhang B.

15.6.4 Höchste effektive Ausgangsleistung (Verzerrung begrenzt auf 10 %)

15.6.4.1 Anzugebende Eigenschaften

Folgende Eigenschaften müssen festgelegt werden:

- Der an der Nenn-Lastimpedanz gemessene Effektivwert der Spannung, bei dem der Gesamtklirrfaktor von 10 % erzeugt wird.
- Höchste effektive Ausgangsleistung. Die in der Nenn-Lastimpedanz bei der auf 10 % Verzerrung begrenzten Ausgangsspannung erzeugte Leistung:

$$P_2 = U_2^2 / R_2$$

Dabei ist

P_2 die höchste effektive Ausgangsleistung;

U_2 die Ausgangsspannung bei einem Gesamtklirrfaktor von 10 %;

R_2 die Nenn-Lastimpedanz.

- Auf 10 % Verzerrung begrenzte Ausgangsspannung bei komplexer Lastimpedanz (das heißt teilweise oder ganz ein Blindwiderstand). Die an einer angegebenen komplexen Lastimpedanz gemessene Spannung, bei der ein Gesamtklirrfaktor von 10 % 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 werden jeweils direkt in Watt angegeben.

Wenn die Eigenschaft bei einer einzelnen Frequenz angegeben wird, dann muss diese Frequenz die Standard-Bezugsfrequenz sein (siehe 4.1.2).

Die Werte der höchsten effektiven Ausgangsleistung müssen durch die höchste effektive Ausgangsleistung (en: Maximum Effective Output Power; M.E.O.P) angegeben sein.

Anmerkung 1 zum Eintrag: Die höchste effektive Ausgangsleistung ist nicht das Gleiche wie „Bemessungs-Ausgangsleistung“, „verzerrungsbegrenzt“ und „höchste Kurzzeit-Ausgangsspannung und -leistung“. Die Werte müssen durch dieses Messverfahren bestimmt werden. d. h. $P=100\text{ W}$ (höchste effektive Ausgangsleistung)

15.6.4.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen mit der passenden Lastimpedanz betrieben und ein geeigneter Klirrfaktormesser mit den Ausgangsanschlüssen verbunden (siehe 15.12).

- a) Der Verstärker wird nach dem Abkühlen mit der Ausgangsspannung betrieben, bei der der Gesamtklirrfaktor 10 % beträgt. Der Verstärker wird während einer messbaren Zeit unter diesen Bedingungen betrieben. Dann wird, wenn erforderlich, die Quell-EMK so nachgestellt, dass der Gesamtklirrfaktor von 10 % erzeugt wird.
- b) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen und als die Spannung angegeben, bei der der Gesamtklirrfaktor 10 % beträgt. Die Ausgangsleistung mit einem Gesamtklirrfaktor von 10 % wird entsprechend der Gleichung in 15.6.3.1 b) berechnet.
- c) Für Messungen an Mehrkanalverstärkern, bei denen ein Kanal unabhängig angesteuert wird, sollte die Anzahl der betriebenen Kanäle vom Hersteller in den Spezifikationen angegeben werden. Die Messungen dürfen zusätzlich bei Betrieb mit nur einem Kanal wiederholt werden. Für Mehrkanalverstärker, bei denen gleichzeitig mehrere Kanäle betrieben werden, müssen die Messungen nacheinander in jedem Kanal durchgeführt werden, während alle anderen Kanäle dauernd unter Nenn-Bedingungen betrieben werden. Kleine Änderungen der Ausgangsspannung und/oder Verzerrungen dieser anderen Kanäle durch Auswirkungen der Temperatur müssen während der Messungen vernachlässigt werden.
- d) Bei Stereo-Verstärkern müssen die Zweikanalverstärker beide Verstärker gleichzeitig ansteuern. Die höchste effektive Ausgangsleistung von Stereo-Verstärkern muss für die beiden angesteuerten Kanälen angegeben werden.
- e) Die Messungen dürfen für andere Frequenzen und für andere Nennwerte der Lastimpedanz und mit komplexer Lastimpedanz wiederholt werden (siehe auch 15.11.3.1 und 15.12.4.1). Die Messungen dürfen auch für weitere in anderen IEC-Normen angegebene Gesamtklirrfaktorwerte wiederholt werden. Die Messungen dürfen zusätzlich bei Betrieb mit nur einem Kanal wiederholt werden.
- f) Die Leistung muss zusammen mit der Signalfrequenz, dem Gesamtklirrfaktor von 10 % und der geeigneten Nenn-Lastimpedanz für jeden Kanal getrennt angegeben werden.
- g) Beträgt der höchste Gesamtklirrfaktor weniger als 10 %, darf die höchste effektive Ausgangsleistung den höchsten Gesamtklirrfaktor am Verstärker nutzen.

