

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Sound system equipment –
Part 3: Amplifiers**

**Équipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 3: Amplificateurs**

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60268-3:2013



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente. un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Sound system equipment –
Part 3: Amplifiers**

**Équipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 3: Amplificateurs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 33.160.10

ISBN 978-2-83220-735-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Conditions	8
3.1 Rated conditions and standard measuring conditions	8
3.1.1 Overview.....	8
3.1.2 Rated conditions	8
3.1.3 Standard measuring conditions	9
3.2 Other conditions.....	9
4 Classes of operation.....	9
5 Interchangeable parts	10
6 Automatic controls	10
7 Power supply.....	10
8 Position of the volume controls	10
9 Pre-conditioning for measurements	11
10 Series of measurements	11
11 Variable consumption apparatus.....	11
12 Marking	11
13 Operating environment	12
14 Characteristics to be specified, and their methods of measurement	12
14.1 Power supply characteristics	12
14.1.1 Characteristics to be specified.....	12
14.1.2 Method of measurement	12
14.2 Tolerance of (long-term) power supply voltage variations	13
14.2.1 Characteristic to be specified.....	13
14.2.2 Methods of measurement	13
14.3 Tolerance of power supply frequency variations	14
14.3.1 Characteristics to be specified.....	14
14.3.2 Methods of measurement	14
14.4 Tolerance of power supply harmonics and ripple	15
14.4.1 Characteristics to be specified.....	15
14.4.2 Methods of measurement	15
14.5 Input characteristics	15
14.5.1 Rated source impedance, characteristic to be specified.....	15
14.5.2 Input impedance	15
14.5.3 Rated source e.m.f., characteristic to be specified.....	17
14.5.4 Minimum source e.m.f. for rated distortion-limited output voltage.....	17
14.6 Output characteristics.....	18
14.6.1 Rated load impedance, characteristic to be specified.....	18
14.6.2 Output source impedance	18
14.6.3 Output voltage and power (distortion-limited).....	19
14.6.4 Regulation	20
14.6.5 Overload restoring time	20
14.7 Limiting characteristics.....	21
14.7.1 Overload source e.m.f.	21

14.7.2	Short-term maximum output voltage and power	21
14.7.3	Long-term maximum output voltage and power	22
14.7.4	Temperature-limited output power	23
14.8	Characteristics of protection circuits	24
14.8.1	General	24
14.8.2	Protection against potentially damaging combinations of output voltage and current	24
14.8.3	Characteristics of d.c. offset protection circuits	25
14.9	Sustaining-time for rated (distortion-limited) output voltage or power	26
14.9.1	General	26
14.9.2	Characteristic to be specified	27
14.9.3	Method of measurement	28
14.10	Gain	28
14.10.1	Voltage gain and e.m.f. gain	28
14.10.2	Maximum e.m.f. gain	28
14.10.3	Attenuation characteristic of the volume control	28
14.10.4	Attenuation characteristic of balance controls for multi-channel equipment	29
14.11	Response	30
14.11.1	Gain-frequency response	30
14.11.2	Gain-limited effective frequency range	30
14.11.3	Distortion-limited effective frequency range	31
14.11.4	Phase-frequency response	31
14.12	Amplitude non-linearity	31
14.12.1	General	31
14.12.2	Rated total harmonic distortion, characteristic to be specified	31
14.12.3	Total harmonic distortion under standard measuring conditions	32
14.12.4	Total harmonic distortion as a function of amplitude and frequency	32
14.12.5	Harmonic distortion of the n th order under standard measuring conditions	33
14.12.6	Harmonic distortion of the n th order as a function of amplitude and frequency	34
14.12.7	Modulation distortion of the n th order (where $n = 2$ or $n = 3$)	34
14.12.8	Difference-frequency distortion of the n th order (where $n = 2$ or $n = 3$)	36
14.12.9	Dynamic intermodulation distortion (DIM)	37
14.12.10	Total difference frequency distortion	39
14.12.11	Weighted total harmonic distortion	40
14.13	Noise	41
14.13.1	Characteristic to be specified	41
14.13.2	Method of measurement	41
14.14	Hum	42
14.14.1	General	42
14.14.2	Characteristics to be specified	42
14.14.3	Method of measurement	42
14.15	Balanced inputs and outputs	43
14.15.1	Balance of the input	43
14.15.2	Overload (distortion-limited) peak-to-peak common-mode input voltage	44
14.15.3	Balance of the output	44

14.16 Cross-talk and separation in multi-channel amplifiers.....	46
14.16.1 Characteristics to be specified	46
14.16.2 Method of measurement.....	46
14.17 Gain and phase differences between channels in multi-channel amplifiers	47
14.17.1 Gain difference	47
14.17.2 Phase difference	48
14.18 Dimensions and mass, characteristics to be specified	48
Annex A (informative) Balanced interfaces.....	56
Annex B (informative) Specification of a multi-channel amplifier.....	57
Bibliography.....	59
Figure 1 – Example block diagram for multi-channel amplifier	49
Figure 2 – Arrangements for the Class D amplifier	50
Figure 3 – Arrangements for measuring input impedance.....	51
Figure 4 – Oscillogram when measuring overload restoring time.....	52
Figure 5 – Protection against potentially damaging combinations of output voltage and current.....	53
Figure 6 – Arrangement for combining two input signals	54
Figure 7 – Frequency spectrum below 30 kHz of the signal for measuring dynamic intermodulation distortion.....	54
Figure 8 – Arrangement for measuring the balance of a balanced input	55
Figure 9 – Arrangement for measuring the internal impedance balance of a balanced output	55
Figure 10 – Arrangement for measuring the voltage symmetry of a balanced output	55
Figure B.1 – Block diagram for a 5.1 channel surround amplifier.....	57
Figure B.2 – Block diagram for a 5 channel surround amplifier.....	58
Table 1 – Different rated total harmonic distortion and rated distortion-limited output power specifications for the same amplifier.....	27
Table 2 – Distortion components due to dynamic intermodulation distortion falling in the frequency range up to 20 kHz	38

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SOUND SYSTEM EQUIPMENT –**Part 3: Amplifiers****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60268-3 has been prepared by IEC technical committee 100: Audio, video and multimedia systems and equipment.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2000. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- rated condition of multi-channel amplifier is expanded;
- arrangement for the D-class amplifier is added;
- method of measurement for output power (distortion-limited) is expanded;
- Annex B is newly added.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
100/2010A/CDV	100/2066/RVC

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60268 series, published under the general title *Sound system equipment*, can be found on the IEC website.

This part of IEC 60268 shall be used in conjunction with IEC 60268-1:1985 and IEC 60268-2:1987.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60268-3:2013

SOUND SYSTEM EQUIPMENT –

Part 3: Amplifiers

1 Scope

This part of IEC 60268 applies to analogue amplifiers, and the analogue parts of analogue/digital amplifiers, which form part of a sound system for professional or household applications. It specifies the characteristics which should be included in specifications of amplifiers and the corresponding methods of measurement.

NOTE The methods of measurement for digital amplifiers and similar equipment are given in IEC 61606 [4]¹.

In general, the specified methods of measurement are those which are seen to be most directly related to the characteristics. This does not exclude the use of other methods which give equivalent results.

In general, the methods are based on the simplest measuring equipment which can provide useful results. This does not exclude the use of more complex equipment which can give higher accuracy and/or allow automatic measurement and recording of results.

Rated conditions and standard measuring conditions are specified in order to allow measurements to be reliably repeated.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60065:2001, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*
Amendment 1:2005
Amendment 2:2010

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, *Graphical symbols for use on equipment*. Available from: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 61000-4-13:2002, *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*
Amendment 1:2009

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

IEC 61000-4-17:1999, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-17: Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test*
Amendment 1:2001
Amendment 2:2008

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 61938:1996, *Audio, video and audiovisual systems – Interconnections and matching values – Preferred matching values of analogue signals*

3 Conditions

3.1 Rated conditions and standard measuring conditions

3.1.1 Overview

For convenience in specifying how amplifiers shall be set up for measurement, sets of conditions are specified in this standard, under the titles of rated conditions and standard measuring conditions.

A full explanation of the term "rated" is given in IEC 60268-2.

The rated conditions for amplifiers are:

- rated power supply voltage;
- rated source impedance;
- rated source e.m.f.;
- rated load impedance;
- rated total harmonic distortion, or rated (distortion-limited) output voltage or power;
- rated mechanical and climatic conditions.

NOTE 1 Total harmonic distortion and (distortion-limited) output voltage or power are interdependent. Both cannot be taken as rated conditions simultaneously because normally a given sample amplifier produces less than rated total harmonic distortion at rated output voltage or power.

NOTE 2 If the power supply frequency is critical, it is also a rated condition.

To obtain the correct conditions for measurements, the values for the above-mentioned rated conditions shall be taken from the manufacturer's specification. These values themselves are not subject to measurement but they constitute the basis for measuring the other characteristics.

Methods of measurement for these other characteristics are given in this standard and the manufacturer is either required or permitted to state 'rated values' for these characteristics in the specification of the equipment. These include

- rated voltage gain;
- rated distortion limited output voltage or power (when not adopted as a rated condition);
- rated signal-to-noise ratio;
- rated equivalent noise source e.m.f.

3.1.2 Rated conditions

An amplifier, considered as a four-terminal network with regard to a specified pair of input terminals and a specified pair of output terminals, shall be understood to be working under rated conditions when the following conditions are fulfilled:

- a) the amplifier is connected to its rated power supply;
- b) the source e.m.f. is connected in series with the rated source impedance to the input terminals;

NOTE 1 Multi-channel amplifiers can be specified with any number of channels driven, or all channels. See Annex B. The input signal can be applied simultaneously to all inputs of similar channels.

- c) the output terminals are terminated with the rated load impedance;

NOTE 2 For the measurement of Class D amplifiers, the low pass filter can be connected between the analyser and the rated load impedance. The low pass filter (analogue) is given in IEC 61606-1 (see Figure 2).

- d) the terminals which are not used during the measurement are terminated, if necessary, as specified by the manufacturer;
- e) the source e.m.f. is a sinusoidal voltage equal to the rated source e.m.f. at an appropriate frequency. Unless there is a special reason to the contrary, this frequency shall be the standard reference frequency of 1 000 Hz according to IEC 60268-1.

Such a reason could be that the standard reference frequency is outside or near the limit of the effective frequency range of the amplifier;

- f) the volume control, if any, is set to such a position that the rated distortion-limited output voltage appears at the output terminals;
- g) the tone controls, if any, are set to a specified position to give the specified frequency response, generally the flat frequency response;
- h) the balance control(s), if any, is (are) set to the mechanical central position;
- i) the rated mechanical and climatic conditions according to IEC 60268-1 are complied with.

Figure 1 shows block diagrams of amplifiers with some rated conditions stated.

Amplifiers for which the rated distortion-limited output power exceeds the rated temperature-limited output power are likely to be subject to overheating when operated under rated conditions for an extended period of time. For these amplifiers, rated conditions shall be maintained for no longer than can be tolerated by the amplifier.

3.1.3 Standard measuring conditions

These are obtained by bringing the amplifier under rated conditions (see 3.1.2) and then reducing the source e.m.f. to a level of –10 dB referred to the rated source e.m.f.

3.2 Other conditions

If supplementary data of the amplifier are presented, applying to other than the rated or standard measuring conditions, for example at different frequencies or at different settings of controls, then the conditions shall be fully defined in the presentation. These conditions shall, if possible, be chosen according to the recommendations made in the relevant clauses of this standard.

The procedures for supplementary measurements may be derived from the measurement procedures given for the standard conditions. If special precautions are necessary to ensure accuracy, these shall be indicated together with the measurement procedure involved.

4 Classes of operation

Class A: in which the current in each active device supplying the load current is greater than zero throughout each cycle of the signal for all values of load current up to and including the value determined by the rated output power or voltage and the rated load impedance.

Class B: in which the current in each active device supplying the load current is equal to zero for exactly one-half of each cycle of load current.

NOTE 1 In common usage, the term Class B is extended to the case where current flows for slightly more than one half-cycle.

NOTE 2 Classes G and H are modifications of class B with improved efficiency.

Class AB: in which the current in at least one of the active devices supplying the load current is zero for some part of each cycle of load current for some range of values of load current not exceeding the value defined by the rated output power or voltage and the rated load impedance.

NOTE 3 At sufficiently low signal levels, a Class AB amplifier usually operates in Class A.

Class D: in which all active power devices are switched between fully on and fully off at a rate faster than the highest frequency of interest, and where the wanted signal is encoded in the switching pattern.

NOTE 4 Other classes of operation have been commercialized but no formal definitions of such classes have been submitted for standardization.

5 Interchangeable parts

For type measurements, interchangeable parts shall have characteristics as close as is reasonably practicable to the mean characteristics specified for these parts.

For measurements on a particular sample, the interchangeable parts supplied with that amplifier shall be used.

6 Automatic controls

The amplifier may contain automatic control circuits such as limiters, compressors, expanders and electronic fader circuits. These circuits make certain characteristics of the amplifier dependent either on a signal passing through the amplifier itself or on an external control signal. When measuring the characteristics of such an amplifier, the automatic control circuits shall be disabled, except when measuring their characteristics.

7 Power supply

Measurements shall be made with the amplifier connected to rated power supply. Care shall be taken to maintain the power supply voltage at the rated value during the measurement. If the manufacturer claims power supply voltage tolerances exceeding $\pm 10\%$, then the characteristics to be specified shall also be stated for the upper and lower limits of these tolerances.

Additional measurements may be made at the upper and lower limits claimed as tolerable for the power supply voltage, the power supply frequency and the a.c. power supply harmonics or the d.c. power supply ripple.

WARNING – The power supply voltage tolerances specified by the manufacturer shall not be exceeded.

8 Position of the volume controls

If a characteristic is measured at only one position of the volume control, the control shall be at the position corresponding to rated conditions (see 3.1.2), unless a maximum or minimum position of the control is inherent in the characteristic to be measured.

If the characteristic is to be measured for several settings of the volume control, then the position for rated conditions shall be included, other preferred settings being maximum, and –3 dB, –6 dB, –10 dB, –20 dB and –40 dB with respect to the setting for rated conditions.

Volume controls belonging to channels not being measured shall, if possible, be put in the minimum position, unless otherwise stated.

9 Pre-conditioning for measurements

Before beginning measurements on an amplifier, it shall be operated under approximately standard measuring conditions for a period of 1 h, or as specified by the manufacturer.

Before operating the amplifier the manufacturer's instructions concerning initial operation should be studied.

The amplifier is then brought under standard measuring conditions (see 3.1.3). Due to internal heating, the output voltage may subsequently vary with time. Unless excessive, this effect is ignored during the pre-conditioning period. When the pre-conditioning period is over, the amplifier shall be brought under rated conditions or standard measuring conditions, as required.

10 Series of measurements

If a series of measurements is made, the amplifier should preferably be maintained under standard measuring conditions in the periods between measurements.

If the amplifier has to be put out of operation for an extended period between measurements, then pre-conditioning according to Clause 9 shall be repeated before each set of measurements, unless this can be shown to be unnecessary.

11 Variable consumption apparatus

Sound system equipment shall be considered as variable consumption apparatus if it contains one or more power amplifiers operating in the Class AB, B, or D modes, in which the d.c. power supply for the output stages is either electronically regulated by means of series control elements or is not regulated.

NOTE 1 Variable consumption apparatus is defined in IEC 60065:1976² as 'apparatus in which the power consumption can vary more than 15 % due to changes in load impedances of the output circuit or in signal parameters', but no definition appears in the fifth (1985) or sixth (1998) editions.

NOTE 2 Where the d.c. supply is regulated by shunt control elements, the power consumption is usually, if not always, substantially constant. The apparatus, however, behaves in some respects as a variable consumption apparatus, and, in particular, the text of 14.7.4.1 still applies.

All the measurements contained in this standard may be performed on variable consumption apparatus, in most cases with no special problems. However, certain problems may occur in the measurement of hum and rated distortion-limited output power, and some additional measurements are valuable in assessing the performance of such apparatus (see the note of 14.6.3.1 and item c) of 14.14.3).

12 Marking

Principles for marking the terminals and controls are given in IEC 60268-1.

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

Marking may concern

- personal safety and prevention of spread of fire, in the sense of IEC 60065;
- safety in case of faulty connections;
- indications relating to normal operation, according to IEC 60417.

Marking can neither prevent incorrect operation nor provide complete operating instructions. It therefore has to be considered in conjunction with adequate means for preventing dangerous or faulty operation, and with the directions for use included in the user's instructions. Care should be taken that marking is unambiguous and as clearly understandable as possible.

Terminals for the interconnection of equipment, which are inaccessible without the use of a tool when the equipment has been installed, shall be clearly and unambiguously identified with respect to the manufacturer's instructions for installation. It may be assumed that these instructions are to be read by adequately skilled personnel.

13 Operating environment

Measurements, especially those including temperature measurements, shall be carried out with the amplifier mounted in a situation similar to that in which it is to be used. Restrictions on mounting and special ventilation requirements shall be stated by the manufacturer and form part of the rated conditions (see 3.1.2). See also IEC 60065 or other appropriate IEC safety standard.

14 Characteristics to be specified, and their methods of measurement

14.1 Power supply characteristics

14.1.1 Characteristics to be specified

The following information shall (except where indicated as optional) be stated by the manufacturer in the locations indicated, for each pair of terminals to be connected to the power supply and for each position of the power supply voltage selector, if any:

- a) the type of power supply (d.c. or a.c.); on the equipment and in the specification;
- b) the rated power supply voltage (this is a rated condition, see 3.1.2); on the equipment and in the specification;
- c) the power supply frequency or range of frequencies (this may be a rated condition, see 3.1.2); on the equipment and in the specification;
- d) the power drawn, under rated conditions, expressed in watts; on the equipment and in the specification;
- e) for variable consumption apparatus (see Clause 11), the power drawn from the power supply may optionally be expressed as a function of output voltage or power from zero to the rated value, with specified load impedances, including the rated load impedance. This characteristic is particularly of value for equipment which may be operated from batteries. It may be presented as a graph.

If, in items d) or e) above, the apparent power drawn is significantly greater than the true power, the apparent power should be stated in addition.

14.1.2 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions. The power drawn from the power supply is measured in watts by means of a wattmeter:

- a) with rated source e.m.f., see 14.5.3;
- b) with the source e.m.f. according to standard measuring conditions;

- c) for variable consumption apparatus, at various values of output voltage or power from zero to the rated value.

14.2 Tolerance of (long-term) power supply voltage variations

14.2.1 Characteristic to be specified

The tolerance of power supply voltage variation, such that, for any power supply voltage within the stated limits:

- a) the upper limit of working voltage is not exceeded for any condition of normal operation; this applies particularly to such components as semiconductor devices and electrolytic capacitors;
- b) the tolerances of the heater voltage of electronic tubes used in the amplifier are not exceeded;
- c) the maximum permissible temperature is not exceeded in any component when the amplifier works under standard measuring conditions – except as regards power supply voltage – for an extended period of time;
- d) neither output nor gain is subject to excessive variations;
- e) the signal-to-hum ratio is not reduced by more than 3 dB with respect to the rated value.

Amplifiers designed to take their power supply from the mains are generally not subject to power supply variations exceeding $\pm 10\%$. Such variations do not generally require a special design of amplifier.

Amplifiers designed to take their power supply from batteries or small converters may be subject to larger variations of power supply voltage, which may be due to changing load, the temperature of batteries or the gradual decrease of battery voltage during life or discharge.

The rated value shall be stated by the manufacturer in the specification. If the manufacturer states that the amplifier tolerates power supply voltage variations not exceeding $\pm 10\%$, then compliance with requirements a), b) and c) is considered to be within the scope of normal amplifier design. Compliance with requirements d) and e) shall be checked.

If the manufacturer states that the amplifier will tolerate power supply voltage variations exceeding $\pm 10\%$, the specification shall give details of any special means for compensating such variations and the proper working of these means shall be checked if possible. Compliance with requirements a) to e) shall be checked.

14.2.2 Methods of measurement

14.2.2.1 Temperature

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) If a rated temperature-limited output power is given, the source e.m.f. shall be adjusted so that this value of output power is obtained.
- b) The power supply voltage is adjusted to the upper limit stated by the manufacturer and the source e.m.f. readjusted, if necessary, to restore the output power to the value specified in item a).
- c) The amplifier shall be capable of working continuously under these conditions for at least 4 h without any component exceeding the maximum permissible temperature.

14.2.2.2 Variations of output and gain

The amplifier is brought under rated conditions, the total harmonic distortion being measured by the method given in 14.12.3.2.

- a) The source e.m.f. E_s and the output voltage U_2 are measured.

- b) The power supply voltage is varied step by step over the range specified by the manufacturer. For each value of the power supply voltage chosen, the source e.m.f. E_s is readjusted to obtain the initial total harmonic distortion, and the source e.m.f. E_s and the output voltage U_2 are measured.

NOTE Over the range of permitted supply voltage, both E_s and U_2 are usually substantially proportional to the power supply voltage, where no voltage regulation is provided.

14.2.2.3 Hum

The amplifier is brought under standard measuring conditions and the source e.m.f then reduced to zero.

- a) The signal-to-hum ratio is measured as indicated in 14.14.
- b) The power supply voltage is varied step by step over the range specified by the manufacturer. For each value of the power supply voltage chosen, the hum voltage at the output is measured and the signal-to-hum ratio computed. It is expressed as the ratio in decibels of the rated output voltage to the measured hum voltage.

14.3 Tolerance of power supply frequency variations

14.3.1 Characteristics to be specified

The tolerance of power supply frequency variation, such that, for any power supply frequency within the stated limits:

- a) the maximum permissible temperature is not exceeded in any component when the amplifier is under standard measuring conditions – except as regards power supply frequency – for at least 4 h;
- b) the output voltage and the total harmonic distortion of the amplifier are not subject to significant variations;
- c) the signal-to-hum ratio is not reduced by more than 3 dB with respect to the rated value.

The manufacturer shall state the rated value in the specification.

Compliance with requirement a) is considered to be within the scope of normal amplifier design.

NOTE Increase in temperature of components might occur, particularly in the power supply portion, at the lower end of the power supply frequency range.

14.3.2 Methods of measurement

14.3.2.1 Variations of output voltage and total harmonic distortion

The amplifier is brought under rated conditions, the total harmonic distortion being measured by the method given in 14.12.4.2.

- a) The source e.m.f. E_s and the output voltage U_2 are measured.
- b) The power supply frequency is varied step by step over the range specified by the manufacturer. For each value of the power supply frequency chosen, the output voltage U_2 and the total harmonic distortion are measured.
- c) Neither the voltage U_2 nor the total harmonic distortion shall be subject to significant variations within the specified power supply frequency range.

14.3.2.2 Hum

The method of measurement is as given in 14.2.2.3, except that the power supply frequency is varied instead of the power supply voltage.

NOTE The worst signal-to-hum ratio is generally found at the lower limit of power supply frequency.

14.4 Tolerance of power supply harmonics and ripple

14.4.1 Characteristics to be specified

The following characteristics should be specified.

- a) The tolerance of power supply harmonics, such that, within the stated tolerance range
 - 1) the variations of the rectified power supply voltage due to changes in the peak-to-r.m.s. ratio of power supply voltage do not exceed the variation due to the permissible power supply voltage variations specified according to 14.2.1;
 - 2) the signal-to-hum ratio is not reduced by more than 3 dB with respect to the rated value.