ANMERKUNG 1 Mehrkanal-Verstärker können mit jeglicher Anzahl von Kanälen oder allen Kanälen festgelegt werden. Siehe Anhang B.

ANMERKUNG 2 Die höchste effektive Ausgangsleistung (Verzerrung begrenzt auf 10 %) ist in JEITA CP-1301A: Methods of Measurement for Audio Signal in Audio Visual Equipment angegeben.

15.6.5 Stabilität (des Ausgangssignals)

15.6.5.1 Anzugebende Eigenschaft

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

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

15.6.5.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- a) Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- b) Die Last wird abgeklemmt, die Quell-EMK bleibt konstant, und die Ausgangsspannung U_2' wird gemessen.
- c) Die Stabilität ist:

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

Die Stabilität als Pegeländerung ist $20 \lg (U_2'/U_2)$

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

15.6.6 Übersteuerungs-Erholungszeit

15.6.6.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Zeitspanne (die der unter Standard-Messbedingungen betriebene, in einem bestimmten Maß für eine angegebene Zeit übersteuerte Verstärker benötigt) zwischen dem Zeitpunkt, bei dem die Eingangsspannung wieder auf ihren ursprünglichen Wert gestellt wurde, und dem Zeitpunkt, bei dem die Ausgangsspannung innerhalb gewisser Grenzen ihren ursprünglichen Wert wieder erreicht hat (siehe Bild 5).

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

15.6.6.2 Messverfahren

- a) Der Verstärker wird unter Standard-Prüfbedingungen 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 diesem 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.

15.7 Begrenzungs-Eigenschaften

15.7.1 Übersteuerungs-Quell-EMK

15.7.1.1 Anzugebende Eigenschaften

Die höchste Quell-EMK, bei der ein unter Nenn-Bedingungen angeschlossener Verstärker mit passend eingestelltem Lautstärksteller 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.

15.7.1.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen betrieben.

- Ein Klirrfaktormessgerät wird mit den Ausgangsanschlüssen verbunden.
- Der Lautstärksteller wird so eingestellt, dass eine Ausgangsspannung U_2 von -10 dB, bezogen auf die Nenn-Ausgangsspannung, erzielt wird.
- Der Lautstärksteller wird solange schrittweise auf geringere Verstärkung gestellt und dabei die Quell-EMK erhöht, um die Anfangs-Ausgangsspannung U_2 wiederherzustellen, bis der Nenn-Gesamtklirrfaktor erreicht ist.
- Die Quell-EMK E_s wird gemessen.

15.7.2 Höchste Kurzzeit-Ausgangsspannung und -leistung

ANMERKUNG Siehe auch die entsprechenden Abschnitte in IEC 60268-5 [3] und IEC 61938.

15.7.2.1 Anzugebende Eigenschaft

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.

15.7.2.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen betrieben und ein Effektivwert-Pegelschreiber an die Ausgangsanschlüsse angeschlossen.

- 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 übliches Programmmaterial simuliert (siehe IEC 60268-1), kann benutzt werden, wenn es geeigneter ist.

- Die Quell-EMK wird dann erhöht, bis die gemessene Ausgangsspannung U_2 ihren Höchstwert erreicht.

- c) 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.
- d) Wenn die Prüfung wiederholt wird, darf die Wiederholzeit der Signalimpulse nicht weniger als 60 s betragen.

15.7.2.3 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 $16\ \Omega$ 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.

15.7.3 Höchste Langzeit-Ausgangsspannung und -leistung

ANMERKUNG Siehe auch die entsprechenden Abschnitte in IEC 60268-5 [3] und IEC 61938.

15.7.3.1 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.

15.7.3.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Nenn-Bedingungen betrieben und ein Effektivwert-Spannungsmesser an die Ausgänge angeschlossen.

- a) Die Signalquelle wird durch eine Quelle mit simuliertem Programmsignal (siehe IEC 60268-1) ersetzt, deren EMK mindestens den 10-fachen Wert der Nenn-Quell-EMK des Verstärkers hat.
- b) Die Ausgangsspannung U_2 wird 1 min nach Anlegen des Signals gemessen.
- c) 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.
- d) Das Signal sollte nicht länger angelegt werden, als dies für die Prüfung erforderlich ist.

15.7.3.3 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 $16\ \Omega$ 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.

15.7.3.4 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.

15.7.4 Temperaturbegrenzte Ausgangsleistung

15.7.4.1 Anzugebende Eigenschaft

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 Klasse AB, B oder D 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 15.12.3.1, Anmerkung 1).

15.7.4.2 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.

- Der in einer angegebenen Art aufgestellte Verstärker wird dann unter Standard-Messbedingungen betrieben mit der Ausnahme, dass die Versorgungsspannung auf den oberen Grenzwert der Versorgungsspannung eingestellt wird, für die der Verstärker eingestellt ist (siehe 15.2). Die Umgebungstemperatur muss gemessen werden.
- Durch schrittweises Verstellen der Quell-EMK wird die Ausgangsspannung U_2 erhöht; dabei wird nach jedem Schritt gewartet, bis die Thermometer-Ablesungen praktisch konstant bleiben. Dieses Verfahren wird solange fortgeführt, bis bei einer bestimmten Ausgangsspannung U_2' eines der Bauteile seine Grenztemperatur erreicht.
- Die temperaturbegrenzte Ausgangsleistung ist $U_2'^2/R_2$; 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.

15.8 Eigenschaften der Schutzschaltungen

15.8.1 Allgemeines

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 der 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 können (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, umso empfindlicher darf die Schutzschaltung gemacht werden, aber umso langsamer spricht sie an. Der Entwickler des Verstärkers darf einen Kompromiss wählen, der auf Offset-Gleichspannungen, die klein gegenüber der Versorgungs-Gleichspannung(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. 15.8.3 gibt deshalb Verfahren an, die nur beim Hersteller angewendet werden sollten, und konsequenterweise sollten die Namen der Eigenschaften das Wort „Nenn-“ enthalten.

15.8.2 Schutz gegen Kombinationen von Ausgangsspannung und -strom, die Beschädigungen verursachen können

15.8.2.1 Anzugebende Eigenschaft

Die Ausgangsstrom/Ausgangsspannung-Charakteristik des Verstärkers, gemessen mit dem Prüfsignal und dem Messverfahren, die in 15.8.2.2 und 15.8.2.3 beschrieben werden, und die mit der Ausgangsspannung als Abszisse und dem Ausgangsstrom als Ordinate graphisch dargestellt werden.

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.

15.8.2.2 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 zur Generierung des Prüfsignals wird in den Literaturhinweisen [1] angegeben.

ANMERKUNG Für Verstärker mit einem begrenzten Übertragungsbereich können 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.

15.8.2.3 Messverfahren

- Der Verstärker wird unter Standard-Prüfbedingungen betrieben und dann die Prüfschaltungsanordnung in die in Bild 6a) gezeigte Schaltung geändert.
- 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).
- Mit Eingangssignal Null wird der Strahl auf dem Schirm des Oszilloskops auf die Mitte des Gitternetzes eingestellt.
- Das 20-Hz-Signal wird angelegt und die Eingangs-EMK erhöht, bis die Ausgangsspannung deutliche Begrenzung zeigt.
- Die Impulssignale werden zusätzlich für eine kurze Zeit solange angelegt wie nötig, um die Anzeige aufzuzeichnen (z. B. fotografisch). Die Eingangs-EMK muss so eingestellt werden, dass harte, am Oszilloskop erkennbare Strombegrenzung auftritt.
- Mit der Trigger-Verzögerung wird ein klares Bild eingestellt, und das Bild wird aufgezeichnet.

15.8.2.4 Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden unter Benutzung des Maßstabes 20 V/cm für die Abszisse und 5 A/cm für die Ordinate graphisch dargestellt. Wenn nötig, dürfen andere angegebene Maßstäbe benutzt werden. Ein Beispiel ist in Bild 6b angegeben.