Requirement 1) implies that the tolerance of a.c. power supply harmonics does not exceed the smallest tolerance, either positive or negative, specified for the power supply voltage according to 14.2.1.

- b) The tolerance of ripple on the d.c. power supply, such that, within the stated tolerance range
 - 1) the variations of the power supply voltage do not exceed the variation due to the permissible power supply voltage variations specified according to 14.2.1;
 - 2) the signal-to-noise ratio is not reduced by more than 3 dB with respect to the rated value.

The manufacturer may optionally state these tolerance ranges in the specification.

14.4.2 Methods of measurement

The methods of measurement are specified in other IEC standards:

- a) Power supply harmonics
See IEC 61000-4-13.
- b) Ripple
See IEC 61000-4-17.
- c) Voltage dips, short interruptions and voltage variations
See IEC 61000-4-29.

14.5 Input characteristics

14.5.1 Rated source impedance, characteristic to be specified

The internal impedance, stated by the manufacturer in the specification, of the source supplying the signal to the amplifier.

Unless otherwise specified, the rated source impedance is assumed to be a constant pure resistance.

NOTE The manufacturer can also give the range of source impedances which is considered tolerable in practice.

If the rated source impedance is not stated by the manufacturer, the appropriate impedance specified in IEC 61938 shall be used.

14.5.2 Input impedance

14.5.2.1 Characteristics to be specified

The internal impedance measured between the input terminals:

- a) under standard measuring conditions; the rated value shall be stated in the specification;

- b) at other signal frequencies; this may optionally be stated in the specification, except where the variation with frequency may be important (such as for inputs for magnetic tape heads or pick-ups for analogue disc records), in which case sufficient additional data shall be given.

14.5.2.2 Methods of measurement

14.5.2.2.1 General

In the methods given in 14.5.2.2.2 and 14.5.2.2.3 the modulus of the input impedance is measured. If more information is required (such as the values of the components of an equivalent circuit representing the input impedance over a range of frequencies) then one of the methods given in 14.5.2.2.4 or 14.5.2.2.5 may be used.

14.5.2.2.2 Balanced input

The amplifier is brought under standard measuring conditions, using a source free from earth (or chassis), as shown in Figure 3 a).

- a) The input voltage U_1 is measured by means of a voltmeter with balanced input, whose input impedance is high compared with the input impedance of the amplifier.
- b) The amplifier is then substituted by a calibrated variable resistor, which is adjusted so that the voltmeter again reads U_1 . The value of the variable resistor is then equal to the modulus of the input impedance of the amplifier at the standard reference frequency.
- c) The measurement may be repeated at other signal frequencies, preferably standard one-third octave band centre frequencies (see IEC 60268-1).

If the input impedance of the amplifier is high compared with the rated source resistance, it is difficult to determine precisely the setting of the variable resistor which gives a voltmeter reading equal to U_1 . In other words, the sensitivity of the method of measurement is low. This effect can be overcome by increasing the source impedance for this measurement, to a value of 10 or more times the rated source impedance.

The input impedance of the voltmeter also affects the sensitivity of the measurement. It should therefore be high compared with the parallel combination of the source impedance used for the measurement and the input impedance of the amplifier.

The position of the volume control may affect the input impedance. If so, the measurements should be repeated at different positions of the control and the positions reported with the results. The source e.m.f. should be adjusted to maintain the output voltage at 10 dB below the rated value, unless this would require the overload source e.m.f. to be exceeded.

14.5.2.2.3 Unbalanced input

The amplifier is brought under standard measuring conditions, the common input terminal being connected to earth (see Figure 3 b)).

- a) The input voltage U_1 is measured by means of a voltmeter, the input impedance of which is high compared with that of the amplifier.
- b) The amplifier is then substituted by a calibrated variable resistor, which is adjusted so that the voltmeter again reads U_1 . The value of the variable resistor is then equal to the modulus of the input impedance of the amplifier at the standard reference frequency.
- c) The measurement may be repeated at other signal frequencies, preferably standard one-third octave band centre frequencies (see IEC 60268-1).

14.5.2.2.4 Measurement of input impedance using a bridge

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) The signal source is then replaced by the 'unknown' terminals of a suitable audio-frequency bridge. It is essential to ensure that the amplifier is not overloaded by the signal from the bridge.

NOTE 1 A suitable bridge has means for adjusting the voltage across the 'unknown' terminals (usually by adjusting the input voltage to the bridge network).

NOTE 2 For a balanced input, a high-quality unity-ratio transformer can be included between the bridge and the input terminals of the amplifier, or a battery-operated bridge could be used.

- b) The bridge controls are adjusted to achieve balance, and the input impedance is then read from the controls.

14.5.2.2.5 Measurement of input impedance using two values of source resistance

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) The gain-limited effective frequency range is then measured (see 14.11.2).
- b) The measurement is repeated with a known value of source resistance, at least 10 times the rated input impedance, the source e.m.f. being increased to restore the output voltage to 10 dB below the rated value. The new value of source e.m.f. is noted.
- c) The input impedance at any frequency can be calculated, using simple circuit theory, from the ratios of the source e.m.f.s and the ratios of the gains measured in steps a) and b), if the ratio of the gains is sufficiently large to give the required accuracy.

Approximate values can be calculated from the limit frequencies of the gain-limited effective frequency range determined in step b).

NOTE 1 At high frequencies, the input impedance can usually be represented quite accurately by the parallel combination of a resistor and a capacitor. At low frequencies, the input impedance might behave as a parallel combination of a resistor and an inductor or as a series combination of a resistor and a capacitor.

NOTE 2 This method involves assumptions that the input impedance is not influenced by the value of source resistance and that the resistive component of the input impedance is substantially independent of frequency. In some cases, one or both of these assumptions might not be justified.

14.5.3 Rated source e.m.f., characteristic to be specified

The e.m.f. stated by the manufacturer in the specification, which, when connected to the input terminals in series with the rated source impedance, gives rated distortion-limited output voltage across the rated load impedance at a specified, appropriate setting of the controls.

14.5.4 Minimum source e.m.f. for rated distortion-limited output voltage

14.5.4.1 Characteristic to be specified

The e.m.f. which, when connected to the input terminals in series with the rated source impedance, gives rated distortion-limited output voltage across the rated load impedance with the volume control(s), if any, set for maximum gain and the tone control(s), if any, set as specified for rated conditions.

If a volume control is provided, the rated source e.m.f. should obviously be equal to or greater than the minimum source e.m.f. for rated output voltage. If there is no volume control, the rated source e.m.f. is equal to the rated value of minimum source e.m.f. for rated output voltage.

The manufacturer may optionally state the rated value in the specification.

14.5.4.2 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions.

- a) The output voltage U_2 is measured.

- b) The volume control is adjusted for maximum gain and the source e.m.f. is readjusted to restore the initial output voltage.
- c) The minimum source e.m.f. E_s is then measured.

14.6 Output characteristics

14.6.1 Rated load impedance, characteristic to be specified

The impedance, stated by the manufacturer in the specification and preferably marked on the equipment, to which the output terminals shall be connected for measuring purposes.

Unless otherwise specified by the manufacturer, the rated load impedance shall be assumed to be a constant pure resistance.

More than one value of rated impedance may be specified. The corresponding values of output voltage or power and rated total harmonic distortion shall be specified with each rated value of load impedance. They may be presented in a table, as in the following example:

Rated load impedance Ω	Rated output power W	Rated THD %
16	10	0,2
8	20	0,2
4	40	0,25

A range of values may be specified, provided the above data is given for the highest and lowest values of rated impedance, as follows:

Rated load impedance Ω	Rated output power W	Rated THD %
16	10	0,2
Any intermediate value	–	–
4	40	0,25

The amplifier shall meet the relevant electrical safety requirements (normally those specified in IEC 60065) for each value of rated load impedance.

14.6.2 Output source impedance

14.6.2.1 Characteristic to be specified

The internal impedance measured between the output terminals under specified conditions. The manufacturer shall state the rated value in the specification.

14.6.2.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions. Then the source e.m.f. is reduced to zero and the rated load impedance is disconnected.

- a) A sinusoidal current source of internal impedance at least 10 times the expected value of the output source impedance is connected, in series with an ammeter, to the output terminals of the amplifier. A voltmeter is also connected to the output terminals. The current is then adjusted to the value which would flow through the output terminals under standard measuring conditions.
- b) The value of this current may be calculated as the current which would produce a voltage level of –10 dB referred to the rated (distortion-limited) output voltage across the rated load impedance.
- c) The voltage across the output terminals U_2 is then measured.
- d) The measurement may be repeated at other signal frequencies.
- e) The output source impedance is then calculated according to the following formula:

$$|Z| = U_2/I_2$$

NOTE 1 The current source can consist of an audio power amplifier with a suitable resistor in series with its output terminals. The amplifier is supplied with a sinusoidal signal from an oscillator. The ammeter can consist of a low-value resistor (for example 0,1 Ω) in series with the output terminals of the current source, the voltage across the resistor being measured with a sensitive voltmeter.

NOTE 2 The output source impedance of an amplifier is in general not a pure resistance, but for many purposes it is sufficient to measure the modulus as given above.

14.6.3 Output voltage and power (distortion-limited)

14.6.3.1 Characteristics to be specified

The following characteristics shall be specified:

- a) Distortion-limited output voltage. The r.m.s. voltage, measured across the rated load-impedance, at which rated total harmonic distortion is produced.
- b) Distortion-limited output power. The power produced in the rated load impedance by the distortion-limited output voltage:

$$P_2 = U_2^2/R_2$$

where

P_2 is the distortion-limited output power;

U_2 is the distortion-limited output voltage;

R_2 is the rated load impedance.

- c) Distortion-limited output voltage with complex (that is, partially or wholly reactive) load impedance. The voltage, measured across a stated complex load impedance, at which rated total harmonic distortion, or another stated value of total harmonic distortion, is produced.

The stated complex load impedance shall be chosen having regard to the actual load impedance likely to be presented to the amplifier when in use.

A typical loudspeaker or a network simulating the impedance of a typical loudspeaker may be used, but due to the wide variations in actual load impedance that occur in practice, no preferred values can be given.

These characteristics may be expressed directly in volts or watts respectively, or may be expressed in decibels, preferably referred to 1 V or 1 W; the reference level shall be stated.

If the characteristic is specified at a single frequency, that frequency shall be the standard reference frequency (see 3.1.2).

Rated values for some or all of the above characteristics shall be stated by the manufacturer in the specification, and preferably marked on the equipment, for each rated value of load impedance.

Where no confusion can arise between these characteristics and those specified according to 14.7.2, the words "distortion-limited" may be omitted, but it is preferable to retain them.

NOTE If the d.c. supply to the amplifier output stage is not stabilized the supply voltage decreases as the source e.m.f. is increased. Some amplifiers are designed and set up in such a way that under continuous signal conditions the output waveform is unsymmetrically limited due to this decrease in supply voltage. When amplifying speech and music signals, the decrease in supply voltage might be much less, so that symmetrical limiting occurs, with consequent reduction in even-harmonic distortion.

14.6.3.2 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions, using the appropriate load impedance and a suitable harmonic distortion measuring device connected at the output terminals (see 14.12).

- a) The amplifier is operated under these conditions during a period exceeding 60 s. Then the source e.m.f. is readjusted, if necessary, so that rated total harmonic distortion is produced.
- b) The output voltage U_2 is measured; this voltage is stated as the (distortion-limited) output voltage. The (distortion-limited) output power is calculated according to the formula in 14.6.3.1 b).
- c) For multi-channel amplifiers measured by one channel driven independently, the number of operated channel conditions should be stated by the manufacturer in the specification. The measurements may, in addition, be repeated with only one channel driven. For multi-channel amplifiers operated by several channels simultaneously, the measurements shall be made on each channel in turn, while all other channels continue to operate under rated conditions. Small changes in output voltage and/or distortion of these other channels due to temperature effects during the measuring period shall be neglected.
- d) The measurements may be repeated at other frequencies and for other rated values of load impedance and with complex load impedance (see also 14.11.3.1 and 14.12.4.1). The measurements may also be repeated for other values of total harmonic distortion such as those specified in other IEC standards. The measurements may, in addition, be repeated with only one channel driven.
- e) The (distortion-limited) output voltage or power shall be stated for each channel separately, together with the signal frequency, the rated total harmonic distortion and the appropriate rated load impedance.

NOTE Multi-channel amplifiers can be specified with any number of channels driven, or all channels. See Annex B.

14.6.4 Regulation

14.6.4.1 Characteristic to be specified

The increase in output voltage, expressed as a percentage, or as a regulation level in decibels, when, under standard measuring conditions, the rated load impedance is disconnected, the source e.m.f. remaining constant.

The manufacturer may optionally state the rated value in the specification.

14.6.4.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) The output voltage U_2 is measured.
- b) The load is disconnected, the source e.m.f. remaining constant, and the output voltage U_2' is measured.
- c) The regulation is:

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

The regulation level is $20 \lg (U_2'/U_2)$

NOTE The regulation and output source impedance might or might not be interrelated, depending on the design of the power supply circuit.

14.6.5 Overload restoring time

14.6.5.1 Characteristic to be specified

The time interval (which occurs after the amplifier working under standard measuring conditions is overloaded by a certain amount for a specified period) between the moment when the input voltage is restored to its original value and the moment when the output voltage has again reached its original value within specified limits (see Figure 4).

The manufacturer may optionally state the rated value in the specification.

14.6.5.2 Method of measurement

- a) The amplifier is brought under standard measuring conditions.
- b) The source e.m.f. is increased by 20 dB during a time interval of less than one-quarter period of the input signal and kept at this value for approximately 1 s.
- c) The source e.m.f. is then reduced to its initial value during a time interval of less than one-quarter period of the input signal.
- d) The time that passes before both the positive and the negative output peak voltages have reached their final value, within 1 dB unless otherwise specified, is measured by means of a suitable calibrated oscilloscope.

14.7 Limiting characteristics

14.7.1 Overload source e.m.f.

14.7.1.1 Characteristic to be specified

The maximum source e.m.f. for which an amplifier, connected as for rated conditions and with an appropriate setting of the volume control, can deliver an output voltage 10 dB below the rated distortion-limited output voltage without exceeding the rated total harmonic distortion.

The manufacturer shall state the rated value in the specification.

14.7.1.2 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions.

- a) A distortion meter is connected at the output terminals.
- b) The volume control is adjusted to obtain an output voltage U_2 of –10 dB referred to the rated output voltage.
- c) The volume control is adjusted to successive positions for lower gain, increasing the source e.m.f. to restore the initial output voltage U_2 , until rated total harmonic distortion is obtained.
- d) The source e.m.f. E_s is measured.

14.7.2 Short-term maximum output voltage and power

NOTE See also the related clauses in IEC 60268-5 [3] and IEC 61938.

14.7.2.1 Characteristic to be specified

The maximum voltage or the corresponding power which the amplifier is capable of producing across, or dissipating in the rated load resistance (regardless of non-linearity) 1 s after the application of a specified short tone-burst signal. Each channel is operated independently.

It is recommended that the manufacturer state the rated value in the specification.

IMPORTANT

It is fundamental to the concept of this characteristic that for all samples of a given amplifier the measured value of short-term maximum output voltage or power shall not exceed the value stated by the manufacturer.

14.7.2.2 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions with a true r.m.s.-responding level recorder connected to the output terminals.

- a) The source e.m.f. is then applied to the amplifier under test in the form of a sinusoidal tone burst of 1 s duration and the output voltage U_2 of the amplifier at the time 1 s from the start of the pulse is measured from the level recorder chart. The frequency of the tone burst shall be 1 kHz unless otherwise stated.

NOTE A 1 s burst of the noise signal simulating normal programme material (see IEC 60268-1) can be used if more convenient.

- b) The source e.m.f. is then increased until the measured output voltage U_2 reaches the maximum.
- c) The value U_2 is then the short-term maximum output voltage and U_2^2/R_2 is the short-term maximum output power where R_2 is the rated load impedance.
- d) If the test is repeated, the repetition period of the signal pulses shall be 60 s or greater.

14.7.2.3 Values of load impedance to be used for the test

If the manufacturer states a range of rated load impedances the tests shall be carried out with the value of load impedance giving the highest value of short-term maximum output power, or short-term maximum output voltage. If the manufacturer does not state a rated short-term output voltage, the value shall be measured with a load impedance of 16 Ω , for household equipment and the like, rated in terms of the voltage or power delivered to a specified load impedance or range of load impedances.

If the manufacturer specifies the amplifier in terms of the power delivered at a specified output voltage, (such as 100 V or 70 V, for 'voltage line operation'), the short-term maximum output voltage shall be measured with no load.

14.7.3 Long-term maximum output voltage and power

NOTE See also the related clauses in IEC 60268-5 [3] and IEC 61938.

14.7.3.1 Characteristic to be specified

The maximum voltage or the corresponding power which the amplifier is capable of producing across, or dissipating in the rated load resistance 1 min after the application of a noise input signal simulating normal programme material (see IEC 60268-1). One channel is driven at a time.

It is recommended that the manufacturer state the rated value in the specification.

IMPORTANT

It is fundamental to the concept of this characteristic that for all samples of a given amplifier the measured value of long-term maximum output voltage or power shall not exceed the value stated by the manufacturer.

14.7.3.2 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions with a true r.m.s. voltmeter connected to the output terminals of the apparatus.

- a) The signal source is replaced by a source of the simulated programme signal (see IEC 60268-1) whose e.m.f. is at least 10 times the rated source e.m.f. of the amplifier.
- b) The output voltage U_2 is measured 1 min after the application of the signal.
- c) The value U_2 is then the long-term maximum output voltage and U_2^2/R_2 is the long-term maximum output power where R_2 is the rated load impedance.
- d) The signal should be applied for a period no longer than that required for the test.

14.7.3.3 Value of load impedance to be used for the test

If the manufacturer states a range of rated load impedances the tests shall be carried out with the value of load impedance giving the highest value of long-term maximum output power, or long-term maximum output voltage. If the manufacturer does not state a rated long-term output voltage, the value shall be measured with a load impedance of $16\ \Omega$, for household equipment and the like, rated in terms of the voltage or power delivered to a specified load impedance or range of load impedances.

If the manufacturer specifies the amplifier in terms of the power delivered at a specified output voltage, (such as 100 V or 70 V, for 'voltage line operation'), the long-term maximum output voltage shall be measured with no load.

14.7.3.4 Protective devices

Protective devices within the amplifier may operate during the test, for example due to high temperature. If a non-self-resetting device operates, the value of output voltage or output power measured immediately before the operation of the device shall be taken as the result.

If an automatic resetting device operates, the highest output voltage or output power measured after the device has reset once shall be taken as the result.

14.7.4 Temperature-limited output power

14.7.4.1 Characteristic to be specified

The output power which the amplifier is capable of supplying continuously, at a specified ambient temperature, without exceeding the maximum permissible temperature in any component.

When the amplifier is specified for different methods of mounting, for example, in enclosures or in racks, the corresponding rated temperature-limited output powers shall be stated by the manufacturer.

The rated temperature-limited output power may be less than the rated distortion-limited output power, because in Class AB, B, or D amplifiers, the active devices operating in these modes reach their maximum temperatures at output powers considerably less than the rated output power, and the temperature maxima of several devices may be reached at different output powers. Furthermore, where the d.c. supply to a stage is not stabilized, it is possible for temperature maxima of different values to occur at two values of output power.

Amplifiers for which this is the case are satisfactory for amplifying normal speech and music signals because of the amplitude/time characteristics of these signals (see 14.12.3.1, Note 1).

14.7.4.2 Method of measurement

Provisional tests at different output powers shall be made to determine the components which are likely to reach their limiting temperature. Appropriate thermometers are mounted on the components selected according to these provisional tests.

- a) The amplifier, mounted in a specified way, is then brought under standard measuring conditions except that the power supply voltage is adjusted to the upper limit of tolerance of the rated power supply voltage for which the amplifier is set (see 14.2). The ambient temperature shall be measured.
- b) The source e.m.f. is adjusted in steps to increase the output voltage U_2 , waiting after each step until the thermometer readings have become practically constant. This procedure is maintained until at a certain output voltage U_2' one of the components reaches its limit temperature.
- c) The temperature limited output power is $U_2'^2/R_2$, where R_2 is the rated load impedance.

The amplifier shall have worked continuously for at least 4 h under the conditions specified before final temperature readings are made.

The manufacturer may optionally state the rated value in the specification.

14.8 Characteristics of protection circuits

14.8.1 General

Protection circuits in amplifiers may be classified as follows:

- a) protection against excessive load current, or potentially damaging combinations of load voltage and current;
- b) protection against the presence of d.c. voltage between the load terminals (d.c. offset protection);
- c) protection against potentially damaging input signals (for example, excessive amplitude at high frequencies).

Protection of types a) and c) are mainly intended to protect the components of the amplifier. Protection of type b) may protect amplifier components, but is also intended to protect components in the load, such as loudspeaker voice coils, which can be damaged by direct current (a situation which has been reported to give rise to safety hazards). The design of the d.c. protection circuit usually involves a compromise between sensitivity and speed of response. This is because the circuit should not respond to large-amplitude low-frequency signals, but should respond to a relatively small d.c. voltage. This is achieved by low-pass filtering, and the greater the attenuation of signal frequencies that this filter provides, the more sensitive the protection circuit can be made, but the slower it responds. The amplifier designer may choose a compromise which does not respond at all to a d.c. offset voltage which is small with respect to the d.c. supply voltage(s) of the amplifier circuit. However, such an offset voltage may produce a d.c. load current which impairs the performance of the loudspeakers used with the amplifier, and may result in damage to them. A different compromise may result in a protection circuit which does not respond quickly enough to prevent damage to the components of the load. For the above reasons, the characteristics of d.c. offset protection circuits should be included in amplifier specifications. At present, no methods of measurement of these characteristics are known that can be made without access to the internal circuits of the amplifier. Subclause 14.8.3 therefore gives methods which should be used only by the manufacturer, and consequently the names of the characteristics include the word 'rated'.

14.8.2 Protection against potentially damaging combinations of output voltage and current

14.8.2.1 Characteristic to be specified

The output current/output voltage characteristic of the amplifier, measured using the test signal and method described in 14.8.2.2 and 14.8.2.3 and presented graphically, with output voltage as abscissa and output current as ordinate.

If the amplifier does not incorporate protection circuits of the relevant type, the application of the test described below can cause damage.

The manufacturer is recommended to present these data in the specification.

14.8.2.2 Test signal and load network

The test signal consists of a sinusoidal signal whose frequency is 20 Hz, to which is added positive and negative pulses of 50 μ s duration and 500 Hz repetition rate. The amplitude of the 20 Hz signal is chosen to drive the amplifier to its voltage clipping limits, while the amplitude of the pulses takes the amplifier alternately into its current-overload limits. A circuit for generating the test signal is given in the bibliography [1].

NOTE For amplifiers having a restricted effective frequency range, other suitable test frequencies can be chosen and stated with the results.

The load network, for amplifiers designed to feed low-impedance loudspeakers, consists of a 40 μF capacitor, in series with a 1 Ω resistor. For other amplifiers, the values may be scaled. The 40 μF capacitor limits the current due to the 20 Hz signal to a low value, whereas for the short pulses the effective load impedance is of the order of 1 Ω , and a high output current is produced.

Using this signal and load network, the measurement may be made without causing excessive dissipation in the amplifier. The dissipation in the 1 Ω resistor is much lower than the rated output power of the amplifier, because of the value of the output current duty cycle.

14.8.2.3 Method of measurement

- The amplifier is brought under standard measuring conditions and the test circuit configuration is then changed to that shown in Figure 5a.
- Adjust the oscilloscope sensitivities to 20 V/div for X-deflection and 5 V/div (equivalent to 5 A/div since the voltage is developed across a 1 Ω resistor) for Y-deflection (or other stated values if necessary).
- With zero signal input, adjust the spot on the oscilloscope screen to the centre of the graticule.
- Apply the 20 Hz signal and increase the input e.m.f. until the output voltage shows significant clipping.
- Apply the pulse signal in addition, for as short a time as is necessary to record the display (for example, photographically). The input e.m.f. shall be adjusted so that hard current-limiting occurs, as shown by the display.
- Adjust the bright-up delay control for a clear display and record the display.

14.8.2.4 Presentation of results

The results are presented graphically, using scales of 20 V/div for the abscissa and 5 A/div for the ordinate. Other stated scales may be used if necessary. An example is given in Figure 5b.

NOTE Presentation as line-drawing might be preferable to direct reproduction of a photograph.

14.8.3 Characteristics of d.c. offset protection circuits

NOTE These characteristics do not apply to amplifiers with only capacitive coupling to the load terminals.

14.8.3.1 Characteristics to be specified

The following characteristics should be specified:

- rated maximum offset voltage at the load terminals, stated by the manufacturer in the specification, that does not operate the protection circuit;
- rated response time of the protection circuit, optionally stated by the manufacturer in the specification, to an offset voltage of 30 % of the highest d.c. supply voltage (see item d) of 14.8.3.2.1) of the amplifier output stage;
- rated maximum residual d.c. voltage, optionally stated by the manufacturer in the specification, across the load terminals when the protection circuit is operating, or
- rated maximum percentage of the rated output power, optionally stated by the manufacturer in the specification, represented by the rated maximum residual d.c. voltage.

If the values are different, depending on the presence or absence of a signal, or of different polarities of offset voltage, the higher value, and the corresponding signal condition and/or polarity of the offset voltage, shall be stated.

14.8.3.2 Methods of measurement

14.8.3.2.1 Methods of measurement for amplifiers which continuously sense the d.c. offset condition

The procedure is as follows:

- a) The amplifier is brought under standard measuring conditions, and the input signal frequency is then changed to 20 Hz. A d.c. oscilloscope and a d.c. voltmeter are connected to the load terminals.
- b) The d.c. balance of the amplifier is then slowly changed, by a suitable method which depends on the detailed design of the circuit and cannot be standardized, and the maximum reading on the d.c. voltmeter, before the protection circuit operates, is noted. This is the maximum offset voltage that does not operate the protection circuit.
- c) The balance of the amplifier is then changed further in the same direction, so that the protection circuit operates. The maximum reading on the d.c. voltmeter, as the balance is changed towards maximum imbalance, is noted. This is the maximum residual d.c. voltage across the load terminals when the protection circuit is operating.
- d) The d.c. balance of the amplifier is then restored to normal, and the source e.m.f. reduced to zero. By means of a suitable d.c. supply and switch, a d.c. voltage is applied to the internal circuits of the amplifier, which would produce, in the absence of the protection circuit, a d.c. offset voltage at the load terminals of 30 % of the d.c. supply voltage of the output stage of the amplifier. If there is more than one supply voltage, the highest shall be chosen unless there is a reason for this choice not to be correct. By observation of the oscilloscope display, the time for the output voltage to fall to 110 % of its steady-state value after the application of the offset, or 1 V, whichever is greater, is measured. This is the response time of the protection circuit to an offset of 30 % of the d.c. supply voltage.
- e) Items b) and c) are repeated with the input source e.m.f. reduced to zero.

All the measurements are then repeated with d.c. offsets of the opposite polarity.

14.8.3.2.2 Methods of measurement for amplifiers which intermittently sense the d.c. offset condition

The same procedure as in 14.8.3.2.1 is followed, except that the test described in items a) to c) is only carried out with the input source e.m.f. set at zero. The measurements in items b) and c) shall be made after the protection circuit has operated several times, for example, after 60 s. A calibrated storage oscilloscope or equivalent is useful for observing the variation of the offset voltage and measuring its values.

In order to investigate fully the operation of the protection circuit, it may be necessary to carry out further tests, simulating component failures. The nature of the necessary tests may be decided by examining the circuit diagram of the amplifier.

14.9 Sustaining-time for rated (distortion-limited) output voltage or power

14.9.1 General

Clipping level is the level, expressed in decibels referred to a stated reference, of the output signal of an amplifier, above which the total harmonic distortion rises rapidly. Normally, the peaks of the waveform of a sinusoidal signal, displayed on an oscilloscope, become visibly clipped at this level.

The amplitude/time characteristics of speech and music signals are such that if an amplifier is operated with an uncompressed speech or music signal input, whose level is adjusted so that the output signal is just clipped on peaks, but not sufficiently to cause serious impairment of subjective sound quality, the average output signal level is approximately 10 dB below the clipping level. For the amplification of uncompressed speech and music signals therefore, there is no need for the amplifier to be able to reproduce signals at clipping level for more than a few tens of milliseconds.

However, sound system amplifiers may be called upon to reproduce tone signals and compressed speech and music signals. While, in a well-designed system, these signals should not greatly increase the time for which the amplifier may have to reproduce signals at clipping level (because this would involve loss of sound quality and increased heat-dissipation in loudspeakers), some increase is bound to occur, and high-level signals may occur by accident, for example, if a microphone is dropped. The amplifier also has to produce high-level signals during measurements according to this standard (see 14.6.3, 14.7.2 and 14.7.3), and the time-period is specified in some of these subclauses. These measurements have to be carried out in order to produce a properly complete specification for the amplifier.

Another consideration is that the relationship between clipping level and the level of the rated (distortion-limited) output power or voltage varies very greatly from one type of amplifier to another, because the rated output power or voltage is decided by the manufacturer, taking many factors into account. See Table 1.

Table 1 – Different rated total harmonic distortion and rated distortion-limited output power specifications for the same amplifier

Rated output power W	Rated total harmonic distortion %	Clipping level minus rated output level dB
100	10	–0,97
80	2	0,0
60	0,05	1,25

NOTE It is assumed in the above that 2 % total harmonic distortion corresponds to the clipping level; the exact value does not change the reasoning.

It should be noted that the above three specifications relate to the same amplifier. The rated output voltage or power is thus NOT a reliable guide to the true output capabilities of an amplifier, which is why additional characteristics have been standardized in 14.7.2 and 14.7.3.

A further consideration is that operation for an extended period at an output level near the clipping level is likely to result in overheating; the heating effect is much less with speech and music signals, and results in the concept of temperature-limited output power (see 14.7.4). It should be noted that, for most amplifier designs, it is the power supply components, not the output stage devices, which overheat under high output power conditions. Protection against over-heating may be provided

- by automatic means which attenuate the input signal, thus allowing the amplifier to continue working more or less normally, or
- by automatic means which disconnect the load, thus preventing the amplifier from working normally but allowing it to continue to work normally when the high-level output is no longer demanded, or
- by the operation of fuses or cut-outs, which require an operator to replace or reset.

In applications such as sound systems for emergency purposes, it is essential that the amplifier continues to work normally under all possible conditions. It is therefore justified, in such cases, to require the time for which the amplifier can produce high-level output signals to be specified. It is not essential for this time to be specified if the amplifier is required for the normal reproduction of speech and music signals, especially in the context of household high-fidelity systems, where, in a properly designed and adjusted system, the amplifier should not be driven near, or into, clipping even for brief periods.

14.9.2 Characteristic to be specified

The time for which the amplifier can produce rated distortion-limited output voltage or power.

The rated value shall be stated by the manufacturer in the specification.

14.9.3 Method of measurement

WARNING: Some amplifiers may be seriously damaged by this test.

- a) The method described in 14.6.3.2 is used, the amplifier being operated under rated conditions for a measured period of time, ending when the rated distortion-limited output power or voltage can no longer be achieved at the rated total harmonic distortion, or for 60 min, whichever is less.
- b) Care shall be taken that the conditions of ventilation and any other means of cooling during the test are similar to those which occur when the amplifier is in normal use.
- c) The results shall be expressed as the time, measured as in item a) above, in seconds or minutes, as appropriate, or as 'greater than 60 min', if that is the case.

14.10 Gain

14.10.1 Voltage gain and e.m.f. gain

The manufacturer may use one of the following two methods for stating the rated value of gain in the specification, either as a direct ratio or in decibels.

- a) The voltage gain, being the ratio of the output voltage U_2 to the input voltage U_1 under standard measuring conditions.
- b) The e.m.f. gain, being the ratio of the output voltage U_2 to the source e.m.f. E_s under standard measuring conditions.

NOTE In item b), the difference between the voltage at the input terminals and the e.m.f. of the source is taken into account.

14.10.2 Maximum e.m.f. gain

14.10.2.1 Characteristic to be specified

The e.m.f. gain measured with the volume control set at the position for maximum gain and the source e.m.f. being set so as to restore the output voltage for standard measuring conditions.

The manufacturer may optionally state the rated value in the specification.

14.10.2.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) The volume control is readjusted to the position for maximum gain and the source e.m.f. decreased to restore the initial output voltage for standard measuring conditions.
- b) The output voltage U_2 is measured.
- c) The source e.m.f. E_s is measured.
- d) The maximum e.m.f. gain is expressed, either as a ratio U_2/E_1 or in decibels $20 \lg U_2/E_1$.

14.10.3 Attenuation characteristic of the volume control

14.10.3.1 Characteristic to be specified

The attenuation of the volume control, expressed in decibels, as a function of the mechanical position of the control (for example, angle of rotation from a specified position). The characteristic may be expressed graphically.

It should be taken into account that the attenuation characteristic may be a function of frequency, either intentionally, as in a 'loudness control' (physiologically-compensated gain

control) or otherwise. If there is more than one volume control, the characteristic of each control should be specified.

NOTE Where ganged volume controls are used to control the gains of more than one channel together, the gain differences between channels are functions of the volume control position, and such gain differences are often an important characteristic which can also be specified by the manufacturer.

The manufacturer may optionally present these data in the specification.

14.10.3.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions, except that the volume control is set to the position of maximum gain.

- a) The output voltage U_2 is measured.
- b) The volume control is then adjusted in successive steps; after each step, the position of the volume control is noted and the output voltage U_2' measured.
- c) The ratio of the output voltage at maximum gain U_2 to the output voltage measured at each step U_2' is, expressed in decibels, $20 \lg (U_2/U_2')$.
- d) These ratios are presented as a tabulation or graphically as a function of the position of the volume control.
- e) This measurement may be repeated at other frequencies (see note).

For large attenuations, care should be taken to ensure that noise and hum do not affect the results. To prevent this, the source e.m.f. may be increased by a known amount, and an allowance made in the results. Care should be taken not to exceed the overload source e.m.f.

NOTE The results obtained in item e) of this method can also be used to present graphs of gain-frequency response at various settings of the volume control or 'loudness control'.

14.10.4 Attenuation characteristic of balance controls for multi-channel equipment

14.10.4.1 Characteristic to be specified

The attenuation of the balance control, expressed in decibels, as a function of the mechanical position of the control (for example, angle of rotation from a given datum).

The manufacturer may optionally present these data in the specification.

14.10.4.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions, with the balance control adjusted to produce maximum gain in the channel first to be measured, the source e.m.f. being applied only to this channel. It may be necessary to reduce the source e.m.f. to prevent the rated output voltage or power being exceeded.

- a) The output voltage U_2 is measured.
- b) The balance control is then adjusted in successive steps; after each step, the position of the balance control is noted and the output voltage U_2' measured.
- c) The ratio of the output voltage at maximum gain U_2 to the output voltage measured at each step U_2' is, expressed in decibels, $20 \lg (U_2/U_2')$.
- d) These ratios are presented graphically as a function of position of the balance control.
- e) The measurement is repeated for other channel(s) controlled by the balance control being measured.
- f) The measurement may be repeated at other frequencies.

NOTE It is usual to plot the characteristic of all channels controlled by the same balance control on the same graph.

14.11 Response

14.11.1 Gain-frequency response

14.11.1.1 Characteristic to be specified

Variation, as a function of frequency, of the e.m.f. gain (ratio of the output voltage to the source e.m.f.), expressed in decibels, relative to its value at a specified reference frequency (normally the standard reference frequency).

It is recommended that the manufacturer state the rated value in the specification.

14.11.1.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions, with the source at the specified frequency.

- The source e.m.f. E_s and the output voltage U_2 are measured.
- The frequency of the source is varied continuously or step by step, maintaining the source e.m.f. constant. The output voltage U_2' is measured at each frequency.
- The ratio of the output voltage at each frequency of the source to the output voltage at the specified reference frequency is, expressed in decibels, $20 \lg (U_2'/U_2)$.
- These ratios are presented graphically as a function of frequency.

14.11.1.3 Equalizing amplifiers

The frequency response of an equalizing amplifier with specified equalizing characteristics shall be measured by the method described in 14.11.1.2, adjusting the source e.m.f. at each frequency in accordance with the inverse of the specified equalizing characteristic.

The source impedance shall represent the impedance of the transducer for which the equalizing amplifier is intended, over the effective frequency range. This impedance shall be stated with the results (if possible in the form of an equivalent circuit).

NOTE IEC 60098 [2] specifies a relationship between the recorded velocity on a disk record and the output voltage of the amplifier. Unless otherwise specified, it is usual to compare the response of the amplifier itself with this specified relationship (thus assuming a transducer having an ideal frequency response).

If the response of an equalizing amplifier is designed to compensate deficiencies in the frequency characteristic of a particular transducer, this should be stated by the manufacturer.

14.11.2 Gain-limited effective frequency range

14.11.2.1 Characteristic to be specified

The frequency range within which the deviations from the required frequency response under standard measuring conditions do not exceed stated limits.

The manufacturer is recommended to state the rated value in the specification.

14.11.2.2 Method of measurement

The effective frequency range is obtained from the graph prepared according to 14.11.1, under standard measuring conditions.

14.11.3 Distortion-limited effective frequency range

14.11.3.1 Characteristic to be specified

The frequency range within which the output power or voltage obtained at rated total harmonic distortion exceeds a specified fraction of the rated value.

Unless otherwise stated, the specified fraction shall be one-half in terms of power, or –3 dB when expressed in decibels.

It is recommended that the manufacturer state the rated value in the specification.

NOTE The deprecated term "power bandwidth" is often used for this characteristic.

14.11.3.2 Method of measurement

The distortion-limited effective frequency range may be determined from the distortion-frequency curves prepared according to 14.12.4.1.

14.11.4 Phase-frequency response

14.11.4.1 Characteristic to be specified

The phase difference between the output voltage and the source e.m.f. as a function of frequency, under standard measuring conditions for stated positions of the controls, if any.

The manufacturer may optionally present these data in the specification.

Instead of the phase-frequency response, the time delay may be given as a function of frequency.

14.11.4.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- A phase difference meter is connected to the source and the output terminals, proper account being taken of the marking of the terminals.
- The frequency of the source is varied continuously or step by step, the phase difference being measured at each frequency.
- The phase difference $\Delta\phi$ is expressed as a function of frequency, or as a time difference τ in microseconds, and presented as a graph:

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

with $\Delta\phi$ expressed in degrees (°).

NOTE For equalizing amplifiers, see 14.11.1.3.

14.12 Amplitude non-linearity

14.12.1 General

A general explanation of amplitude non-linearity can be found in IEC 60268-2.

14.12.2 Rated total harmonic distortion, characteristic to be specified

The value of total harmonic distortion stated by the manufacturer in the specification or specified in an IEC standard, above which the performance of the amplifier is considered unacceptable for the intended purpose.

NOTE Published research on distortion perception by the human ear suggests that the limiting value of distortion for most purposes is in the order of 1 %. The overload restoring time is also significant; see 14.6.5.

14.12.3 Total harmonic distortion under standard measuring conditions

14.12.3.1 Characteristic to be specified

The total harmonic distortion, when the amplifier is working under standard measuring conditions.

It is strongly recommended that the manufacturer state the rated value in the specification, for the reasons given below.

NOTE 1 In a properly designed system, the amplifier operates for most of the time with its output voltage in the order of 10 dB below the rated distortion-limited output voltage, due to the amplitude probability distribution of speech and music signals (hence the choice of 'standard measuring conditions').

NOTE 2 This characteristic is a good measure of the distortion performance of the amplifier, provided that the distortion does not rise at lower output voltages due to cross-over distortion. In contrast, the rated total harmonic distortion is a somewhat arbitrarily chosen limiting value.

14.12.3.2 Method of measurement

- a) The amplifier is brought under standard measuring conditions and the output voltage U_2 is measured.

The level of total harmonic distortion of the source of signals shall be at least 10 dB below the lowest level of distortion to be measured.

NOTE For greatest accuracy of measurement of the voltages, a true r.m.s. meter is best, but for a total harmonic distortion of less than 10 %, the error of an average-responding meter scaled to read r.m.s. values of a sinusoidal signal is small.

- b) A filter, selectively attenuating the input signal frequency to a level 10 dB below that of the distortion components, or a high-pass filter with similar attenuation at the input signal frequency and low known pass-band attenuation at the harmonic frequencies, is connected at the output terminals.
- c) The output voltage U_2' (due to distortion) is measured and, if necessary, corrected for the pass-band attenuation of the filter.
- d) The source e.m.f. is reduced to zero and the output voltage U_2'' is measured. Unless this voltage is less than one-third of U_2' , the measurement is being affected by noise and the results shall be discarded. In this case, the more time-consuming but robust measurement of the harmonic distortion of the n th order (see 14.12.5) shall be used.
- e) The total harmonic distortion under standard measuring conditions can be determined by the formulae:

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

as a percentage, or:

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

in decibels (dB).

14.12.4 Total harmonic distortion as a function of amplitude and frequency

14.12.4.1 Characteristic to be specified

The total harmonic distortion, determined for different frequencies and output voltages.

NOTE 1 If the total harmonic distortion is measured at a frequency high enough for significant components of the harmonic spectrum (see last paragraph of this 14.12.4.1) to be above the upper limit of the gain-limited effective frequency range (see 14.11.2), the measured value of total harmonic distortion is very likely (depending on the design of the amplifier) to be misleadingly low. The higher the order of the highest significant harmonic, the lower the fundamental frequency at which this effect becomes important.

Care is necessary to ensure that the frequencies of significant distortion components do not fall above the upper frequency limit of the analyser.

NOTE 2 For example, if the upper limit of the gain-limited effective frequency range is 30 kHz, and the highest significant harmonic is the fifth, the highest fundamental frequency for which a value of total harmonic distortion is valid is (30/5) kHz, that is, 6 kHz. If the highest significant harmonic were the third, however, values of total harmonic distortion could be stated for frequencies up to (30/3) kHz, that is, 10 kHz.

The manufacturer may optionally present these data in the specification.

Some amplifiers produce a spectrum of harmonics including small but measurable harmonics of high orders. The highest frequency component of this spectrum, the amplitude of which is significant, may in general be taken as the highest harmonic whose r.m.s. value (see 14.12.5) exceeds one-third of the total harmonic distortion at the same fundamental frequency. In some cases a different criterion may be necessary, in which case it shall be stated.

14.12.4.2 Method of measurement

The procedure is as follows:

- a) The total harmonic distortion is determined as given in 14.12.3.2.
- b) The measurements are then repeated at least at three other frequencies up to the limit indicated in the notes of 14.12.4.1 and at other values of output voltage U_2 up to and beyond the rated distortion-limited output voltage.

To ensure the accuracy of each measurement, it is essential to observe the precaution in item a), and repeat the test according to item d), of 14.12.3.2.

- c) The results of the test are presented graphically.

14.12.5 Harmonic distortion of the n th order under standard measuring conditions

14.12.5.1 Characteristic to be specified

The harmonic distortion under standard measuring conditions due to the component of the output signal of harmonic order n .

It is recommended that the manufacturer state rated values for this characteristic, at least for values of n from 2 to 5, in the specification.

14.12.5.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions and the output voltage U_2 is measured.

- a) A band-pass filter passing only the harmonic frequency to be measured is connected to the output terminals. The attenuation of the filter at the input signal frequency shall be at least 10 dB greater than the ratio of the output voltage U_2 to the smallest harmonic voltage to be measured.
- b) The level of the n th order harmonic distortion in the source of signals shall be at least 10 dB below the lowest level of distortion to be measured. As an alternative to measuring each harmonic frequency in turn using bandpass filters or a wave analyser, a spectrum analyser may be used to measure the amplitudes of several distortion components and the fundamental simultaneously.
- c) The output voltage $U_{2,n}'$ of the filter is measured and corrected if necessary for the pass-band attenuation of the filter. Due to the narrow measuring bandwidth a true r.m.s. meter is not essential for the measurement of $U_{2,n}'$.
- d) The source e.m.f. is reduced to zero and the output voltage measured. Unless this voltage is less than one-third of the voltage $U_{2,n}'$, the measurement is being affected by noise or spurious signals and the results shall be discarded.
- e) The harmonic distortion of the n th order can be determined by the formulae:

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

as a percentage, or:

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

in decibels (dB).

14.12.6 Harmonic distortion of the n th order as a function of amplitude and frequency

14.12.6.1 Characteristic to be specified

The total harmonic distortion of the n th order under standard measuring conditions (see 14.12.5), determined for different frequencies and output voltages.

The manufacturer may optionally present these data in the specification.

NOTE 1 This method is preferred when noise affects the wide-band method given in 14.12.4.

NOTE 2 See last paragraph of 14.12.4.1.

14.12.6.2 Method of measurement

The procedure is as follows:

- The harmonic distortion of the n th order is determined as given in 14.12.5.2.
- The measurements are then repeated, at least at three other frequencies up to the limit indicated in the notes of 14.12.4.1, at other values of output voltage U_2 up to and beyond the rated distortion-limited output voltage and at other values of harmonic order.
- To ensure the accuracy of each measurement it is essential to repeat the test according to item d) of 14.12.5.2.
- The total harmonic distortion under the given conditions can be determined by the formulae:

$$d_{\text{tot}} = \frac{\left[\sum_{n=2}^{\infty} U_{2,n}^2 \right]^{1/2}}{U_2} \times 100 \%$$

as a percentage, or:

$$L_{d,\text{tot}} = 20 \lg (d_{\text{tot}}/100)$$

in decibels (dB).

- The results of the test are presented graphically.

14.12.7 Modulation distortion of the n th order (where $n = 2$ or $n = 3$)

14.12.7.1 Characteristics to be specified

The following characteristics should be specified:

- Modulation distortion of the second order

When f_1 and f_2 are the frequencies of two sinusoidal input signals of specified amplitude ratio, the second-order modulation distortion is given by the ratio of the arithmetic sum of the output voltages at frequencies $f_2 + f_1$ and $f_2 - f_1$ to the output voltage at frequency f_2 .

- Modulation distortion of the third order

When f_1 and f_2 are the frequencies of two sinusoidal input signals of specified amplitude ratio, the third-order modulation distortion is given by the ratio of the arithmetic sum of the output voltages at frequencies $f_2 + 2f_1$ and $f_2 - 2f_1$ to the output voltage at frequency f_2 .

Unless a spectrum analyser is used, making it possible to make an immediate identification of the various components of the output voltage, f_1 and f_2 should be chosen as follows: $f_2 - 2f_1$ should preferably be higher in frequency than the highest significant harmonic of f_1 ; if the highest significant harmonic is the fifth, then f_1 should not exceed $f_2/8$.