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

15.8.3 Eigenschaften der Schutzschaltung gegen Gleichspannungs-Offset

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

15.8.3.1 Anzugebende Eigenschaften

Folgende Eigenschaften sollten angegeben werden:

- vom Hersteller in der Spezifikation angegebener Nennwert der Höchst-Offsetspannung an den Lastanschlüssen, die nicht die Schutzschaltung auslöst;
- vom Hersteller wahlweise in der Spezifikation angegebener Nennwert der Ansprechzeit der Schutzschaltung für eine Offsetspannung von 30 % der höchsten Versorgungs-Gleichspannung (siehe 15.8.3.2.1 d)) der Verstärker-Ausgangsstufe;
- vom Hersteller wahlweise in der Spezifikation angegebener Nennwert der Höchst-Restgleichspannung über den Lastanschlüssen, wenn die Schutzschaltung angesprochen hat, oder

- d) 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 Polaritäten der Offsetspannung unterschiedlich sind, müssen der höhere Wert und die entsprechenden Signalbedingungen und/oder die Polarität der Offsetspannung angegeben werden.

15.8.3.2 Messverfahren

15.8.3.2.1 Messverfahren für Verstärker, die den Zustand des Gleichspannungs-Offset kontinuierlich abtasten

Das Verfahren ist wie folgt:

- Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben und die Eingangs-Signalfrequenz auf 20 Hz gestellt. Ein Gleichspannungs-Oszilloskop und ein Gleichspannungs-Voltmeter werden an die Lastanschlüsse angeschlossen.
- Die Gleichspannungsbalance des Verstärkers wird dann langsam verändert durch ein geeignetes Verfahren, das von der genauen Auslegung der Schaltung abhängt und nicht standardisiert werden kann, und der maximale Wert am Gleichspannungs-Voltmeter – kurz bevor die Schutzschaltung anspricht – wird notiert. Dies ist die Höchst-Offsetspannung, bei der die Schutzschaltung nicht anspricht.
- 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.
- Die Gleichspannungs-Balance des Verstärkers wird dann wieder hergestellt und die Quell-EMK auf Null gestellt. Mit Hilfe einer geeigneten Gleichspannungsquelle und eines Schalters 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 Versorgungsgleichspannung der Ausgangsstufe erzeugen würde. Wenn es mehr als eine Versorgungsspannung gibt, muss die höchste genommen werden, außer es gibt dagegensprechende Gründe. Mit Hilfe der Oszilloskop-anzeige 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 Versorgungsgleichspannung.
- Punkte b) und c) werden mit einer auf null gestellten Eingangsspannung wiederholt.

Alle Messungen werden mit Gleichspannungs-Offsets entgegengesetzter Polarität wiederholt.

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

Es wird das gleiche Verfahren wie in 15.8.3.2.1 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.

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.

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

15.9.1 Allgemeines

Der Begrenzungspegel ist der Pegel des Ausgangssignals eines Verstärkers in Dezibel 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 Musiksignale 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 15.6.3, 15.7.2 und 15.7.3) hochpegelige Signale abgeben, und in einigen dieser Unterabschnitte 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. Siehe Tabelle 1.

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

Nenn-Ausgangsleistung	Nenn-Gesamtklirrfaktor	Begrenzungspegel minus Nenn-Ausgangspegel dB
W	%	
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 15.7.2 und 15.7.3 zusätzliche Eigenschaften genormt.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass der Betrieb über eine längere Zeit mit einem Ausgangspegel nahe des Begrenzungspegels wahrscheinlich zu Überhitzung führt; die Wärmeentwicklung ist mit Sprach- oder Musiksignalen viel geringer und führt zum Begriff der „temperaturbegrenzten Ausgangsleistung“ (siehe 15.7.4). 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 Ausgangssignale abgeben kann. Es ist nicht unbedingt erforderlich, diese Zeit anzugeben, wenn der Verstärker für übliche Wiedergabe von Sprach- und Musiksignalen eingesetzt wird, besonders im Zusammenhang mit Highfidelity-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.

15.9.2 Anzugebende Eigenschaft

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

Der Nennwert muss vom Hersteller in der Spezifikation angegeben werden.

15.9.3 Messverfahren

WARNUNG: Manche Verstärker können durch diese Prüfung beschädigt werden.

- a) Es wird das in 15.6.3.2 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 min. 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.

15.10 Verstärkung

15.10.1 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 zur Eingangsspannung U_1 unter Standard-Messbedingungen.
- b) Die EMK-Verstärkung, das Verhältnis der Ausgangsspannung U_2 zur Quell-EMK E_s unter Standard-Messbedingungen.

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

15.10.2 Höchste EMK-Verstärkung

15.10.2.1 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 Standard-Messbedingungen wiederhergestellt wird.