It is desirable to choose f_1 to be between 0,5 octave and 1,5 octaves above the lower limit of the effective frequency range and f_2 to be between 0,5 octave to 1,5 octaves below the upper limit of that range.

If the amplifier to be measured includes equalization, the amplitude ratio shall be adjusted to the specified value, preferably 4:1, at a point (usually either the input or output of the amplifier) where, when the amplifier is in use, the spectral distribution of the signal is normal. For example, an equalizing amplifier for a magnetic pick-up cartridge for analogue disk records has a normal signal spectrum at its output, whereas a recording amplifier for a magnetic tape recorder has a normal signal spectrum at its input.

It is recommended that the manufacturer present these data in the specification.

14.12.7.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) It is then connected to two sources with frequencies f_1 and f_2 , each via a switch and a series resistor of at least 10 times the rated source impedance of the amplifier to a shunt resistor connected in parallel with the input terminals of the amplifier (see Figure 6). The combined value of this shunt resistor in parallel with the series resistors shall be equal to the rated source impedance of the amplifier.
- b) Each source is connected in turn by means of the switch. The source e.m.f. at the frequency f_1 is adjusted to produce an output voltage $U_{2,f1}$ of 12 dB below the rated output voltage and the source e.m.f. at f_2 , for an amplitude ratio of 4:1, to produce an output voltage $U_{2,f2}$ 24 dB below the rated output voltage.
- c) Both sources are then connected simultaneously and a band-pass filter passing the appropriate measuring frequency: $f_2 + f_1$, $f_2 - f_1$, $f_2 + 2f_1$ or $f_2 - 2f_1$ connected between the output load resistor and the voltmeter. The attenuation of the band-pass filters at other frequencies shall be sufficient to preserve the accuracy of the measurement.
- d) The selectively measured output voltage ($U_{2,f2+f1}$, etc.) is measured and corrected for the pass-band attenuation of the filter and the measurements repeated for the other distortion components, if required.
- e) The measurement may be repeated for other values of input voltages, keeping the amplitude ratio at 4:1.
- f) Noise and spurious signal voltages shall not exceed one-third of the voltage of the component being measured. This can be checked by reducing the source e.m.f. to zero.
- g) The modulation distortion of the second order can be determined by the formula:

$$d_{m,2} = \frac{U'_{2,f2+f1} + U'_{2,f2-f1}}{U_2} \times 100 \%$$

as a percentage of the output voltage at frequency f_2 . Alternatively,

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

as a percentage of the reference output voltage, if the amplitude ratio is 4:1.

- h) The modulation distortion of the third order can be determined by the formula:

$$d_{m,3} = \frac{U'_{2,f2+2f1} + U'_{2,f2-2f1}}{U_2} \times 100 \%$$

as a percentage of the output voltage at frequency f_2 . Alternatively,

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

as a percentage of the reference output voltage, if the amplitude ratio is 4:1.

The results of the measurement should be presented graphically, as functions of frequency and reference output voltage, or as single figures, preferably for standard measuring conditions.

Due to the presence of two incoherent signals in the amplifier, the peak-to-peak signal amplitude is equal (apart from effects due to non-linearity) to the sum of the peak-to-peak signal amplitudes of the two sinusoidal signals.

The reference output voltage for expressing the results is therefore chosen to be equal to the sum of the output voltages due to the sinusoidal components.

For an amplitude ratio of 4:1 the reference output voltage is

$$U_{2,\text{ref}} = U_{2,f2} + U_{2,f1} = 5U_{2,f2}$$

14.12.8 Difference-frequency distortion of the n th order (where $n = 2$ or $n = 3$)

14.12.8.1 Characteristic to be specified

The following characteristics should be specified:

a) Difference frequency distortion of the second order

When f_1 and f_2 are the frequencies of two equal amplitude sinusoidal signals, separated by a specified frequency difference, the difference-frequency distortion of the second order is given by the ratio of the output voltage $U_{2,f2-f1}$ at frequency $f_2 - f_1$ to the reference voltage $U_{2,\text{ref}}$, which is equal to twice the output voltage $U_{2,f2}$.

b) Difference frequency distortion of the third order

With signals as under item a), the difference-frequency distortion of the third-order is given by the ratio of the arithmetic sum of the output voltages at frequencies $2f_2 - f_1$ and $2f_1 - f_2$ to the reference voltage $U_{2,\text{ref}}$, which is equal to twice the output voltage $U_{2,f2}$.

It is recommended that the manufacturer present these data in the specification.

14.12.8.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) It is then connected to two sources with frequencies f_1 and f_2 each via a switch and a series resistor of at least 10 times the rated source impedance of the amplifier to a shunt resistor connected in parallel with the input terminals of the amplifier (see Figure 6). The combined value of this shunt resistor in parallel with the series resistors shall be equal to the rated source impedance of the amplifier.

NOTE 1 The series and shunt resistors are intended to prevent intermodulation in the signal sources. Other, equally effective methods can be used.

- b) The source frequencies f_1 and f_2 are adjusted to have a frequency difference of 80 Hz, unless there is a good reason to choose otherwise.
- c) Each source is connected in turn by means of the switch and the source e.m.f.s of each source adjusted to produce an output voltage $U_{2,f1}$ or $U_{2,f2}$ respectively of 16 dB below the rated output voltage (one-half of the voltage under standard measuring conditions).
- d) Both sources are connected simultaneously and a band-pass filter passing the appropriate measuring frequency, $f_2 - f_1$, $2f_1 - f_2$ or $2f_2 - f_1$ connected to the output terminals. The attenuation of the band-pass filter at other frequencies shall be sufficient to preserve the accuracy of the measurement.
- e) The output voltage due to the relevant component of distortion is measured and corrected for the pass-band attenuation of the filter. The measurements are repeated for the other distortion components, if required.

NOTE 2 A spectrum analyser can be used to measure all the components simultaneously.

- f) Noise and spurious signal voltages shall not exceed one-third of the voltage of the component being measured. This can be checked by reducing the source e.m.f.s to zero.
- g) The difference frequency distortion of the second order can be determined by the formula:

$$d_{d,2} = \frac{U'_{2,f2-f1}}{U_{2,\text{ref}}} \times 100 \%$$

The difference frequency distortion of the third order can be determined by the formula:

$$d_{d,3} = \frac{U'_{2,2f2-f1} + U'_{2,2f1-f2}}{U_{2,\text{ref}}} \times 100 \%$$

- h) The measurements may be repeated for other values of source e.m.f. and other values of mean measuring frequency f_m . Care should be taken with measurements at low frequencies that the band-pass filter referred to in item d) has sufficient selectivity to discriminate between the second and one of the third-order components which are close together in frequency.
- i) Due to the presence of two incoherent signals in the amplifier, the peak-to-peak signal amplitude is twice that of either signal alone. The reference output voltage $U_{2,\text{ref}}$ is therefore chosen as twice that measured at f_2 , so $U_{2,\text{ref}} = 2U_{2,f2}$.
- j) The results of the measurement should be presented graphically, as functions of frequency and reference output voltage, or as single figures, preferably for standard measuring conditions.
- k) In this method of measurement it has been assumed that the required frequency response is flat. When measuring frequency-dependent circuits, for example pre-amplifiers employing equalization, an appropriate counter-equalization at the input shall be used to create quasi-normal test signal spectral distribution within the amplifier under test and at its output.

In that case, the amplitude ratio shall be adjusted to the specified value, preferably 1:1, at a point (usually the input or the output of the amplifier) where, when the amplifier is in use, the spectral distribution of the signal is normal. For example, an equalizing amplifier for a magnetic pick-up cartridge for analogue disk records has a normal signal spectrum at its output whereas a recording amplifier for a magnetic tape recorder has a normal signal spectrum at its input.

14.12.9 Dynamic intermodulation distortion (DIM)

14.12.9.1 Characteristics to be specified

The modulation distortion arising when a particular input signal is used. The input signal is the sum of a sinusoidal signal of frequency f_s and a low-pass filtered square wave of fundamental frequency f_q , where f_q is less than both f_s and the filter cut-off frequency f_c . The peak-to-peak amplitude ratio of the square wave signal to the sinusoidal signal is 4:1 and the dynamic intermodulation distortion is then determined by the ratio of the r.m.s. sum of the output voltages at the frequencies specified in Table 2 to the amplitude of the output voltage at the frequency f_s .

The manufacturer may optionally present these data in the specification.

Table 2 – Distortion components due to dynamic intermodulation distortion falling in the frequency range up to 20 kHz

Intermodulation components		Frequency kHz
Frequency	Symbol for output voltage	
$5f_q - f_s$	U_5	0,75
$f_s - 4f_q$	U_4	2,40
$6f_q - f_s$	U_6	3,90
$f_s - 3f_q$	U_3	5,55
$7f_q - f_s$	U_7	7,05
$f_s - 2f_q$	U_2	8,70
$8f_q - f_s$	U_8	10,20
$f_s - f_q$	U_1	11,85
$9f_q - f_s$	U_9	13,35

14.12.9.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) It is then connected to two sources, one of sinusoidal voltage and one of square-wave voltage, each via a switch and a series resistor of at least 10 times the rated source impedance of the amplifier to a shunt resistor, connected in parallel with the input terminals of the amplifier (see Figure 6). The combined value of this shunt resistor in parallel with the series resistors shall be equal to the rated source impedance of the amplifier.

The square-wave source shall be provided with a single-pole low-pass filter with a cut-off frequency f_c of 30 kHz or 100 kHz (see Note 1).

NOTE 1 The frequency f_c is normally 30 kHz, but a frequency of 100 kHz will increase the sensitivity of the method.

The even harmonic content of the square-wave signal should not exceed 1 % of the value of the fundamental.

- b) The sinusoidal source is adjusted to a frequency $f_s = 15$ kHz, the square-wave source to a frequency $f_q = 3,15$ kHz and the input peak-to-peak voltage ratio of these signals to 1:4 respectively. A typical spectrum of this signal as obtained in practice is given in Figure 7.

In this method of measurement it has been assumed that the required frequency response is flat. When measuring frequency-dependent circuits, for example pre-amplifiers employing equalization, an appropriate counter-equalization at the input shall be used to create quasi-normal test signal spectral distribution within the amplifier under test and at its output. In that case, the amplitude ratio shall be adjusted to the specified value, preferably 4:1, at a point (usually the input or the output of the amplifier) where, when the amplifier is in use, the spectral distribution of the signal is normal. For example, an equalizing amplifier for a magnetic pick-up cartridge for disk records has a normal signal spectrum at its output whereas a recording amplifier for a magnetic tape recorder has a normal signal spectrum at its input.

NOTE 2 The peak-to-peak voltage ratio 1:4 is equivalent to

- the ratio 1:5,66 between r.m.s. amplitudes,
- the ratio 1:11,3 between the r.m.s. value of the sinusoid and the peak-to-peak value of the square wave.

Measuring instruments specifically intended to perform this measurement c use a square wave, the frequency of which is up to 1 % higher than 3,15 kHz.

- c) With both sources connected the input source e.m.f.s are then increased until the peak-to-peak input voltage corresponds to the peak-to-peak value of the rated distortion-limited output voltage.

- d) A selective voltmeter or a spectrum analyser is connected to the output terminals. The amplitudes of the sinusoidal signal U_s and of the intermodulation components $U_1, U_2, \dots U_i$ having frequencies $mf_s \pm nf_q$ (m and n being integers) are measured; the relevant distortion components are given in Table 2.

The meter shall attenuate by at least 80 dB the frequencies which are more than 750 Hz away from the frequency of the component being measured.

NOTE 3 Output spectrum components other than those specified above (such as any component of frequency $2nf_q$) are not taken into account.

- e) The levels of other residual components, including hum and noise, shall not exceed –10 dB with respect to the component to be measured; this can be checked by reducing the source e.m.f.s to zero.
- f) The dynamic intermodulation distortion can be determined by the formulae.

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

as a percentage, or: $L_{d,\text{DIM}} = 20 \lg d_{\text{DIM}}$

in decibels (dB).

- g) Further information on the dynamic performance of the amplifier may be determined from additional measurements for a number of output voltages in the range between zero and rated output voltage.
- h) The results of the test are presented either as a table or graphically. The value of f_c shall be stated. The reference output voltage to which measurements are referred is measured by replacing the test signal by a sine wave with the same peak-to-peak voltage and a frequency of 3,15 kHz.

14.12.10 Total difference frequency distortion

14.12.10.1 Characteristic to be specified

When f_1 and f_2 are frequencies of two sinusoidal input signals, where $f_1 = 2f_0$, $f_2 = 3f_0 - \delta$, δ being the frequency offset, the distortion is given by the ratio of the r.m.s. sum of the output voltages U_{2,f_2-f_1} and U_{2,f_1-f_2} of the in-band second-order and third-order intermodulation products at the frequencies $f_0 - \delta$ and $f_0 + \delta$ to a reference output voltage, equal to the arithmetical sum of the output voltages U_{2,f_1} and U_{2,f_2} at the frequencies f_1 and f_2 .

The manufacturer may optionally state the rated value in the specification.

14.12.10.2 Method of measurement

The amplifier is brought under standard measuring conditions.

- a) It is then connected to two sinusoidal sources, each via a switch and a series resistor of at least 10 times the rated source impedance of the amplifier to a shunt resistor, connected in parallel with the input terminals of the amplifier (see Figure 6). The combined value of the shunt resistor in parallel with the series resistors shall be equal to the rated source impedance of the amplifier. Connection or disconnection of one source shall have a negligible effect on the level of signal delivered to the amplifier input from the other source.
- b) The source frequencies are adjusted to frequencies f_1 and f_2 (see 14.12.10.1). Unless there is a good reason to the contrary, $f_1 = 8$ kHz, $f_2 = 11,95$ kHz. In this case $f_2 - f_1 = f_0 - \delta = 3\,950$ Hz and $2f_1 - f_2 = f_0 + \delta = 4\,050$ Hz.

In this method of measurement it has been assumed that the required frequency response is flat. When measuring frequency-dependent circuits, for example pre-amplifiers employing equalization, an appropriate counter-equalization at the input shall be used to create quasi-normal test signal spectral distribution within the amplifier under test and at its output. In that case, the amplitude ratio shall be adjusted to the specified value, preferably 1:1, at a point (usually the input or the output of the amplifier) where, when the

amplifier is in use, the spectral distribution of the signal is normal. For example, an equalizing amplifier for a magnetic pick-up cartridge for disk records has a normal signal spectrum at its output whereas a recording amplifier for a magnetic tape recorder has a normal signal spectrum at its input.

- c) Each source is connected in turn by means of the switch and the source e.m.f.s of each source adjusted to produce an output voltage U_2 of 16 dB below the rated output voltage (one-half of the voltage under standard measuring conditions).
- d) Both sources are connected simultaneously and a band-pass or low-pass filter, passing the frequencies $f_0 \pm \delta$, normally being 4 kHz $\pm$ 50 Hz connected to the output terminals. The attenuation of the filter at other frequencies shall be sufficient to preserve the accuracy of the measurement.
- e) The output voltages $U_{2,f_2-f_1'}$ and $U_{2,2f_1-f_2'}$ are measured and corrected for the pass-band attenuation of the filter. A wave or spectrum analyser, or a selective voltmeter, may be used to measure all the output components; the manner in which the measurement is made is determined by the resolution bandwidth of the measuring equipment. Where the bandwidth is less than 2δ , the individual distortion-component voltages $U_{2,f_2-f_1'}$ and $U_{2,2f_1-f_2'}$ at frequencies $f_0 \pm \delta$ are measured separately and summed in an r.m.s. manner. Where the bandwidth is greater than 2δ , the two components can be measured together using an r.m.s.-responding indicator. The use of an average-responding indicator might give an error of up to 1 dB, while a peak-responding indicator might give an error of up to 3 dB.
- f) Noise and spurious signal voltages at the filter output shall not exceed one-third of the output voltage measured with the intermodulation components present. This can be checked by disconnecting each source in turn.
- g) The total difference frequency distortion can be determined by the formulae:

$$d_{\text{TDFD}} = \frac{(U_{2,f_2-f_1'}^2 + U_{2,2f_1-f_2'}^2)^{1/2}}{U_{2,f_1} + U_{2,f_2}} \times 100 \%$$

as a percentage, or:

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

in decibels (dB).

- h) Further information on the performance of the amplifier may be determined from additional measurements for a number of output voltages in the range between zero and rated output voltage and for a number of stated frequencies (see 14.12.10.1). The frequency f_2 may be made as high as practicable within the gain-limited effective frequency range, but not exceeding 20 kHz, whichever is less.
- i) The results of the tests are presented graphically or as values for specified frequencies and output voltages. The reference output to which measurements are referred is a sine wave with the same peak-to-peak voltage as the measured output voltage and a frequency f_0 . The frequencies f_1 and f_2 used for the measurement shall be stated.

14.12.11 Weighted total harmonic distortion

The characteristics given in 14.12.3, 14.12.4, 14.12.5 and 14.12.6 may also be measured and presented as weighted values by including a weighting network complying with Appendix A of IEC 60268-1:1985 between the amplifier output terminals and the distortion measuring instrument. Allowance shall be made for the insertion loss of the weighting network at the input signal frequency. See also Amendment 1 to IEC 60268-2:1987.

Because of the shape of the response of the weighting network, the measurements are valid only for input signal frequencies between 31,5 Hz and 400 Hz.

Rated total harmonic distortion (see 14.12.2) may also be presented as a weighted value.

In the presentation of results, it shall be made clear that a weighted value is being reported.

NOTE Weighted total harmonic distortion measurements are useful when the harmonic distortion consists of many harmonics, all of similar low level relative to the total output voltage, such as are caused by crossover distortion. In such a case, the results of weighted measurements correlate, better than those of unweighted measurements, with subjective assessments of quality of reproduction (listening tests). Except in the above case, unweighted measurements are preferred.

14.13 Noise

14.13.1 Characteristic to be specified

The following characteristics are suitable for inclusion in specifications:

a) Signal-to-noise ratio

The ratio, expressed in decibels, of the rated output voltage to the wide-band, or a weighted sum of the output voltages or the octave/third-octave band output voltages produced by the different noise components, the amplifier being brought under rated conditions and the source e.m.f. being then reduced to zero. The weighting curve and the characteristics of the measuring instruments shall be as specified in IEC 60268-1.

Information about noise, excluding hum and the other spurious signal components, may be given, where relevant. When this is done, it shall be explicitly stated.

If it is justified to use a reference output voltage other than the rated output voltage, the level of decibels of this reference voltage with respect to the rated voltage (0 dB) shall be stated when reporting the results.

b) Noise output voltage

The output voltage of an amplifier which is due to noise generated both within the amplifier and within its rated source resistance. This voltage is measured at the output of the appropriate filter or weighting network according to IEC 60268-1.

NOTE 1 For many purposes, it is the value of this noise output voltage which is significant rather than its ratio to the rated distortion-limited output voltage.

Also, the specification of noise output voltage (instead of signal-to-noise ratio) avoids conceptual difficulties which arise when the noise performance is to be specified under measuring conditions where rated distortion-limited output voltage cannot be obtained.

c) Residual noise output voltage

The noise output voltage as defined in b) above but with the volume control set to its minimum position.

d) Equivalent noise source e.m.f.

The e.m.f. of a source giving a sinusoidal signal of a specified frequency which will produce an output voltage equal to the noise output voltage produced by the amplifier.

NOTE 2 The frequency of the equivalent source is preferably the standard reference frequency of 1 000 Hz.

The manufacturer shall state rated values for one or more of these characteristics in the specification.

14.13.2 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions.

- The source e.m.f. is then reduced to zero.
- Noise measuring equipment for wide-band (unweighted), weighted or octave/third-octave band measurement is connected to the output terminals (see IEC 60268-1).
- The noise output voltage U_2' is then measured at each required setting of the controls, or under such required measuring conditions (for example, reduced or increased power supply voltage), as required.
- The noise output voltage U_2' may be stated directly.
- The signal-to-noise ratio may be expressed as

$$20 \lg \frac{U_{2,\text{ref}}}{U_2'}$$

where $U_{2,\text{ref}}$ is a stated reference voltage, for example rated distortion-limited output voltage.

- f) The settings of all relevant controls and the measuring conditions shall be clearly stated with the results.
- g) The equivalent noise source e.m.f. may be calculated from the measurements of noise output voltage and of gain (see 14.10.2):

$$E_{\text{in}} = \frac{U_2'}{A}$$

where

E_{in} is the equivalent noise source e.m.f.;

U_2' is the noise output voltage;

A is the e.m.f. gain, measured under the same conditions.

14.14 Hum

14.14.1 General

Interference at the power supply frequency and its harmonics is termed hum. The subjective effects of hum depend very much on the waveform and spectral content so that good correlation is not usually achieved between simple measurements and subjective evaluations, particularly since the characteristics of the loudspeakers used strongly influence the subjective results.

In variable consumption apparatus the hum output voltage is likely to be a function of the signal level, so that a special method of measurement is required.

14.14.2 Characteristics to be specified

The following characteristics are suitable for inclusion in specifications:

- a) Hum output voltage: the output voltage due to interference at the power supply frequency and its harmonics, when the amplifier is operating under specified conditions.
- b) Signal-to-hum ratio: the ratio of rated distortion-limited output voltage to hum output voltage, the amplifier being under rated conditions but with the source e.m.f. reduced to zero.
- c) Equivalent hum source e.m.f.: the source e.m.f. at the specified frequency which would produce an output voltage equal to the measured hum output voltage if applied to the input of the amplifier operating otherwise under the same conditions.
- d) Residual hum output voltage: The hum output voltage measured with the gain control(s) set to minimum position.

NOTE It is illogical to refer this voltage to rated output voltage and calculate a "residual signal-to-hum ratio" since with the gain control(s) at minimum, rated output voltage cannot be achieved.

It is recommended that the manufacturer state rated values for one or more of these characteristics.

14.14.3 Method of measurement

The amplifier is brought under rated conditions.

- a) The conditions are then readjusted to those under which the measurement is to be made.
- b) A band-pass filter is connected at the output terminals to pass the hum frequency component to be measured.

- c) If the variation of hum output with signal output is to be measured for a variable consumption apparatus, a source at a frequency which is high compared with the power supply frequency, 5 kHz for example, is connected and the source e.m.f. adjusted to produce the required signal output voltage (for example, as for standard measuring conditions).
- d) The output voltage from the filter is measured, and corrected if necessary for the pass-band attenuation of the filter.
- e) The measurement is repeated at other hum frequencies.
- f) The hum output voltages may be presented as a spectrum, or added to produce a total hum voltage:

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

The signal-to-hum ratio may be calculated as described in item b) of 14.14.2. The equivalent hum source e.m.f. may be calculated as described in item c) of 14.14.2, using the e.m.f. gain calculated from the results of the measurement described in 14.5.4.

- g) For variable consumption apparatus the measurements may be repeated with other values of output voltage, and the results presented graphically.
- h) A spectrum analyser may be used to measure all the hum voltage components simultaneously.
- i) The measurements may be repeated with the gain control(s) set at minimum gain position to determine the residual hum output voltage.

14.15 Balanced inputs and outputs

14.15.1 Balance of the input

14.15.1.1 General

General information on the purpose and characteristics of balanced interfaces is given in Annex A. The balance of an input port may be influenced by inequality of the internal impedances from the input terminals to the reference point and/or failure of the circuit to reject common-mode signals adequately. Through mode conversion, the balance may also be influenced by inequality of the internal impedances to reference potential of each limb of the source supplying the balanced input.