Der Hersteller darf wahlweise den Nennwert in der Spezifikation angeben.

15.10.2.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- Der Lautstärkesteller wird in die Stellung für höchste Verstärkung gebracht und die Quell-EMK so abgesenkt, dass die Anfangs-Ausgangsspannung für Standard-Messbedingungen wiederhergestellt wird.
- Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- Die Quell-EMK E_s wird gemessen.
- Die größte EMK-Verstärkung wird entweder als das Verhältnis U_2/E_1 oder in Dezibel $20 \lg U_2/E_1$ ausgedrückt.

15.10.3 Dämpfungscharakteristik des Lautstärkestellers

15.10.3.1 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.

Es sollte berücksichtigt werden, dass die Dämpfungscharakteristik eine Funktion der Frequenz sein kann, entweder beabsichtigt als „gehörrichtige Lautstärkeeinstellung“ (physiologisch kompensierter Verstärker) oder auf andere Weise. Wenn mehr als ein Lautstärkesteller vorhanden ist, sollte die Charakteristik jedes Stellers angegeben werden.

ANMERKUNG 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 kann.

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

15.10.3.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben mit der Ausnahme, dass der Lautstärkesteller auf höchste Verstärkung eingestellt ist.

- Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- Der Lautstärkesteller wird dann in aufeinanderfolgenden Schritten verstellt; nach jedem Schritt wird die Stellung des Lautstärkestellers vermerkt und die Ausgangsspannung U_2' gemessen.
- Das Verhältnis der Ausgangsspannung bei höchster Verstärkung U_2 zu der gemessenen Ausgangsspannung bei jedem Schritt U_2' ist ausgedrückt in Dezibel $20 \lg (U_2/U_2')$.
- Diese Verhältnisse werden als Tabelle oder graphisch als eine Funktion der Stellung des Lautstärkestellers dargestellt.
- Diese Messung darf bei anderen Frequenzen wiederholt werden (siehe Anmerkung).

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

15.10.4 Dämpfungscharakteristik der Balancesteller von Mehrkanalgeräten

15.10.4.1 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.

15.10.4.2 Messverfahren

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

- Die Ausgangsspannung U_2 wird gemessen.
- Der Balancesteller wird dann in aufeinanderfolgenden Schritten verstellt, nach jedem Schritt die Stellung des Balancestellers vermerkt und die Ausgangsspannung U_2' gemessen.
- Das Verhältnis der Ausgangsspannung bei höchster Verstärkung U_2 zu der gemessenen Ausgangsspannung bei jedem Schritt U_2' ist ausgedrückt in Dezibel $20 \lg (U_2/U_2')$.
- Diese Verhältnisse werden graphisch als Funktion der Stellung des Balancestellers dargestellt.
- Die Messung wird für andere durch diesen gerade gemessenen Balancesteller beeinflusste Kanäle wiederholt.
- Die Messungen dürfen bei anderen Frequenzen wiederholt werden.

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

15.11 Frequenzgänge

15.11.1 Verstärkungs-Frequenzgang

15.11.1.1 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 Standard-Bezugsfrequenz).

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

15.11.1.2 Messverfahren

Der Verstärker wird mit einer Quelle einer angegebenen Frequenz unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- Die Quell-EMK E_s und die Ausgangsspannung U_2 werden gemessen.
- Die Frequenz der Quelle wird kontinuierlich oder schrittweise verändert, während die Quell-EMK konstant bleibt. Die Ausgangsspannung U_2' wird bei jeder Frequenz gemessen.
- Das Verhältnis der Ausgangsspannung bei jeder Frequenz der Quelle zur Ausgangsspannung bei einer angegebenen Referenzfrequenz ist, ausgedrückt in Dezibel, $20 \lg (U_2'/U_2)$.
- Diese Verhältnisse werden graphisch als Funktion der Frequenz dargestellt.

15.11.1.3 Entzerrende Verstärker

Die Frequenzkurve eines entzerrenden Verstärkers mit angegebener Entzerrungskurve muss nach dem in 15.11.1.2 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 [2] 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 vom Hersteller angegeben werden.

15.11.2 Verstärkungsbegrenzter Übertragungsbereich

15.11.2.1 Anzugebende Eigenschaft

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

Der Hersteller sollte den Nennwert in der Spezifikation angeben.

15.11.2.2 Messverfahren

Der Übertragungsbereich wird aus der entsprechend 15.11.1 unter Standard-Messbedingungen gemessenen Kurve ermittelt.