14.15.1.2 Characteristic to be specified

The combination of unbalancing effects shall be expressed as the common-mode rejection ratio (CMRR), measurements being made by the method of 14.15.1.3. This ratio should preferably be stated in decibels.

It is strongly recommended that the manufacturer state the rated value in the specification.

14.15.1.3 Method of measurement

The procedure is as follows:

- a) The equipment, connected in the test circuit shown in Figure 8 (based on Figure 3 of IEC 60268-2:1987), is brought under standard measuring conditions with switches S1 and S2 in position 1. The generator shall have a balanced floating output circuit with a rated source resistance R_s not greater in value than the rated source impedance of the equipment under test. The two resistors R shall be $10 \Omega \pm 1 \%$, or of closer tolerance.

NOTE Table 10 of IEC 61938:1996 recommends a value of R_s of 50 Ω or less.

- b) The input voltage U_1 is measured using a high-impedance earth-free measuring instrument.
- c) The output voltage U_2 is measured using an appropriate instrument.

- d) The switch S1 is then set to position 2, leaving switch S2 in position 1. The source e.m.f. is then increased to U_1' , so that the output voltage U_2' is either equal to U_2 or at least sufficiently high to avoid errors due to hum and noise.
- e) The values of U_1' and U_2' are measured using the same instruments as before. While measuring U_2' , temporarily note the value with switch S2 in position 1 and then set it to position 2. The higher of the two values of U_2' is noted as the value for use in the next step.
- f) The common-mode rejection ratio, CMRR, is calculated in decibels:

$$20 \lg (U_1' U_2 / U_1 U_2')$$

To maintain accuracy, it is essential to use electrostatic screens and earth connections as shown in Figure 8, and to shield the components from air currents which could cause differential temperature changes.

The value of rated source resistance R_s used for measurement shall be stated with the measurement data. If no value of R_s is given by the manufacturer, a value of 50 Ω shall be used unless otherwise stated.

- g) The measurement is repeated for a number of frequencies, adequately covering the effective frequency range of the equipment. At least three measurements, one at a low frequency such as 80 Hz, one at the standard reference frequency and one at a higher frequency, such as 10 kHz, are recommended. The measurement may also be repeated with other values of source e.m.f.
- h) The results are given either in a table or graphically, presenting the CMRR as the ordinate (decibels on a linear scale) and the frequency as the abscissa (log scale).

14.15.2 Overload (distortion-limited) peak-to-peak common-mode input voltage

14.15.2.1 Characteristic to be specified

The peak-to-peak value of common-mode input voltage at which the distortion of the output signal waveform begins to increase rapidly as the input voltage is increased.

It is recommended that the manufacturer state the rated value in the specification.

14.15.2.2 Method of measurement

The procedure is as follows:

- a) The procedure given in 14.15.1.3 is followed as far as step e), with an oscilloscope connected to the output of the equipment under test, so that the signal waveform can be observed. The voltage U_1' is then increased until the waveform begins to show rapidly increasing distortion as the voltage is increased. The value of U_1' is then noted.

NOTE A conventional measurement of the increase in distortion is not usable, because the distortion of the output signal is likely to vary in a complex manner with input signal level.

- b) If no rapid increase in distortion is observed with U_1' equal to 24 V (r.m.s.), no greater input voltage need be applied.
- c) The measured value of U_1' is expressed as a peak-to-peak value, by multiplying by $2\sqrt{2}$ (2,828) to convert from an r.m.s. to a peak-to-peak value. If the condition given in b) above applies, the result may be reported as 'greater than 68 V'.

14.15.3 Balance of the output

14.15.3.1 General

General information on the purpose and characteristics of balanced interfaces is given in Annex A. The balance of an output port may be influenced by one or more of the following effects:

- a) Inequality of the internal impedances from the output terminals to the reference point. This effect is particularly significant if the input to which the output is connected also has unequal internal impedances to the reference point.
- b) Inequality of the e.m.f.s at the output terminals with respect to the reference point. This effect is considered in terms of a common-mode signal superimposed on the wanted balanced signal by mode conversion.
- c) Internal impedance of the source of unbalance. This is considered as the source impedance associated with the common-mode signal described in b).
- d) Phase-shift differences in the signal chains to each output terminal.

14.15.3.2 Characteristics to be specified

The following characteristics are suitable for inclusion in specifications:

- a) The internal impedance balance, expressed as the inverse ratio of the differential output voltage caused by injecting a common-mode signal into the output, to the e.m.f. of the common mode signal, measured by the method given in 14.15.3.3.
- b) The symmetry of the output voltages, expressed as the inverse ratio of the common-mode voltage produced by mode-conversion, to the differential output voltage producing it, measured by the method given in 14.15.3.4.

NOTE This includes effects due to differential phase-shift.

It is recommended that the manufacturer state the rated values in decibels in the specification.

14.15.3.3 Method of measurement of internal impedance balance

The procedure is as follows:

- a) The equipment is connected in the test circuit shown in Figure 9. The resistors R shall be $3\,300\,\Omega \pm 1\%$, or of closer tolerance, and the potentiometer R_T shall be $500\,\Omega \pm 10\%$, or of closer tolerance. The input voltage V shall be 7,75 V (20 dBu), unless otherwise stated. In some cases, it may not be necessary to terminate the input of the equipment under test with its rated source impedance R_s .
- b) The switch S is set first to position 1 and R_T is adjusted to minimize the measured voltage U_2 , then S is set to position 2 and R_T readjusted so that the same value of U_2 is measured in both positions of the switch S .
- c) The internal impedance balance is expressed as the ratio in decibels of V to U_2 :

$$20 \lg (V/U_2)$$
- d) The measurement is repeated for a number of frequencies, adequately covering the effective frequency range of the equipment. At least three measurements, one at a low frequency such as 80 Hz, one at the standard reference frequency and one at a higher frequency, such as 10 kHz, are recommended. The measurement may also be repeated with other values of input voltage.
- e) The results are given either in a table or graphically, presenting the ratio as ordinate (decibels on a linear scale) and the frequency as abscissa (logarithmic scale).

14.15.3.4 Method of measurement of voltage symmetry

The procedure is as follows:

- a) The equipment, connected in the test circuit of Figure 10 (based on Figure 4 of IEC 60268-2:1987), is brought under standard measuring conditions with S in position 1. The two resistors $R_L/2$ shall each be equal to half the rated load resistance, minus the resistance of the potentiometer R_T . Unless otherwise stated, the value R_m shall be 600 Ω .
- b) The output voltage U_2 is measured using a high-impedance earth-free measuring instrument. The common-mode voltage U_2' is measured using an appropriate instrument.

- c) The trimming potentiometer R_t is adjusted so that the same (minimum) value of U_2' is produced in both positions of the switch S.
- d) The ratio of differential signal to common-mode signal is calculated in decibels as:

$$20 \lg (U_2/U_2')$$
- e) The measurement is repeated for a number of frequencies, adequately covering the effective frequency range of the equipment. At least three measurements, one at a low frequency such as 80 Hz, one at the standard reference frequency and one at a higher frequency, such as 10 kHz, are recommended. The measurement may also be repeated with other values of source e.m.f.
- f) The results are given either in a table or graphically, presenting the ratio as ordinate (decibels on a linear scale) and the frequency as abscissa (logarithmic scale).

14.16 Cross-talk and separation in multi-channel amplifiers

14.16.1 Characteristics to be specified

Cross-talk attenuation is expressed in decibels as:

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

where

$U_{A,A}$ is the rated output voltage of channel A,

$U_{B,A}$ is the output voltage of channel B due to the rated input voltage applied to channel A.

Separation is expressed in decibels as:

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

where $U_{A,B}$ is the output voltage of channel A due to the rated input voltage applied to channel B.

It is recommended that the manufacturer specify rated values of some or all of these characteristics in the specification.

14.16.2 Method of measurement

Two channels A and B are brought under rated conditions.

- a) The output voltages $U_{A,A}$ of channel A and $U_{B,B}$ of channel B are measured.
- b) The input voltage to channel A is reduced to zero and the output voltage $U_{A,B}$ is measured. This measurement may be either
 - 1) wide band, or
 - 2) selective at the measuring frequency, or
 - 3) selective at the harmonics of the measuring frequency.
- c) For the wide-band measurement, an r.m.s. voltmeter and wide-band filter according to IEC 60268-1 shall be used. To improve the signal-to-noise ratio of the wide-band measurement, the input source e.m.f. may be increased. Care should be taken that this does not result in overloading anywhere in the active channel and that the overload source e.m.f. is not exceeded. The value of source e.m.f. used should be noted with the results.
- d) The input voltage to channel A is restored and that of channel B reduced to zero. The output voltage $U_{B,A}$ is measured as above.

- e) From these measurements, the required ratios can be calculated.

The cross-talk attenuation in decibels from channel A into channel B is:

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

The cross-talk attenuation in decibels from channel B into channel A is:

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

The separation in decibels of channel A from channel B is:

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

The separation in decibels of channel B from channel A is:

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

NOTE 1 The term 'separation' is normally used only in the case of pairs of channels carrying related signals for stereophony. Separation and cross-talk attenuation are equivalent only if $U_{A,A} = U_{B,B}$.

NOTE 2 The term 'channel', in this context, includes both a simple signal path from a single input to a single output, and a branched path which might have more than one input and/or more than one output. Consequently, this method of measurement can be used to determine the cross-talk attenuation between any input and any output (including a low-level output for recording) which is not part of the same signal path (usually known as an 'unrelated output').

The method of measurement of the unwanted signal (wide-band, selective, or selective at harmonic frequencies) shall be stated.

The wide-band measurements may be referred to as 'Total cross-talk attenuation' or 'Total separation'.

The selective measurements may be referred to as 'Linear cross-talk attenuation' or 'Linear separation'.

The measurements made selectively at harmonic frequencies may be referred to as 'Non-linear cross-talk attenuation' or 'Non-linear separation', and the harmonic components may be combined as the square root of the sum of the squared amplitudes to obtain 'single-figure' results.

- f) The measurements may be repeated at other frequencies, at other output voltages and for other channels. The results may be tabulated or expressed graphically.

14.17 Gain and phase differences between channels in multi-channel amplifiers

14.17.1 Gain difference

14.17.1.1 Characteristic to be specified

The difference in gain between a pair of channels for stated positions of the controls, if any, as a function of frequency.

It is recommended that the manufacturer state the rated value in the specification.

14.17.1.2 Method of measurement

Both channels are brought under standard measuring conditions, the source being the same for both.

- a) Volume, balance and tone controls, if any, are set to corresponding stated positions for both channels. If there is a device for gain trimming, this should be properly adjusted.

- b) The frequency of the source is varied continuously or step by step, maintaining the source e.m.f. constant and measuring the output voltages $U_{A,A}$ and $U_{B,B}$ of both channels at each frequency.
- c) The ratio of the output voltages $U_{A,A}$ and $U_{B,B}$ is expressed in decibels as a function of frequency.
- d) The measurement is repeated for a number of corresponding positions of the volume, balance and tone controls, one of the positions being that for rated conditions. When there is a device for gain trimming, this should not be changed from the position adjusted under item b) above.
- e) The results are given as a series of graphs, each labelled with the positions of the controls, presenting the ratio of the output voltages as the ordinate and the frequency as the abscissa.

14.17.2 Phase difference

14.17.2.1 Characteristic to be specified

The difference in phase response between a pair of channels for stated positions of the controls, if any, as a function of frequency.

The manufacturer may optionally present these data in the specification.

14.17.2.2 Method of measurement

Both channels are brought under standard measuring conditions, the source being the same for both.

- a) Volume, balance and tone controls, if any, are set to corresponding stated positions for both channels. If there is a device for gain trimming, this should be properly adjusted.
- b) A phase difference meter is connected to the output terminals of both channels taking proper account of terminal marking.
- c) The frequency of the source is varied, the phase difference being measured at each frequency.
- d) The phase difference $\Delta\phi$ between the two channels is expressed as a function of frequency either in radians or in degrees or as a time difference, as specified in 14.11.4.
- e) The measurement is repeated for a number of corresponding positions of the volume, balance and tone controls, one of the positions being that for rated conditions. When there is a device for gain trimming, this should not be changed from the position adjusted under item a) above.
- f) The results are presented as a series of graphs, each labelled with the positions of the controls, presenting the phase difference as the ordinate and the frequency as the abscissa.

14.18 Dimensions and mass, characteristics to be specified

The manufacturer shall state these values in the specification.

- a) The overall and mounting dimensions;
- b) The net mass.

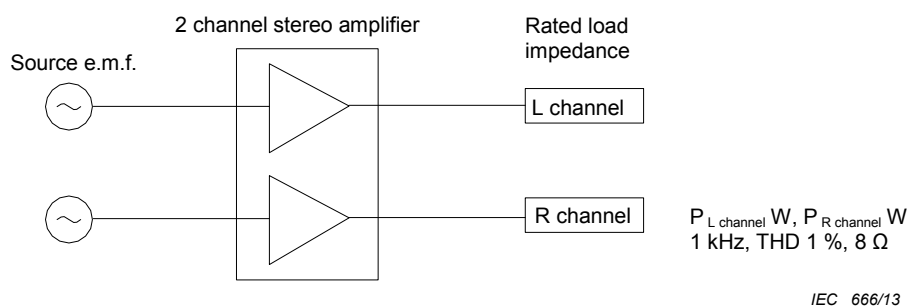


Figure 1a – Rated condition of 2 channel stereo amplifier (see 3.1.2)

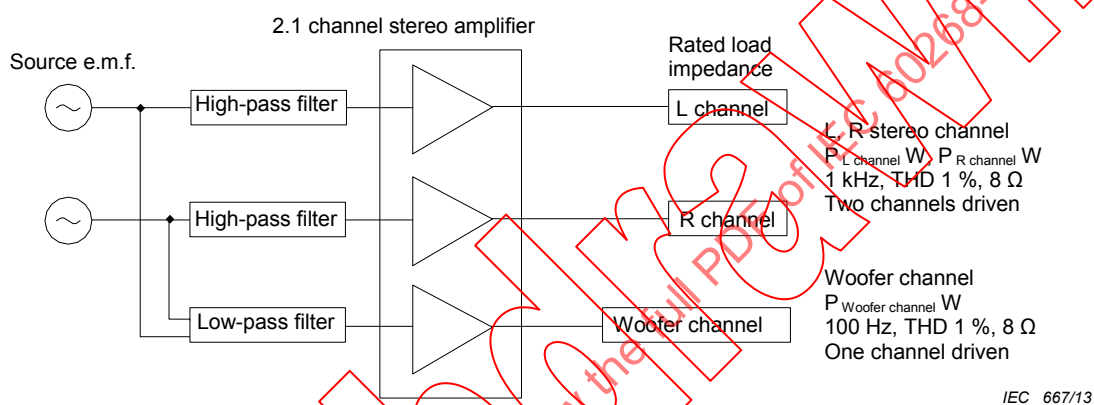


Figure 1b – Rated condition of 2.1 channel amplifiers (see 3.1.2)

Figure 1 – Example block diagram for multi-channel amplifier

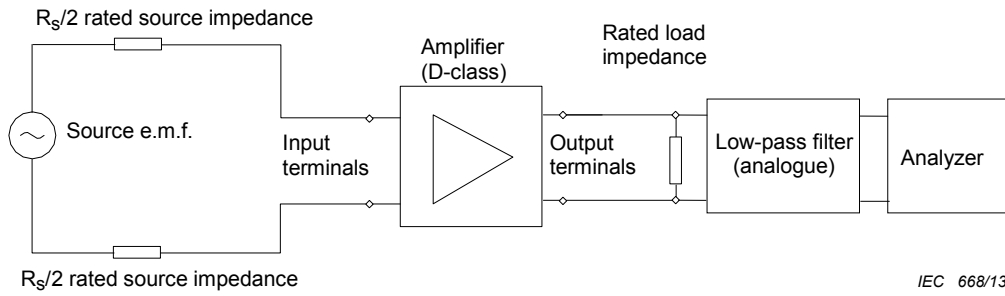


Figure 2a – Arrangements for the Class D amplifier – balanced input, floating (see 3.1.2)

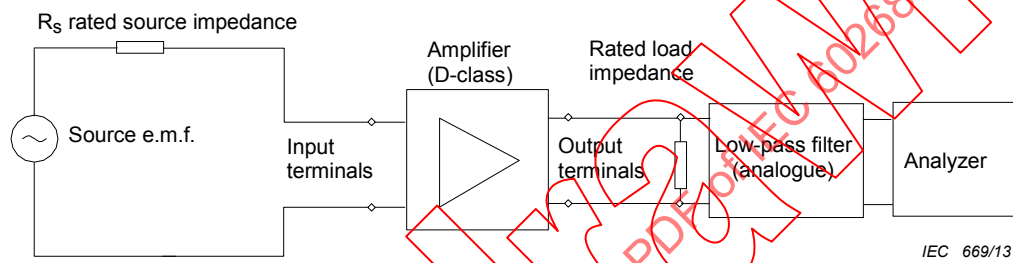


Figure 2b – Arrangements for the Class D amplifier – unbalanced input (see 3.1.2)

Figure 2 – Arrangements for the Class D amplifier

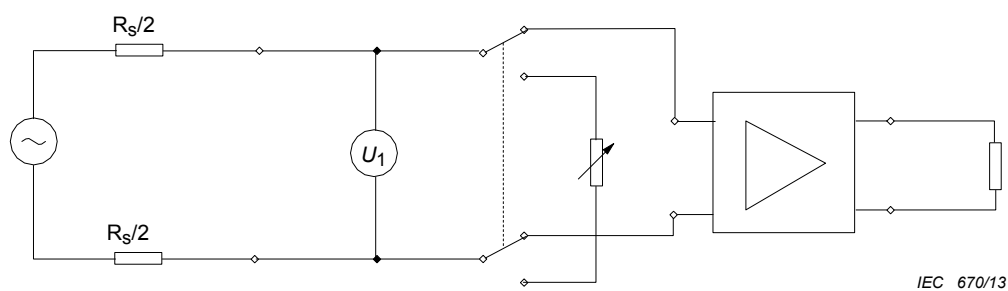


**Figure 3a – Arrangements for measuring input impedance –
balanced input, floating (see 14.5.2.2.2)**

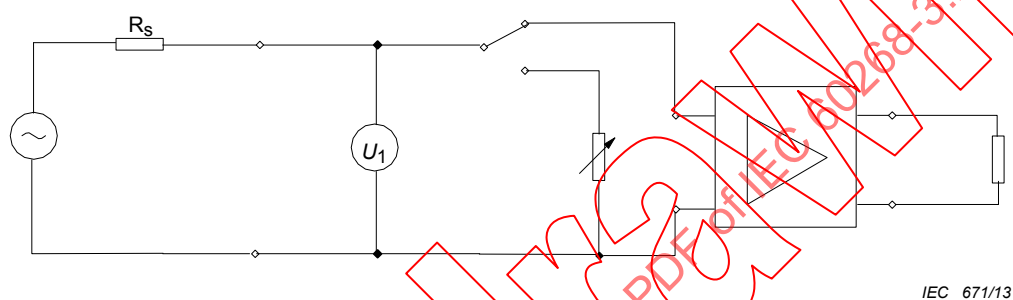


**Figure 3b – Arrangements for measuring input impedance –
unbalanced input (see 14.5.2.2.3)**

Figure 3 – Arrangements for measuring input impedance

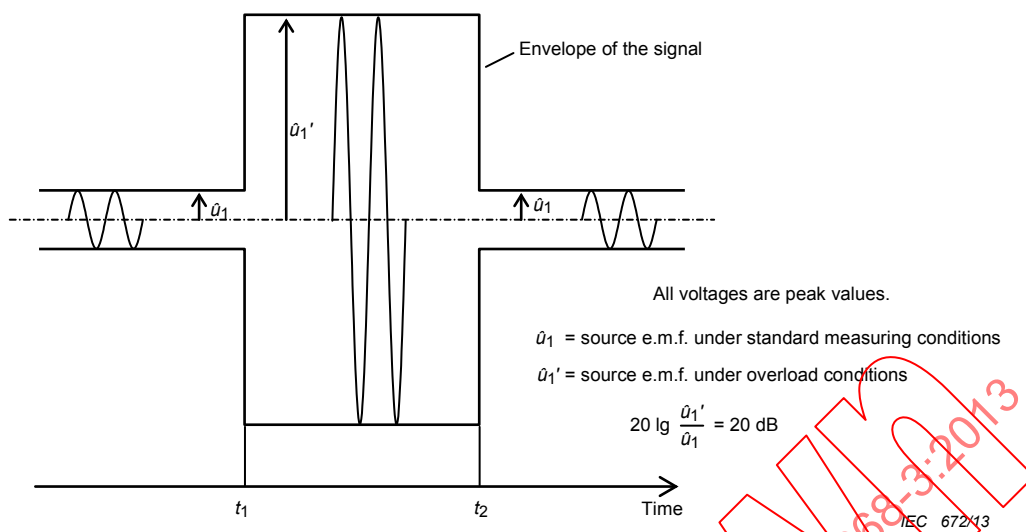


Figure 4a – Oscillogram of the source e.m.f. for measuring overload restoring time (see 14.6.5)

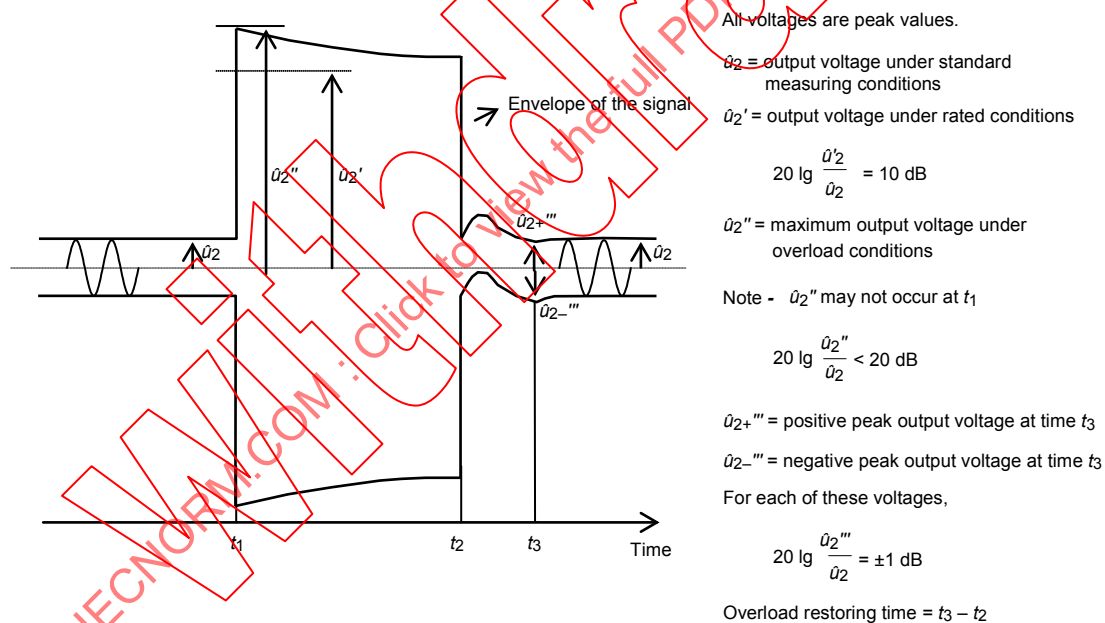


Figure 4b – Oscillogram of the output voltage when measuring overload restoring time (see 14.6.5)

Figure 4 – Oscillogram when measuring overload restoring time

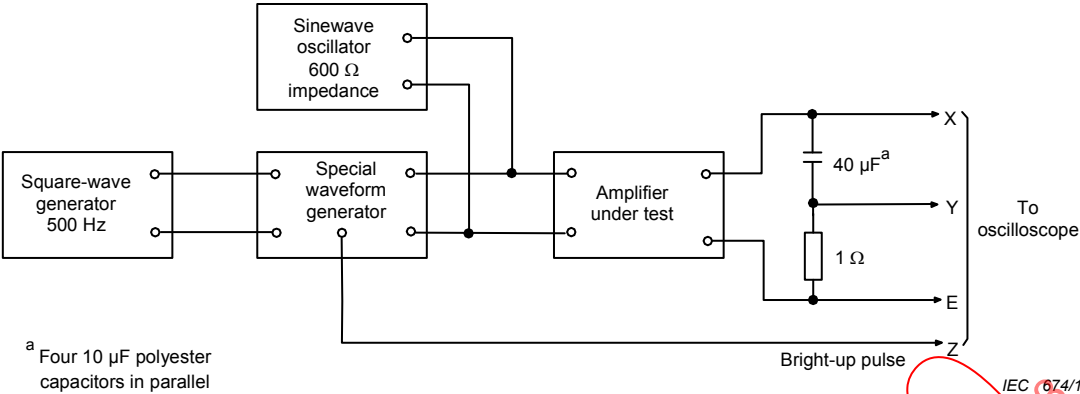


Figure 5a – Configuration of the measuring circuit (see 14.8.2.3 and reference [1] in the bibliography)

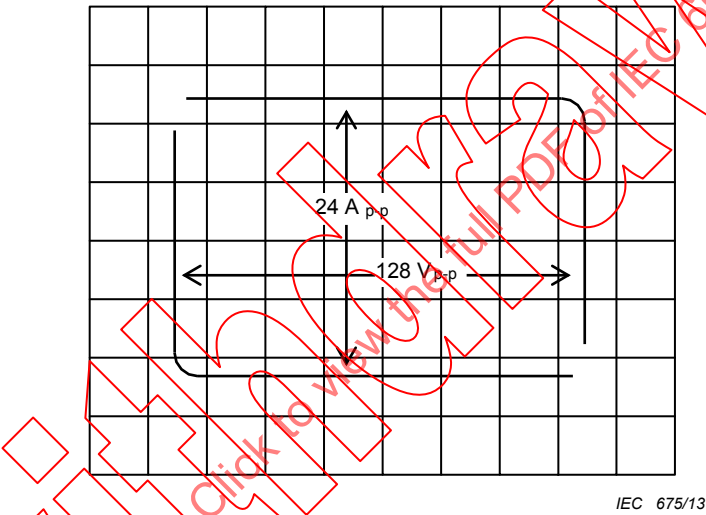


Figure 5b – Typical display of output current and voltage (see 14.8.2.4)

Figure 5 – Protection against potentially damaging combinations of output voltage and current

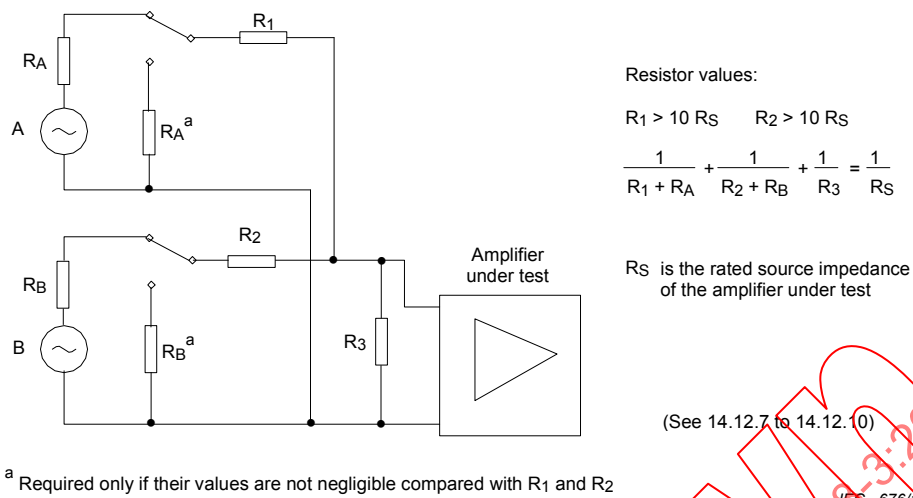


Figure 6 – Arrangement for combining two input signals

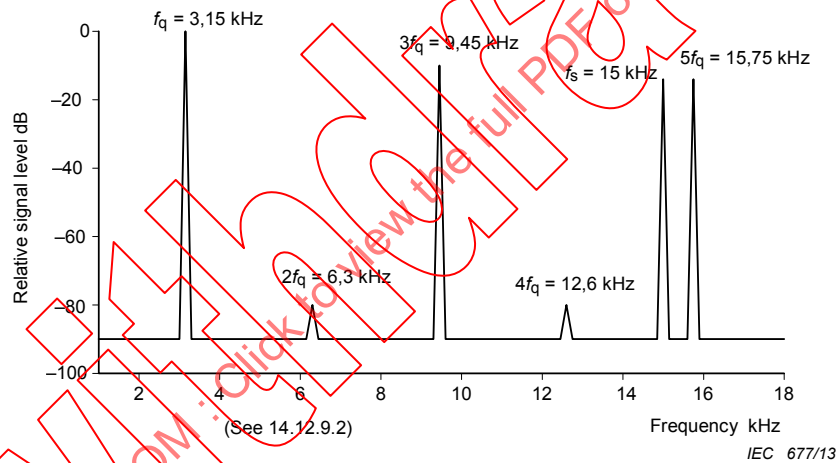


Figure 7 – Frequency spectrum below 30 kHz of the signal for measuring dynamic intermodulation distortion

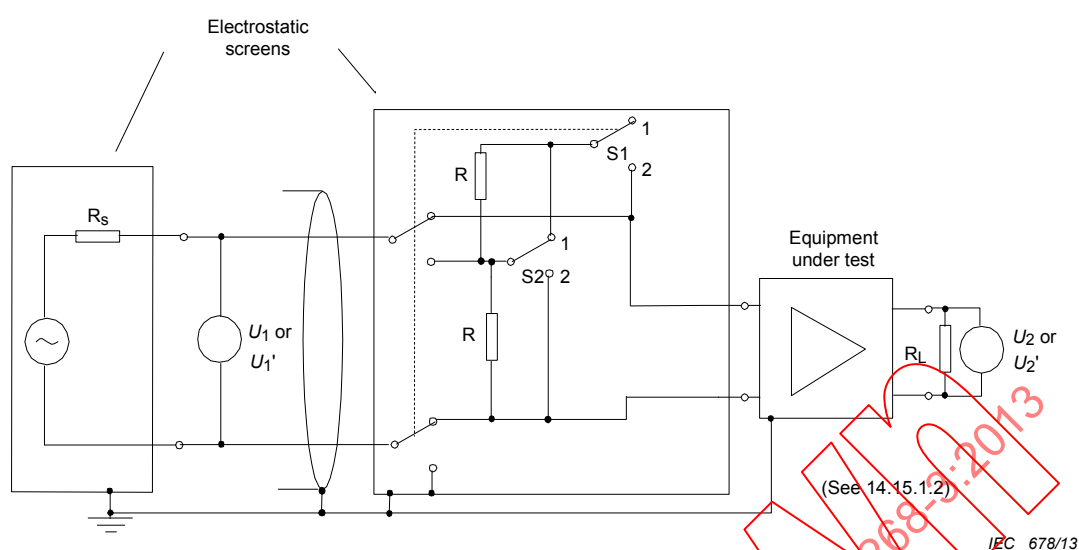


Figure 8 – Arrangement for measuring the balance of a balanced input

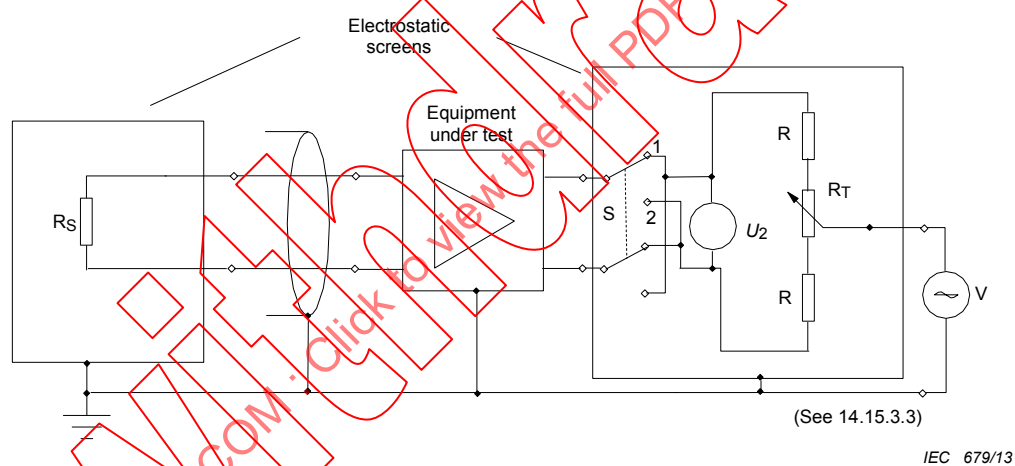


Figure 9 – Arrangement for measuring the internal impedance balance of a balanced output

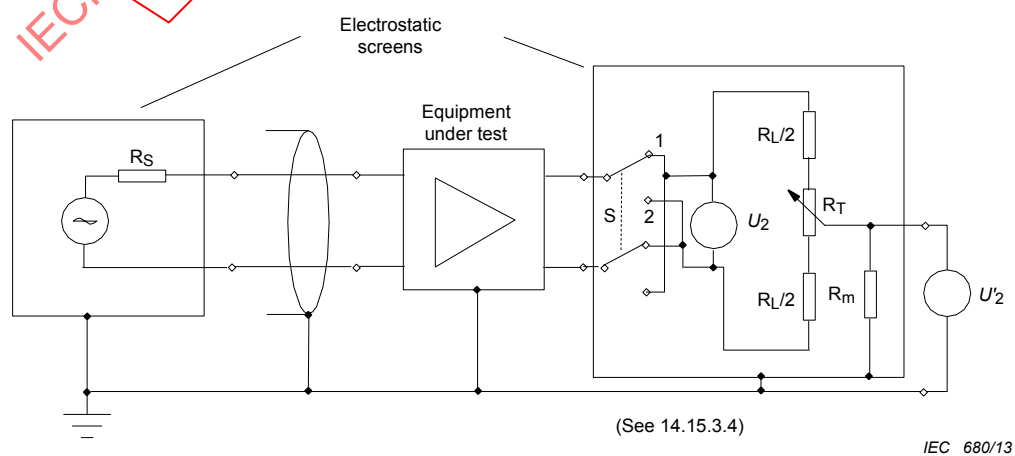


Figure 10 – Arrangement for measuring the voltage symmetry of a balanced output

Annex A (informative)

Balanced interfaces

The purpose of a balanced interface is to transfer a desired signal as a differential voltage on two signal lines. An ideal balanced line receiver responds only to the differential voltage at its inputs, and does not respond to identical, or common-mode, voltages applied to its inputs. If undesired noise or an interfering signal appears identically on both lines, i.e. no portion is converted to a differential voltage, the noise or interference can be completely rejected by the line receiver. A balanced interface system consists of a line driver, line (normally a screened, balanced cable), and a line receiver, whose common-mode impedances effectively form a bridge. Conversion of noise or interfering signals occurs only when the bridge is not balanced. Therefore, only the common-mode impedance balance of the driver, line, and receiver play a role in noise or interference rejection. This noise or interference rejection property is independent of the presence of a desired differential signal. Therefore, it can make no difference whether the *desired* signal exists entirely on one line, as a greater voltage on one line than the other, or as equal voltages on both of them.

Symmetry of the desired signal has advantages, but they concern headroom (distortion-limited output voltage and overload source e.m.f.) and crosstalk, not noise or interference rejection. For constant power supply rail voltages at the driving end, symmetrical drive obviously increases maximum output by a factor of approximately 2. Symmetrical drive of the signal conductors of a screened cable significantly reduces crosstalk, which can be either capacitively coupled (through imperfect cable screening) or inductively coupled (from unwanted currents flowing in the cable screen). If the screen is earthed at any point other than the driving end, these signal currents flowing in the screen can cause additional crosstalk by flowing in unforeseen paths in the system.

Annex B
(informative)

Specification of a multi-channel amplifier

B.1 General

Unless the specification relates to the operating condition in which all channels are driven, the manufacturer should state the operating condition (see 14.6.3.2).

B.2 Example specification of a 5.1 channel amplifier

Figure B.1 shows a block diagram for a 5.1 channel surround amplifier.

Stereo mode

Front L/R channel: $P_{\text{Front L channel}}$ W, $P_{\text{Front R channel}}$ W

1 kHz, THD 1 %, 8 Ω

Surround mode

Front L; $P_{\text{Front L channel}}$ W / 1 kHz, THD 1 %, 8 Ω

Front R; $P_{\text{Front R channel}}$ W / 1 kHz, THD 1 %, 8 Ω

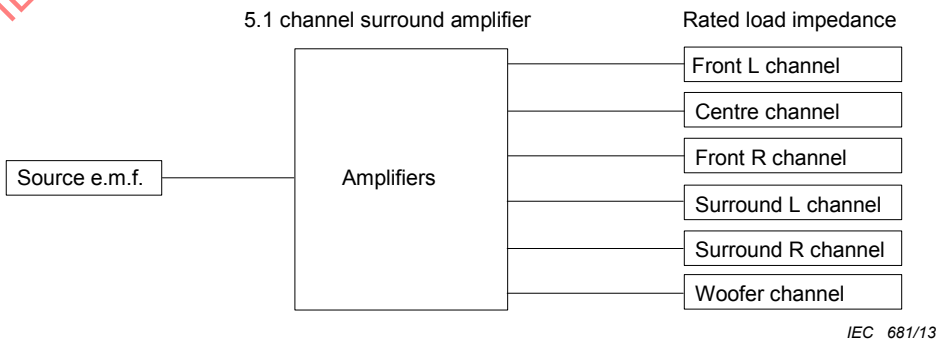
Centre; (Centre channel) W / 1 kHz, THD 1 %, 8 Ω

Surround L; $P_{\text{Surround L channel}}$ W / 1 kHz, THD 1 %, 8 Ω

Surround R; $P_{\text{Surround R channel}}$ W / 1 kHz, THD 1 %, 8 Ω

Woofer; $P_{\text{Woofer channel}}$ W / 100 Hz, THD 1 %, 8 Ω

One channel driven



IEC 681/13

Figure B.1 – Block diagram for a 5.1 channel surround amplifier

B.3 Example specification of a 5 channel amplifier

Figure B.2 shows a block diagram for a 5 channel surround amplifier.

Front L; $P_{\text{Front L channel}}$ W

Front R; $P_{\text{Front R channel}}$ W

Centre; $P_{\text{Centre channel}}$ W

Surround L; $P_{\text{Surround L channel}}$ W

Surround R; $P_{\text{Surround R channel}}$ W

1 kHz, THD 1 %, 8 Ω

All channels driven

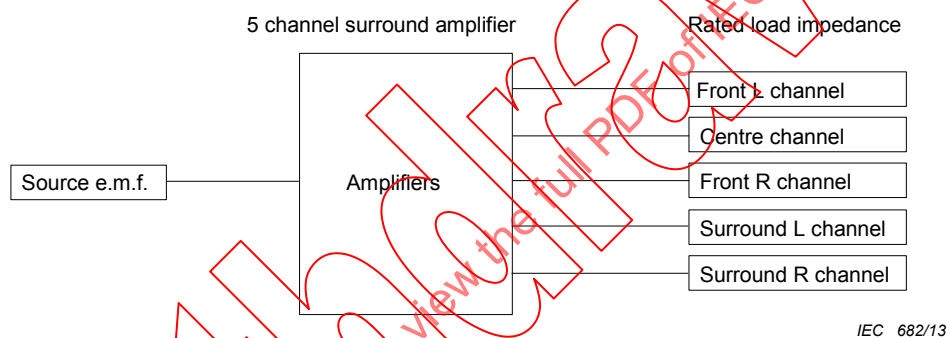


Figure B.2 – Block diagram for a 5 channel surround amplifier

Bibliography

- [1] Baxandall, P.J., 'A technique for displaying the current and voltage output capability of amplifiers and relating this to the demands of loudspeakers', New York, *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 36, Nos. 1/2, pp. 3-17, Jan/Feb 1988.
- [2] IEC 60098:1987, *Analogue audio disk records and reproducing equipment*
- [3] IEC 60268-5:2003, *Sound system equipment – Part 5: Loudspeakers*
- [4] IEC 61606 (all parts), *Audio and audiovisual equipment – Digital audio parts – Basic measurement methods of audio characteristics*

Withdawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60268-3:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	63
1 Domaine d'application	65
2 Références normatives	65
3 Conditions	66
3.1 Conditions assignées et conditions normales de mesure	66
3.1.1 Vue d'ensemble	66
3.1.2 Conditions assignées	67
3.1.3 Conditions normales de mesure	68
3.2 Autres conditions	68
4 Classes de fonctionnement	68
5 Éléments interchangeables	68
6 Commandes automatiques	69
7 Alimentation	69
8 Position des commandes de gain	69
9 Préconditionnement pour les mesures	69
10 Série de mesures	70
11 Appareils à consommation variable	70
12 Marquage	70
13 Environnement d'utilisation	71
14 Caractéristiques à spécifier et méthodes de mesure correspondantes	71
14.1 Caractéristiques de l'alimentation	71
14.1.1 Caractéristiques à spécifier	71
14.1.2 Méthode de mesure	71
14.2 Tolérance sur les variations (à long terme) de la tension d'alimentation	71
14.2.1 Caractéristiques à spécifier	71
14.2.2 Méthodes de mesure	72
14.3 Tolérance sur les variations de fréquence de l'alimentation électrique	73
14.3.1 Caractéristiques à spécifier	73
14.3.2 Méthodes de mesure	73
14.4 Tolérance sur les harmoniques et l'ondulation de l'alimentation	74
14.4.1 Caractéristiques à spécifier	74
14.4.2 Méthodes de mesure	74
14.5 Caractéristiques d'entrée	74
14.5.1 Impédance assignée de source, caractéristiques à spécifier	74
14.5.2 Impédance d'entrée	75
14.5.3 F.é.m. assignée de source, caractéristique à spécifier	76
14.5.4 F.é.m. minimale de source pour la tension assignée de sortie limitée par la distorsion	77
14.6 Caractéristiques de sortie	77
14.6.1 Impédance assignée de charge, caractéristique à spécifier	77
14.6.2 Impédance de sortie de source	78
14.6.3 Tension et puissance de sortie (limitée par la distorsion)	78
14.6.4 Régulation	80
14.6.5 Temps de récupération après surcharge	80
14.7 Caractéristiques limites	81

14.7.1	F.é.m de source de surcharge	81
14.7.2	Tension et puissance maximale de sortie à court terme	81
14.7.3	Tension et puissance de sortie maximale à long terme	82
14.7.4	Puissance de sortie limitée par la température	83
14.8	Caractéristiques des circuits de protection	84
14.8.1	Généralités	84
14.8.2	Protection contre les combinaisons potentiellement dangereuses de tension et de courant de sortie	84
14.8.3	Caractéristiques des circuits de protection de décalage continu	85
14.9	Temps de maintien pour une tension ou une puissance assignée de sortie limitée par la distorsion	87
14.9.1	Généralités	87
14.9.2	Caractéristiques à spécifier	88
14.9.3	Méthode de mesure	88
14.10	Gain	89
14.10.1	Gain de tension et gain de f.é.m.	89
14.10.2	Gain maximal de f.é.m.	89
14.10.3	Caractéristique d'affaiblissement de la commande de gain	89
14.10.4	Caractéristique d'affaiblissement des commandes d'équilibrage pour des matériels multivoies	90
14.11	Réponse	91
14.11.1	Réponse amplitude-fréquence	91
14.11.2	Domaine utile de fréquences limité par le gain	91
14.11.3	Domaine utile de fréquences limité par la distorsion	92
14.11.4	Réponse phase-fréquence	92
14.12	Non-linéarité d'amplitude	92
14.12.1	Généralités	92
14.12.2	Distorsion harmonique totale assignée – Caractéristique à spécifier	92
14.12.3	Distorsion harmonique totale dans les conditions normales de mesure	93
14.12.4	Distorsion harmonique totale en fonction de l'amplitude et de la fréquence	93
14.12.5	Distorsion harmonique d'ordre n dans les conditions normales de mesure	94
14.12.6	Distorsion harmonique d'ordre n en fonction de l'amplitude et de la fréquence	95
14.12.7	Distorsion de modulation d'ordre n (pour $n = 2$ ou $n = 3$)	95
14.12.8	Distorsion par différence de fréquence d'ordre n (pour $n = 2$ ou 3)	97
14.12.9	Distorsion d'intermodulation dynamique (DIM)	99
14.12.10	Distorsion totale par différence de fréquence	100
14.12.11	Distorsion harmonique totale pondérée	102
14.13	Bruit	102
14.13.1	Caractéristique à spécifier	102
14.13.2	Méthode de mesure	103
14.14	Ronflement	104
14.14.1	Généralités	104
14.14.2	Caractéristiques à spécifier	104
14.14.3	Méthode de mesure	104
14.15	Entrées et sorties symétriques	105
14.15.1	Symétrie de l'entrée	105

14.15.2 Tension d'entrée en mode commun crête à crête de surcharge (limitée par la distorsion)	106
14.15.3 Symétrie de la sortie	106
14.16 Diaphonie et séparation des amplificateurs multivoies	108
14.16.1 Caractéristiques à spécifier	108
14.16.2 Méthode de mesure	108
14.17 Différence de gain et différence de phases entre voies dans les amplificateurs multivoies	109
14.17.1 Différence de gain	109
14.17.2 Différence de phase	110
14.18 Dimensions et masse, caractéristiques à spécifier	110
Annexe A (informative) Interfaces symétriques	118
Annexe B (informative) Spécification d'un amplificateur multivoies	119
Bibliographie	121
Figure 1 – Exemple de schéma fonctionnel pour les amplificateurs multivoies	111
Figure 2 – Montages pour amplificateur de la Classe D	112
Figure 3 – Montage pour les mesures de l'impédance d'entrée	113
Figure 4 – Oscillogramme pendant les mesures du temps de récupération après surcharge	114
Figure 5 – Protection contre les combinaisons potentiellement dangereuses de tension et de courant de sortie	115
Figure 6 – Montage pour combiner deux signaux d'entrée	116
Figure 7 – Spectre de fréquences en dessous de 30 kHz pour le signal de mesure de la distorsion d'intermodulation dynamique	116
Figure 8 – Montage pour la mesure de la symétrie d'une entrée symétrique	117
Figure 9 – Montage pour la mesure de la symétrie de l'impédance interne d'une sortie symétrique	117
Figure 10 – Montage pour la mesure de la symétrie de tension d'une sortie symétrique	117
Figure B.1 – Schéma fonctionnel d'un amplificateur d'ambiance à 5.1 voies	120
Figure B.2 – Schéma fonctionnel d'un amplificateur d'ambiance à voies	120
Tableau 1 – Différentes spécifications relatives à la distorsion harmonique totale et à la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion concernant le même amplificateur	87
Tableau 2 – Composantes de la distorsion due à la distorsion d'intermodulation dynamique existant dans la bande de fréquences jusqu'à 20 kHz	99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES –

Partie 3: Amplificateurs

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60268-3 a été établie par le comité d'études 100 de la CEI: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2000. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- la condition assignée des amplificateurs multivoies a été étendue;
- un montage pour les amplificateurs de la classe D a été ajouté;
- la méthode de mesure de la puissance de sortie (limitée par la distorsion) a été étendue;
- une Annexe B a été ajoutée.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
100/2010A/CDV	100/2066/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60268, publiées sous le titre général *Équipements pour systèmes électroacoustiques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

La présente partie de la CEI 60268 doit être utilisée conjointement avec les normes CEI 60268-1:1985 et CEI 60268-2:1987.