15.11.3 Verzerrungsbegrenzter Übertragungsbereich

15.11.3.1 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.

15.11.3.2 Messverfahren

Der verzerrungsbegrenzte Übertragungsbereich darf aus den nach 15.12.4.1 ermittelten Kurven der Verzerrungen als Funktion der Frequenz bestimmt werden.

15.11.4 Phasen-Frequenzgang

15.11.4.1 Anzugebende Eigenschaft

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

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

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

15.11.4.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben.

- Ein Phasendifferenzmesser wird unter Beachtung der Kennzeichnung der Anschlüsse mit der Quelle und den Ausgangsanschlüssen verbunden.
- Die Frequenz der Quelle wird kontinuierlich oder schrittweise verändert und die Phasendifferenz bei jeder Frequenz gemessen.
- Die Phasendifferenz $\Delta\varphi$ wird als Funktion der Frequenz, oder als Zeitunterschied τ in Mikrosekunden, ausgedrückt und als Kurve dargestellt:

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

Dabei wird $\Delta\varphi$ in Grad (°) ausgedrückt.

ANMERKUNG Für entzerrende Verstärker siehe 15.11.1.3.

15.12 Amplituden-Nichtlinearität

15.12.1 Allgemeines

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

15.12.2 Nenn-Gesamtklirrfaktor, 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 lassen darauf schließen, dass die Grenzwerte der Verzerrungen für die meisten Zwecke in der Größenordnung von 1 % sind. Die Übersteuerungs-Erholungszeit ist ebenfalls wichtig; siehe 15.6.6.

15.12.3 Gesamtklirrfaktor unter Standard-Messbedingungen

15.12.3.1 Anzugebende Eigenschaft

Der Gesamtklirrfaktor des unter Standard-Messbedingungen betriebenen Verstärkers.

Dem Hersteller wird dringend empfohlen, aus den nachfolgend angegebenen Gründen den Nennwert in der Spezifikation anzugeben.

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

15.12.3.2 Messverfahren

- Der Verstärker wird unter Standard-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 die höchste Genauigkeit der Spannungsmessung ist ein Effektivwertmesser am besten geeignet; 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 Harmonischen, 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 15.12.5) benutzt werden.
- e) Der Gesamtklirrfaktor unter Standard-Messbedingungen darf nach den nachstehenden Gleichungen 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).

15.12.4 Gesamtklirrfaktor als Funktion der Amplitude und Frequenz

15.12.4.1 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 Harmonischenspektrums (siehe letzter Absatz von 15.12.4.1) oberhalb der Grenze des verstärkungsbegrenzten Übertragungsbereiches liegen (siehe 15.11.2), 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.

Vorsicht ist geboten, um sicherzustellen, dass die Frequenzen der wesentlichen Verzerrungskomponenten nicht über der Grenz-Frequenz des Analysators liegen.

ANMERKUNG 2 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 wird, zulässig (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.

Der Hersteller darf wahlweise diese Daten in der Spezifikation angeben.

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 15.12.5) ein Drittel des Gesamtklirrfaktors bei derselben Grundfrequenz übersteigt. In einigen Fällen kann ein anderer Maßstab erforderlich sein, der dann angegeben werden muss.

15.12.4.2 Messverfahren

Das Verfahren ist wie folgt:

- a) Der Gesamtklirrfaktor wird nach 15.12.3.2 ermittelt.
- b) Die Messungen werden dann bei mindestens drei weiteren Frequenzen bis zu der in den Anmerkungen von 15.12.4.1 angegebenen Grenze und 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 Schutzmaßnahme nach 15.12.3.2 a) zu beachten und die Prüfung entsprechend Punkt d) zu wiederholen.

- c) Die Ergebnisse der Prüfung werden graphisch dargestellt.

15.12.5 Klirrfaktor n -ter Ordnung unter Standard-Messbedingungen

15.12.5.1 Anzugebende Eigenschaft

Der unter Standard-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.

15.12.5.2 Messverfahren

Der Verstärker wird unter Standard-Messbedingungen betrieben und die Ausgangsspannung U_2 gemessen.

- a) Ein Bandpass, der nur die Frequenz der zu messenden Harmonischen 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 Harmonischen.
- b) 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:

$$d_n = (U_{2,n}' / U_2) \times 100 \%$$

als Prozentsatz oder

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

in Dezibel (dB).