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES –

Partie 3: Amplificateurs

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60268 s'applique aux amplificateurs analogiques et aux parties analogiques des amplificateurs analogiques/numériques, qui font partie d'un système électroacoustique destiné à des applications professionnelles ou grand public. Elle spécifie les caractéristiques qu'il convient d'inclure dans les spécifications des amplificateurs, ainsi que les méthodes de mesure correspondantes.

NOTE Les méthodes de mesure destinées aux amplificateurs numériques et aux matériels similaires sont données dans la CEI 61606 [4]¹.

Les méthodes de mesure spécifiées sont en général celles qui se rapportent le plus directement aux caractéristiques. Elles n'excluent pas l'utilisation d'autres méthodes donnant des résultats équivalents.

Les méthodes sont en général basées sur le matériel de mesure le plus simple pouvant conduire à des résultats utiles. Elles n'excluent pas l'utilisation de matériel plus complexe pouvant donner une meilleure précision et/ou autorisant des mesures et des enregistrements de résultats automatiques.

Les conditions assignées et les conditions normales de mesure sont spécifiées pour permettre de répéter de manière fiable les mesures.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60065:2001, *Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues – Exigences de sécurité*

Amendement 1:2005

Amendement 2:2010

CEI 60268-1:1985, *Équipements pour systèmes électroacoustiques – Première partie: Généralités*

Amendement 1:1988

Amendement 2:1988

CEI 60268-2:1987, *Équipements pour systèmes électroacoustiques – Deuxième partie: Explication des termes généraux et méthodes de calcul*

Amendement 1:1991

CEI 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*. Disponible à l'adresse: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

¹ Les numéros entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

CEI 61000-4-13:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif*
Amendement 1:2009

CEI 61000-4-17:1999, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-17: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'ondulation résiduelle sur entrée de puissance à courant continu*
Amendement 1:2001
Amendement 2:2008

CEI 61000-4-29:2000, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-29: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension sur les accès d'alimentation en courant continu*

CEI 61938:1996, *Systèmes audio, vidéo et audiovisuels – Interconnexions et valeurs d'adaptation – Valeurs d'adaptation recommandées des signaux analogiques*

3 Conditions

3.1 Conditions assignées et conditions normales de mesure

3.1.1 Vue d'ensemble

Pour faciliter la spécification des conditions dans lesquelles les amplificateurs doivent être mesurés, un ensemble de conditions est défini dans cette norme sous les titres de «conditions assignées» et de «conditions normales de mesures».

Une explication complète du terme «assigné»² est donnée dans la CEI 60268-2.

Les conditions assignées concernant les amplificateurs sont les suivantes:

- la tension assignée d'alimentation;
- l'impédance assignée de source;
- la f.é.m. assignée de source;
- l'impédance assignée de charge;
- la distorsion harmonique totale assignée, ou la tension ou la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion;
- les conditions assignées mécaniques et climatiques.

NOTE 1 La distorsion harmonique totale et la tension ou la puissance de sortie (limitée par la distorsion) sont interdépendantes. Elles ne peuvent être prises ensemble et simultanément comme conditions assignées car, pour la tension ou la puissance assignée de sortie, la distorsion d'un amplificateur particulier d'un type donné est inférieure à la distorsion harmonique totale assignée.

NOTE 2 Si la fréquence de la tension d'alimentation est critique, elle est également une condition assignée.

Les données concernant les conditions assignées ci-dessus doivent être prises dans les spécifications des constructeurs afin d'obtenir les conditions correctes de mesure. Ces données ne sont pas elles-mêmes sujettes à des mesures, mais elles servent de référence pour mesurer les autres caractéristiques.

² Dans la CEI 60268-2: 1987, le terme «nominal» a été utilisé pour traduire l'anglais «rated». Cependant, le terme «nominal» n'est plus usité à l'heure actuelle et a été remplacé par «assigné».

Les méthodes de mesure de ces autres caractéristiques sont indiquées dans la présente norme. Le constructeur doit ou peut définir les «valeurs assignées» de ces caractéristiques dans les spécifications du matériel. Elles comprennent

- le gain assigné de tension;
- la tension ou la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion (lorsqu'elle n'est pas considérée comme une condition assignée);
- le rapport signal sur bruit assigné;
- la f.é.m. assignée de source équivalente au bruit.

3.1.2 Conditions assignées

Un amplificateur considéré comme un quadripôle par rapport à une paire de bornes d'entrée spécifiée et une paire de bornes de sortie spécifiée doit être considéré comme fonctionnant dans les conditions assignées lorsque les conditions suivantes sont remplies:

- a) l'amplificateur est connecté à son alimentation assignée;
- b) la f.é.m. de source est connectée en série avec l'impédance assignée de source aux bornes d'entrée;

NOTE 1 Il est admis que les amplificateurs multivoies soient spécifiés avec un nombre quelconque de voies commandées ou avec toutes les voies. Voir l'Annexe B. Il est admis que le signal d'entrée soit appliqué simultanément à toutes les entrées des voies identiques.

- c) les bornes de sortie sont fermées sur l'impédance assignée de charge;

NOTE 2 Pour la mesure des amplificateurs de la Classe D, il est admis que le filtre passe-bas soit connecté entre l'analyseur et l'impédance assignée de charge. Le filtre passe-bas (analogique) est donné dans la CEI 61606-1 (voir la Figure 2).

- d) les bornes non utilisées pendant les mesures sont chargées, si nécessaire, comme cela est spécifié par le fabricant;
- e) la f.é.m. de source est une tension sinusoïdale égale à la f.é.m. assignée de source à une fréquence appropriée. A moins qu'il n'existe une raison particulière pour en choisir une autre, cette fréquence doit être la fréquence de référence normalisée de 1 000 Hz, conformément à la CEI 60268-1.

Une telle raison pourrait être le fait que la fréquence de référence normalisée soit en dehors ou à proximité de la limite du domaine utile de fréquences de l'amplificateur;

- f) la commande de gain, s'il en existe une, est réglée de telle sorte que la tension assignée de sortie, limitée par la distorsion, soit produite aux bornes de sortie;
- g) les commandes de tonalité, s'il en existe, sont placées dans une position spécifiée pour obtenir la réponse amplitude-fréquence spécifiée, généralement la réponse en fréquence plate;
- h) la ou les commandes de symétrie, s'il en existe, sont réglées en position mécanique moyenne;
- i) les conditions assignées mécaniques et climatiques satisfont aux conditions de la CEI 60268-1.

La Figure 1 montre les diagrammes de bloc des amplificateurs avec certaines conditions assignées indiquées.

Les amplificateurs pour lesquels la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion dépasse la puissance de sortie limitée par la température sont susceptibles de subir une surchauffe lorsqu'ils fonctionnent dans des conditions assignées pendant une longue période de temps. Pour ces amplificateurs, les conditions assignées ne doivent pas être maintenues pendant une durée supérieure à celle que l'amplificateur peut supporter.

3.1.3 Conditions normales de mesure

Ces conditions sont obtenues en plaçant l'amplificateur dans les conditions assignées (voir 3.1.2), puis en réduisant la f.é.m. de source de –10 dB par rapport à la f.é.m. assignée de source.

3.2 Autres conditions

Si l'on fournit des informations supplémentaires pour l'amplificateur et que celles-ci s'appliquent à d'autres conditions que les conditions assignées ou les conditions normales de mesure, par exemple pour des fréquences différentes ou pour des positions différentes des commandes, ces conditions doivent alors être complètement définies dans les caractéristiques fournies avec l'appareil. Ces conditions doivent si possible être choisies conformément aux recommandations figurant dans les articles correspondant de la présente norme.

Les procédures pour les mesures supplémentaires peuvent être déduites des procédures de mesure données pour les conditions normales. Si des précautions particulières sont nécessaires pour garantir la précision, celles-ci doivent être indiquées en même temps que la procédure à suivre pour les mesures.

4 Classes de fonctionnement

Classe A: classe dans laquelle le courant circulant dans chaque dispositif actif alimentant le courant de charge est supérieur à zéro pendant toute la période du signal et pour toutes les valeurs du courant de charge, y compris jusqu'à la valeur déterminée par la puissance ou la tension assignée de sortie ainsi que par l'impédance assignée de charge.

Classe B: classe dans laquelle le courant, dans chaque dispositif alimentant la charge, est égal à zéro pendant exactement une demi-période de chaque période du courant de charge.

NOTE 1 Dans la pratique, le terme «classe B» s'étend au cas où le courant circule pendant un peu plus d'une demi-période.

NOTE 2 Les classes G et H correspondent à des modifications de la classe B avec une efficacité améliorée.

Classe AB: classe dans laquelle le courant, dans au moins un des dispositifs actifs alimentant le courant de charge, est égal à zéro pour une partie de chaque période du courant de charge, pour un domaine de valeurs du courant de charge ne dépassant pas la valeur définie par la puissance ou la tension assignée de sortie ainsi que par l'impédance assignée de charge.

NOTE 3 A des niveaux suffisamment bas, un amplificateur de classe AB fonctionne généralement en classe A.

Classe D: classe dans laquelle tous les dispositifs de puissance actifs sont modulés entre les conditions complètement ouverte et fermée à une vitesse supérieure à la fréquence la plus élevée considérée et dans laquelle le signal utile est encodé dans le modèle de modulation.

NOTE D'autres classes de fonctionnement ont été commercialisées mais aucune définition officielle de telles classes n'a été soumise à normalisation.

5 Éléments interchangeables

Pour les mesures de type, les éléments interchangeables doivent avoir des caractéristiques aussi proches qu'il est raisonnablement possible des caractéristiques moyennes spécifiées pour ces éléments.

Pour les mesures effectuées sur un amplificateur donné, les éléments interchangeables fournis avec cet amplificateur doivent être utilisés.

6 Commandes automatiques

L'amplificateur peut comporter des circuits de commande automatique tels que limiteurs, compresseurs, expanseurs et autres dispositifs électroniques de réglage de gain. Ces circuits rendent certaines caractéristiques de l'amplificateur dépendantes soit d'un signal propre à l'amplificateur lui-même, soit d'un signal externe de commande. Lorsqu'on mesure les caractéristiques d'un tel amplificateur, les circuits de commande automatique doivent être rendus inopérants, sauf si l'on mesure leurs caractéristiques.

7 Alimentation

Les mesures doivent être faites avec l'amplificateur connecté à l'alimentation électrique assignée. On doit prendre soin de maintenir la tension d'alimentation à sa valeur assignée pendant la mesure. Si le constructeur déclare des tolérances sur la tension d'alimentation dépassant $\pm 10\%$, ces caractéristiques à spécifier doivent alors être indiquées pour les limites supérieure et inférieure de ces tolérances.

Des mesures complémentaires peuvent être effectuées aux limites supérieure et inférieure des tolérances indiquées pour la tension d'alimentation, la fréquence d'alimentation et les harmoniques de l'alimentation en courant alternatif ou l'ondulation de l'alimentation en courant continu.

AVERTISSEMENT – Les tolérances sur la tension d'alimentation fixées par le constructeur ne doivent pas être dépassées.

8 Position des commandes de gain

Si l'on mesure une caractéristique pour une seule position de la commande de gain, celle-ci doit être placée sur la position correspondant aux conditions assignées (voir 3.1.2) sauf si une position maximale ou minimale de la commande de gain est inhérente à la caractéristique à mesurer.

Si la caractéristique est à mesurer pour plusieurs positions de la commande de gain, la position pour les conditions assignées doit alors être incluse, les autres positions préférentielles étant celles correspondant au gain maximal, et à des affaiblissements de -3 dB, -6 dB, -10 dB, -20 dB et -40 dB par rapport au gain des conditions assignées.

Les commandes de gain relatives aux voies qui ne sont pas mesurées doivent être mises si possible dans la position minimale, sauf indication contraire.

9 Préconditionnement pour les mesures

Avant de procéder aux mesures sur un amplificateur, celui-ci doit être placé approximativement dans les conditions normales de mesure pendant une période de 1 h ou pendant la durée fixée par le constructeur.

Avant de mettre l'amplificateur en fonctionnement, il convient d'étudier les instructions du constructeur relatives aux opérations préliminaires aux mesures.

L'amplificateur est alors placé dans les conditions normales de mesure (voir 3.1.3). En raison de la chaleur interne dégagée, la tension de sortie peut ensuite varier avec le temps. A moins qu'il ne soit excessif, on ne tient pas compte de cet effet pendant la période de preconditionnement. Lorsque celle-ci est terminée, l'amplificateur doit être placé, selon le cas, dans les conditions assignées ou dans les conditions normales de mesure.

10 Série de mesures

Si l'on effectue une série de mesures, il convient de maintenir l'amplificateur dans les conditions normales de mesure pendant les intervalles de temps entre les mesures.

Si l'on a besoin d'arrêter l'amplificateur pendant une longue période de temps entre les mesures, le préconditionnement de l'Article 9 doit alors être répété avant chaque ensemble de mesure, sauf s'il a été démontré que cela n'était pas nécessaire.

11 Appareils à consommation variable

Un équipement pour systèmes électroacoustiques doit être considéré comme un appareil à consommation variable lorsqu'il comprend un ou plusieurs amplificateurs de puissance fonctionnant en classe AB, B ou D, dans lesquels l'alimentation en courant continu des étages de sortie est soit stabilisée électroniquement au moyen d'éléments de régulation en série, soit non stabilisée.

NOTE 1 Un appareil à consommation variable est défini dans la quatrième édition de la CEI 60065:1976³ comme un «appareil dont la consommation peut varier de plus de 15 % lorsque varient les paramètres du signal ou l'impédance de charge du circuit de sortie», mais il n'existe pas de définition dans la cinquième édition (1985), ni dans la sixième édition (1998).

NOTE 2 Dans le cas où l'alimentation en courant continu est stabilisée au moyen d'éléments de régulation mis en parallèle, la consommation d'énergie est généralement, sinon toujours, sensiblement constante. L'appareil, cependant, se comporte à certains égards comme un appareil à consommation variable, et, en particulier, le texte de 14.7.4.1 lui est encore applicable.

Toutes les mesures contenues dans la présente norme peuvent être appliquées aux appareils à consommation variable, dans la plupart des cas sans difficultés particulières. Toutefois, certaines difficultés peuvent se présenter lors de la mesure du ronflement et de la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion; et quelques mesures supplémentaires sont utiles lors de l'évaluation des caractéristiques de tels appareils (voir la note de 14.6.3.1 et le point c) de 14.14.3).

12 Marquage

Les principes pour le marquage des bornes et des commandes sont donnés dans la CEI 60268-1.

Le marquage peut s'appliquer à

- la sécurité des personnes et la protection contre le feu, dans le sens de la CEI 60065;
- la protection contre des erreurs de branchement;
- des indications concernant le fonctionnement normal, selon la CEI 60417.

Le marquage ne peut ni prévenir les fausses manœuvres, ni se substituer à un mode d'emploi complet. Le marquage doit par conséquent être établi en recherchant les moyens propres à éviter les manœuvres dangereuses ou les fausses manœuvres, en fonction du mode d'emploi incorporé dans le manuel d'utilisation. Il convient de veiller à ce que le marquage ne soit pas ambigu et qu'il soit aussi clair que possible.

Les bornes de raccordement du matériel qui ne sont pas accessibles sans l'aide d'un outil lorsque le matériel est installé doivent être clairement identifiées et sans ambiguïté conformément aux instructions du constructeur relatives à l'installation. Il est entendu que ces instructions sont destinées à être lues par un personnel qualifié.

³ CEI 60065:1976, *Règles de sécurité pour les appareils électroniques et appareils associés à un usage domestique ou à un usage général analogue, reliés à un réseau*

13 Environnement d'utilisation

Certaines mesures, en particulier celles comprenant des mesures de température, doivent être effectuées avec l'amplificateur installé dans les conditions similaires à celles où il doit être utilisé. Les restrictions de montage ou les exigences de ventilation particulières doivent être indiquées par le constructeur et constituent une partie des conditions assignées (voir 3.1.2). Voir également la CEI 60065 ou d'autres normes CEI de sécurité applicables.

14 Caractéristiques à spécifier et méthodes de mesure correspondantes

14.1 Caractéristiques de l'alimentation

14.1.1 Caractéristiques à spécifier

Les informations suivantes doivent être indiquées par le constructeur (sauf si elles sont indiquées comme facultatives) aux emplacements précisés, pour chaque paire de bornes devant être reliée à l'alimentation et pour chaque position du répartiteur de tension d'alimentation s'il en existe un:

- a) type de l'alimentation (courant continu ou courant alternatif), sur le matériel et dans les spécifications;
- b) tension d'alimentation assignée (c'est une condition assignée, voir 3.1.2); sur le matériel et dans les spécifications;
- c) fréquence ou domaine de fréquences de la tension d'alimentation (cela peut être une condition assignée; voir 3.1.2); sur le matériel et dans les spécifications;
- d) puissance consommée dans les conditions assignées, exprimée en watts; sur le matériel et dans les spécifications;
- e) pour un appareil à consommation variable (voir article 11), la puissance consommée sur la source d'alimentation peut être facultativement exprimée en fonction de la tension ou de la puissance de sortie, celle-ci variant depuis une valeur nulle jusqu'à la valeur assignée, avec des impédances de charge spécifiées, y compris l'impédance assignée de charge. Cette caractéristique est valable en particulier pour un matériel qui peut fonctionner sur batterie. Elle peut être représentée par un graphique.

Si dans les points d) ou e) précédents, la puissance apparente consommée est de façon significative plus élevée que la puissance réelle, il convient de mentionner la puissance apparente en plus de la puissance réelle.

14.1.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées.

La puissance consommée de la source d'alimentation est exprimée en watts et est mesurée à l'aide d'un wattmètre:

- a) avec la f.é.m. assignée de source, voir 14.5.3;
- b) avec la f.é.m. de source correspondant aux conditions normales de mesure;
- c) pour les appareils à consommation variable, pour diverses valeurs de la tension ou de la puissance de sortie, entre zéro et la valeur assignée.

14.2 Tolérance sur les variations (à long terme) de la tension d'alimentation

14.2.1 Caractéristiques à spécifier

Les tolérances pour les variations de la tension d'alimentation doivent être telles que n'importe quelle tension d'alimentation reste comprise dans les limites fixées, afin que

- a) la limite supérieure de la tension de service ne soit pas dépassée dans n'importe quelle condition de fonctionnement normale; cela s'applique en particulier à des composants tels que les semi-conducteurs et les condensateurs électrolytiques;
- b) les tolérances sur la tension de chauffage appliquées aux filaments des tubes électroniques utilisés dans l'amplificateur ne soient pas dépassées;
- c) la température maximale admissible ne soit dépassée pour aucun composant lorsque l'amplificateur travaille dans des conditions normales de mesure (excepté pour la tension d'alimentation) pendant une période de temps prolongée;
- d) ni la tension de sortie ni le gain ne soient sujets à des variations excessives;
- e) le rapport signal sur ronflement ne soit pas réduit de plus de 3 dB par rapport à sa valeur assignée.

Les amplificateurs conçus pour une alimentation secteur ne sont généralement pas soumis à des variations d'alimentation dépassant $\pm 10\%$. De telles variations n'exigent généralement pas une conception particulière de l'amplificateur.

Les amplificateurs conçus pour une alimentation par batteries ou par petits convertisseurs peuvent être soumis à des variations plus importantes de la tension d'alimentation qui peuvent être dues aux variations de charge ou de température des batteries, ou encore à la chute progressive de la tension de la batterie pendant sa durée de vie ou sa période de décharge.

La valeur assignée doit être indiquée par le constructeur dans les spécifications. Si le constructeur indique que l'amplificateur tolère des variations de la tension d'alimentation ne dépassant pas $\pm 10\%$, on considère alors que la conformité aux exigences indiquées en a), b) et c) correspond à la conception d'un amplificateur normal répondant au domaine d'application. La conformité aux exigences indiquées en d) et e) doit être vérifiée.

Si le constructeur indique que l'amplificateur tolère des variations de la tension d'alimentation dépassant $\pm 10\%$, les spécifications doivent donner des informations sur tous les dispositifs particuliers destinés à compenser de telles variations, et le bon fonctionnement de ces dispositifs doit, si possible, être vérifié. La conformité aux conditions de a) à e) doit être vérifiée.

14.2.2 Méthodes de mesure

14.2.2.1 Température

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.

- a) Si l'on précise la puissance assignée de sortie limitée par la température, la f.é.m. de source doit être réglée de façon à obtenir cette valeur de la puissance de sortie.
- b) La tension d'alimentation est réglée à la limite supérieure indiquée par le constructeur, et, si nécessaire, la f.é.m. de source est réglée à nouveau pour rétablir la valeur de la puissance de sortie spécifiée au point a).
- c) L'amplificateur doit pouvoir fonctionner de façon permanente dans ces conditions pendant au moins 4 h sans qu'aucun composant ne dépasse la température maximale admissible.

14.2.2.2 Variations de la tension de sortie et du gain

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées, la distorsion harmonique totale étant mesurée selon la méthode décrite en 14.12.3.2.

- a) La f.é.m. de source E_s et la tension de sortie U_2 sont mesurées.
- b) On fait varier par paliers la tension d'alimentation entre les limites spécifiées par le constructeur. Pour chaque valeur choisie de la tension d'alimentation, on règle à nouveau la f.é.m. de source E_s de manière à obtenir la distorsion harmonique totale initiale et l'on mesure alors la f.é.m. de source E_s' et la tension de sortie U_2' .

NOTE Dans les limites de tension d'alimentation autorisées, E_s' et U_2' sont habituellement sensiblement proportionnelles à la tension d'alimentation, lorsqu'il n'existe pas de régulation de tension.

14.2.2.3 Ronflement

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées et la f.é.m. de la source alors réduite à zéro.

- a) Le rapport signal sur ronflement est mesuré comme indiqué en 14.14.
- b) On fait varier par paliers la tension d'alimentation dans les limites spécifiées par le constructeur. Pour chaque valeur choisie de la tension d'alimentation, on mesure la tension de ronflement à la sortie et on calcule le rapport signal sur ronflement. On exprime en décibels le rapport de la tension assignée de sortie à la tension de ronflement mesurée.

14.3 Tolérance sur les variations de fréquence de l'alimentation électrique

14.3.1 Caractéristiques à spécifier

Les tolérances sur les variations de la fréquence d'alimentation doivent être telles que, pour toute fréquence d'alimentation comprise dans les limites indiquées:

- a) la température maximale admissible ne soit dépassée pour aucun composant, lorsque l'amplificateur est dans les conditions normales de mesure (excepté pour la fréquence d'alimentation) pendant au moins 4 h;
- b) la tension de sortie et la distorsion harmonique totale de l'amplificateur ne soient pas sujettes à des variations notables;
- c) le rapport signal sur ronflement ne soit pas réduit de plus de 3 dB par rapport à sa valeur assignée.

Le constructeur doit indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

On considère que la conformité avec la condition indiquée au point a) correspond à la conception normale d'un amplificateur répondant au domaine d'application.

NOTE Une augmentation de la température des composants, en particulier de l'alimentation, peut apparaître dans la partie basse du domaine des fréquences d'alimentation.

14.3.2 Méthodes de mesure

14.3.2.1 Variations de la tension de sortie et de la distorsion harmonique totale

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées, la distorsion harmonique totale étant mesurée comme cela est indiqué en 14.12.4.2.

- b) La f.é.m. de la source E_s et la tension de sortie U_2 sont mesurées.
- c) On fait varier la fréquence d'alimentation par paliers dans le domaine de fréquences spécifié par le constructeur. Pour chaque valeur choisie de la fréquence d'alimentation, on mesure la tension de sortie U_2' et la distorsion harmonique totale.
- d) Ni la tension U_2' ni la distorsion harmonique totale ne doivent subir de variations notables à l'intérieur du domaine de fréquences d'alimentation spécifié.

14.3.2.2 Ronflement

La méthode de mesure est celle décrite en 14.2.2.3, sauf que c'est la fréquence d'alimentation qui varie et non la tension d'alimentation.

NOTE On obtient généralement le plus mauvais rapport signal sur ronflement à la limite inférieure de la fréquence d'alimentation.

14.4 Tolérance sur les harmoniques et l'ondulation de l'alimentation

14.4.1 Caractéristiques à spécifier

Il convient de spécifier les caractéristiques suivantes.

- a) La tolérance sur les harmoniques de l'alimentation doit être telle qu'à l'intérieur des limites fixées
 - 1) les variations de la tension d'alimentation redressée, dues aux modifications du rapport de la valeur crête à la valeur efficace de la tension d'alimentation, ne dépassent pas les variations admissibles de la tension d'alimentation spécifiées en 14.2.1;
 - 2) le rapport signal sur ronflement ne soit pas réduit de plus de 3 dB par rapport à sa valeur assignée.

La conformité à la condition mentionnée en 1) exige que la tolérance sur les harmoniques de l'alimentation en courant alternatif ne dépasse pas la tolérance la plus faible, soit positive, soit négative, spécifiée pour la tension d'alimentation en 14.2.1;

- b) La tolérance sur l'ondulation de l'alimentation continue doit être telle qu'elle soit à l'intérieur des limites fixées:
 - 1) les variations de la tension d'alimentation n'excèdent pas les variations dues aux variations admissibles de la tension d'alimentation spécifiées en 14.2.1;
 - 2) le rapport signal sur bruit n'est pas réduit de plus de 3 dB par rapport à sa valeur assignée.

Le constructeur peut de manière facultative indiquer ces plages de tolérances dans les spécifications.

14.4.2 Méthodes de mesure

Les méthodes de mesure sont spécifiées dans d'autres normes CEI:

- a) Harmoniques de la tension d'alimentation
Voir la CEI 61000-4-13.
- b) Ondulation
Voir la CEI 61000-4-17.
- c) Creux de tension, coupures brèves et variations de tension
Voir la CEI 61000-4-29.

14.5 Caractéristiques d'entrée

14.5.1 Impédance assignée de source, caractéristiques à spécifier

Impédance interne, précisée par le constructeur dans les spécifications, de la source qui fournit le signal à l'amplificateur.

Sauf spécification contraire, l'impédance assignée de source est supposée être une résistance pure de valeur constante.

NOTE Le constructeur peut également préciser un domaine d'impédances de source qu'il considère comme utilisable dans la pratique.

Si l'impédance assignée de source n'est pas indiquée par le constructeur, l'impédance appropriée et spécifiée dans la CEI 61938 doit être utilisée.

14.5.2 Impédance d'entrée

14.5.2.1 Caractéristiques à spécifier

Impédance interne mesurée entre les bornes d'entrée:

- a) dans des conditions normales de mesure; la valeur assignée doit être indiquée dans les spécifications;
- b) à d'autres fréquences du signal; cela peut être indiqué de manière facultative dans les spécifications, sauf quand les variations de fréquence peuvent être importantes (comme pour les entrées destinées aux têtes magnétiques ou aux platines disques pour des enregistrements analogiques), auquel cas suffisamment de données complémentaires doivent être fournies.

14.5.2.2 Méthodes de mesure

14.5.2.2.1 Généralités

Dans les méthodes données en 14.5.2.2.2 et en 14.5.2.2.3, on mesure le module de l'impédance d'entrée. S'il est demandé plus d'informations (par exemple les valeurs des composants d'un circuit équivalent représentant l'impédance d'entrée dans un certain domaine de fréquences), il est alors possible d'utiliser l'une des méthodes indiquées en 14.5.2.2.4 ou en 14.5.2.2.5.

14.5.2.2.2 Entrée symétrique

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure en utilisant une source non reliée à la terre (ou au châssis), comme l'indique la Figure 3 a).

- a) La tension d'entrée U_1 est mesurée au moyen d'un voltmètre à entrée symétrique dont la valeur de l'impédance d'entrée est élevée en comparaison de l'impédance d'entrée de l'amplificateur.
- b) On substitue alors à l'amplificateur une résistance variable calibrée, réglée de telle sorte que le voltmètre indique de nouveau la valeur U_1 . La valeur de la résistance variable est alors égale au module de l'impédance d'entrée de l'amplificateur à la fréquence de référence normalisée.
- c) La mesure peut être répétée pour d'autres fréquences du signal, de préférence pour des fréquences centrales de tiers de bande d'octave normalisée (voir la CEI 60268-1).

Si l'impédance d'entrée de l'amplificateur est élevée en comparaison avec la résistance assignée de source, il est difficile de déterminer avec précision le réglage de la résistance variable qui donne une lecture du voltmètre égale à U_1 . En d'autres termes, la précision de la méthode de mesure est faible. Dans le cas de cette mesure, cet inconvénient peut être surmonté en augmentant l'impédance de source jusqu'à une valeur supérieure ou égale à dix fois sa valeur assignée.

L'impédance d'entrée du voltmètre affecte également la précision de la mesure. En conséquence, il convient que cette impédance soit élevée par rapport à l'impédance de source utilisée pour la mesure en parallèle avec l'impédance d'entrée de l'amplificateur.

La position de la commande de puissance peut affecter l'impédance d'entrée. Si tel est le cas, il convient de répéter les mesures pour différentes positions de la commande et de l'indiquer avec les résultats. Il convient que la f.é.m. de source soit réglée pour maintenir la tension de sortie à 10 dB en dessous de la valeur assignée, à moins que cela nécessite de dépasser la f.é.m. de source de surcharge.

14.5.2.2.3 Entrée asymétrique

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure, la borne d'entrée commune étant reliée à la terre (voir la Figure 3 b)).

- a) La tension d'entrée U_1 est mesurée à l'aide d'un voltmètre dont l'impédance d'entrée est élevée comparée à celle de l'amplificateur.
- b) On substitue alors à l'amplificateur une résistance variable calibrée, réglée de telle sorte que le voltmètre indique de nouveau la valeur U_1 . La valeur de la résistance variable est alors égale à la valeur du module de l'impédance d'entrée de l'amplificateur à la fréquence de référence normalisée.
- c) La mesure peut être répétée pour d'autres fréquences, de préférence pour les fréquences centrales de tiers de bande d'octave normalisée (voir la CEI 60268-1).

14.5.2.2.4 Mesure de l'impédance d'entrée en utilisant un pont

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.

- a) La source de signal est alors remplacée par les bornes «inconnues» d'un pont audiofréquence approprié. Il est essentiel de s'assurer que l'amplificateur n'est pas surchargé par le signal provenant du pont.

NOTE 1 Un pont approprié a les moyens de régler la tension à ses bornes «inconnues» (habituellement en réglant la tension d'entrée du réseau de pont).

NOTE 2 Pour une entrée symétrique, on peut insérer un transformateur de rapport 1 de haute qualité entre le pont et les bornes d'entrée de l'amplificateur, ou il est possible d'utiliser un pont fonctionnant sur piles.

- b) Les commandes du pont sont réglées de façon à obtenir l'équilibre, et on lit alors l'impédance d'entrée sur les commandes.

14.5.2.2.5 Mesure de l'impédance d'entrée en utilisant deux valeurs de résistance de source

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.

- a) Le domaine utile de fréquences limité par le gain est mesuré (voir 14.11.2).
- b) La mesure est répétée pour une valeur connue de la résistance de source, au moins égale à 10 fois l'impédance d'entrée assignée, la f.é.m. source étant augmentée pour ramener la tension de sortie à 10 dB en dessous de la valeur assignée. La nouvelle valeur de la f.é.m. de source est notée.
- c) On peut calculer l'impédance d'entrée pour n'importe quelle fréquence, en utilisant de façon simple la théorie des circuits, à partir des rapports des f.é.m. de source et des gains mesurés aux points a) et b), si le rapport des gains est suffisamment important pour donner la précision nécessaire.

On peut calculer des valeurs approximatives à partir des fréquences extrêmes du domaine utile des fréquences limité par le gain déterminé au point b).

NOTE 1 Aux fréquences élevées, on peut représenter habituellement avec une assez bonne précision l'impédance d'entrée par la combinaison d'une résistance et d'un condensateur en parallèle. Aux basses fréquences, l'impédance d'entrée peut se comporter comme la combinaison d'une résistance et d'une inductance en parallèle ou la combinaison d'une résistance et d'un condensateur en série.

NOTE 2 Cette méthode implique de supposer que l'impédance d'entrée n'est pas influencée par la valeur de la résistance de source et que la composante résistive de l'impédance d'entrée est en grande partie indépendante de la fréquence. Dans certains cas, une ou deux de ces suppositions peuvent ne pas être justifiées.

14.5.3 F.é.m. assignée de source, caractéristique à spécifier

F.é.m. indiquée par le constructeur dans les spécifications, qui, lorsqu'elle est connectée en série avec l'impédance assignée de source aux bornes d'entrée, donne, pour un réglage spécifié approprié des commandes, la tension assignée de sortie limitée par la distorsion aux bornes de l'impédance assignée de charge.

14.5.4 F.é.m. minimale de source pour la tension assignée de sortie limitée par la distorsion

14.5.4.1 Caractéristique à spécifier

F.é.m. qui, lorsqu'elle est connectée aux bornes d'entrée de l'amplificateur en série avec l'impédance assignée de source, donne la tension assignée de sortie limitée par la distorsion aux bornes de l'impédance assignée de charge, la ou les commandes de gain, s'il en existe, étant réglées pour obtenir le gain maximal, et les commandes de tonalité, si elles existent, étant réglées comme spécifié selon les conditions assignées.

S'il existe une commande de gain, il convient évidemment que la f.é.m. assignée de source soit égale ou supérieure à la f.é.m. minimale de source pour la tension assignée de sortie. S'il n'existe pas de commande de gain, la f.é.m. de source assignée est égale à la valeur assignée de la f.é.m. minimale de source pour la tension assignée de sortie.

Le constructeur peut de manière facultative indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

14.5.4.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées.

- La tension de sortie U_2 est mesurée.
- On règle la commande de gain pour le gain maximal et l'on règle à nouveau la f.é.m. de source de façon à rétablir la tension de sortie initiale.
- La f.é.m. minimale de source E_s est alors mesurée.

14.6 Caractéristiques de sortie

14.6.1 Impédance assignée de charge, caractéristique à spécifier

Impédance indiquée par le constructeur dans les spécifications et de préférence marquée sur le matériel, à laquelle les bornes de sortie de l'amplificateur doivent être reliées pour effectuer les mesures.

Sauf spécification contraire de la part du constructeur, on doit supposer que l'impédance assignée de charge est une résistance pure constante.

Il est possible de spécifier plus d'une valeur d'impédance assignée. Les valeurs correspondantes de la tension ou de la puissance de sortie ainsi que la distorsion harmonique totale assignée doivent être spécifiées pour chaque valeur assignée de l'impédance de charge. Elles peuvent être représentées dans un tableau, comme dans l'exemple qui suit:

Impédance assignée de charge Ω	Puissance de sortie assignée W	Distorsion harmonique totale assignée %
16	10	0,2
8	20	0,2
4	40	0,25

On peut spécifier une gamme de valeurs, pourvu que les données précédentes soient indiquées pour les valeurs les plus élevées et les plus basses de l'impédance assignée, comme suit:

Impédance assignée de charge Ω	Puissance de sortie assignée W	Distorsion harmonique totale assignée %
16	10	0,2
Toute valeur intermédiaire	–	–
4	40	0,25

L'amplificateur doit satisfaire aux exigences correspondantes de sécurité électrique (celles normalement spécifiées dans la CEI 60065) pour chaque valeur assignée de l'impédance de charge.

14.6.2 Impédance de sortie de source

14.6.2.1 Caractéristique à spécifier

Impédance interne de l'amplificateur mesurée aux bornes de sortie dans les conditions spécifiées. Le constructeur doit indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

14.6.2.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure. La f.é.m. de source est alors réduite à zéro et l'impédance assignée de charge est déconnectée.

- Un générateur de courant sinusoïdal dont l'impédance interne a une valeur au moins égale à dix fois la valeur supposée de l'impédance de sortie de source est relié aux bornes de sortie de l'amplificateur, en série avec un ampèremètre. Un voltmètre est également relié aux bornes de sortie. Le courant est alors réglé à la valeur du courant qui circulerait entre les bornes de sortie dans les conditions normales de mesure.
- La valeur de ce courant peut être calculée comme la valeur qui produirait dans l'impédance de charge assignée un niveau de tension de 10 dB inférieur à la tension assignée de sortie (limitée par la distorsion).
- La tension U_2 aux bornes de sortie est alors mesurée.
- La mesure peut être répétée pour d'autres fréquences du signal.
- L'impédance de sortie de source est alors calculée selon l'expression suivante:

$$|Z| = U_2 / I_2$$

NOTE 1 La source de courant peut être constituée par un amplificateur de puissance audio dont la sortie est connectée en série avec une résistance de valeur appropriée. L'amplificateur est alimenté par un signal sinusoïdal délivré par un oscillateur. L'ampèremètre peut être constitué d'une résistance de faible valeur (par exemple 0,1 Ω) en série avec les bornes de sortie de la source de courant, la tension aux bornes de la résistance étant mesurée par un voltmètre sensible.

NOTE 2 En général, l'impédance de sortie de la source d'un amplificateur n'est pas une résistance pure, mais dans beaucoup de cas il est suffisant d'en mesurer le module, comme précédemment.

14.6.3 Tension et puissance de sortie (limitée par la distorsion)

14.6.3.1 Caractéristiques à spécifier

Les caractéristiques suivantes doivent être spécifiées:

- Tension de sortie limitée par la distorsion. Tension efficace mesurée aux bornes de l'impédance de charge assignée et à laquelle se produit la distorsion harmonique totale assignée.
- Puissance de sortie limitée par la distorsion. Puissance produite dans l'impédance assignée de charge par la tension de sortie limitée par la distorsion:

$$P_2 = U_2^2 / R_2$$

où

P_2 est la puissance de sortie limitée par la distorsion;

U_2 est la tension de sortie limitée par la distorsion;

R_2 est l'impédance de charge assignée.

- Tension de sortie limitée par la distorsion avec impédance de charge complexe (partiellement ou totalement réactive). Tension, mesurée aux bornes d'une impédance de charge complexe déterminée, à laquelle se produit la distorsion harmonique totale assignée, ou toute autre valeur indiquée de la distorsion harmonique totale.

L'impédance de charge complexe indiquée doit être choisie en relation avec l'impédance de charge réelle probablement présentée par l'amplificateur, lorsque celui-ci est en fonctionnement.

On peut utiliser un haut-parleur typique ou un réseau simulant l'impédance de ce haut-parleur typique, mais en raison des grandes variations de l'impédance de charge réelle qui se produisent en pratique, on ne peut pas donner de valeurs recommandées.

Ces caractéristiques peuvent être exprimées directement en volts ou en watts, ou encore en décibels rapportés de préférence à 1 V ou 1 W. Le niveau de référence doit être indiqué.

Si la caractéristique est spécifiée pour une fréquence unique, cette fréquence doit être une fréquence de référence normalisée (voir 3.1.2).

Les valeurs assignées de certaines ou de la totalité des caractéristiques précédentes doivent être données par le constructeur dans les spécifications, et de préférence marquées sur le matériel, pour chaque valeur assignée de l'impédance de charge.

Lorsqu'il n'y a pas de risque de confusion entre ces caractéristiques et celles spécifiées en 14.7.2, l'expression «limitée par la distorsion» peut être omise; il est toutefois préférable de la conserver.

NOTE Dans le cas où l'alimentation en courant continu de l'étage de sortie de l'amplificateur n'est pas stabilisée, la tension d'alimentation décroît lorsque la f.é.m. de la source augmente. Certains amplificateurs sont conçus et réglés de telle sorte que, dans les conditions de régime permanent, la forme d'onde du signal de sortie soit écrêtée de façon dissymétrique, en raison de cette chute de tension d'alimentation. Lors de l'amplification de signaux de parole ou de musique, la chute de tension d'alimentation peut être beaucoup plus faible, de telle sorte qu'il se produit une limitation symétrique, avec pour conséquence une réduction importante de la distorsion des harmoniques pairs.

14.6.3.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées, en utilisant l'impédance de charge appropriée et un dispositif de mesure de distorsion harmonique approprié, relié aux bornes de sortie (voir 14.12).

- a) L'amplificateur est mis en fonctionnement dans ces conditions pendant une durée supérieure à 60 s. On règle alors de nouveau la source f.é.m., si nécessaire, afin que se produise la distorsion harmonique totale assignée.
- b) On mesure la tension de sortie U_2 . Cette tension est définie comme la tension de sortie (limitée par la distorsion). La puissance de sortie (limitée par la distorsion) est calculée à partir de la formule donnée en 14.6.3.1 b).
- c) Pour les amplificateurs multivoies mesurés par une voie commandée de manière indépendante, il convient que le nombre de conditions de voies commandées soit indiqué par le constructeur dans la spécification. Il est admis que les mesures soient, en plus, répétées avec une seule voie commandée. Pour les amplificateurs multivoies commandés simultanément par plusieurs voies, les mesures doivent être effectuées sur chaque voie à tour de rôle, tandis que toutes les autres voies continuent de fonctionner dans les conditions assignées. Les faibles variations de la valeur de la tension de sortie et/ou de la distorsion, dans les autres voies, dues aux effets thermiques pendant la période de mesure, doivent être négligées.
- d) Les mesures peuvent être répétées à d'autres fréquences et pour d'autres valeurs assignées de l'impédance de charge et avec des impédances de charge complexes (voir également 14.11.3.1 et 14.12.4.1). Elles peuvent également être répétées pour d'autres valeurs de la distorsion harmonique totale comme celles spécifiées dans d'autres normes CEI. Les mesures peuvent, en outre, être répétées avec uniquement une voie commandée.
- e) La tension ou la puissance de sortie (limitée par la distorsion) doit être indiquée pour chacune des voies séparément avec la fréquence du signal, la distorsion harmonique totale assignée et l'impédance assignée de charge appropriée.

NOTE Les amplificateurs multivoies peuvent être spécifiés avec un nombre quelconque de voies commandées ou avec toutes les voies. Voir l'Annexe B.

14.6.4 Régulation

14.6.4.1 Caractéristique à spécifier

Accroissement de la tension de sortie, exprimée par un pourcentage ou par un niveau de régulation en décibels, lorsque, dans les conditions normales pour les mesures, l'impédance assignée de charge est déconnectée, la f.é.m. de source restant constante.

Le constructeur peut de manière facultative indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

14.6.4.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.

- On mesure la tension de sortie U_2 .
- On déconnecte la charge et, en maintenant constante la f.é.m. de source, on mesure la tension de sortie U_2' .
- La régulation est

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

Le niveau de régulation est $20 \lg (U_2'/U_2)$.

NOTE La régulation et l'impédance de sortie de source peuvent être ou ne pas être interdépendantes selon la conception du circuit d'alimentation.

14.6.5 Temps de récupération après surcharge

14.6.5.1 Caractéristique à spécifier

L'amplificateur étant placé dans les conditions normales de mesure et étant mis en surcharge d'une certaine valeur pendant une durée déterminée, c'est l'intervalle de temps entre le moment où la tension d'entrée est rétablie à sa valeur d'origine et le moment où la tension de sortie atteint à nouveau sa valeur d'origine à l'intérieur des limites spécifiées (voir la Figure 4).

Le constructeur peut de manière facultative indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

14.6.5.2 Méthode de mesure

- L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.
- La f.é.m. de source est augmentée de 20 dB pendant une durée inférieure à un quart de période du signal d'entrée et maintenue à cette valeur pendant environ 1 s.
- La f.é.m. de source est alors ramenée à sa valeur initiale pendant une durée inférieure à un quart de période du signal d'entrée.
- Le temps qui s'écoule avant que les tensions de crête positives et négatives n'aient atteint leur valeur finale dans les limites de 1 dB est mesuré, sauf spécification contraire, au moyen d'un oscilloscope calibré approprié.

14.7 Caractéristiques limites

14.7.1 F.é.m de source de surcharge

14.7.1.1 Caractéristique à spécifier

Valeur maximale de la f.é.m. de source pour laquelle un amplificateur, relié conformément aux conditions assignées et avec un réglage approprié de la commande de gain, peut fournir une tension de sortie inférieure de 10 dB à la tension assignée de sortie limitée par la distorsion, sans dépasser la distorsion harmonique totale assignée.

Le constructeur doit indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

14.7.1.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées.

- Un distorsiomètre est connecté aux bornes de sortie.
- On règle la commande de gain de manière à obtenir une tension de sortie U_2 inférieure de 10 dB par rapport à la tension assignée de sortie.
- On règle la commande de gain sur des positions successives pour obtenir des valeurs de gain décroissantes, tout en faisant croître la f.é.m. de source pour rétablir la tension initiale de sortie U_2 , jusqu'à ce que l'on obtienne la distorsion harmonique totale assignée.
- La f.é.m. de source E_s est mesurée.

14.7.2 Tension et puissance maximale de sortie à court terme

NOTE Voir également les articles applicables de la CEI 60268-5 [3] et de la CEI 61938.

14.7.2.1 Caractéristique à spécifier

Tension maximale ou puissance correspondante que l'amplificateur est susceptible de délivrer ou de dissiper dans la résistance assignée de charge (sans tenir compte de la linéarité) 1 s après l'application d'un bref signal de salve d'impulsion spécifié. Chaque voie fonctionne indépendamment.

Il est recommandé que le constructeur indique la valeur assignée dans les spécifications.

IMPORTANT

Pour le concept relatif à cette caractéristique, il est fondamental que la valeur mesurée de la tension ou de la puissance de sortie maximale à court terme soit inférieure ou égale à la valeur définie par le constructeur, pour tous les échantillons d'un même type d'amplificateur donné.

14.7.2.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées avec un enregistreur de niveau donnant des valeurs efficaces vraies, relié aux bornes de sortie.

- La f.é.m. de source est alors appliquée aux bornes d'entrée de l'amplificateur en essai sous forme d'une salve d'impulsions d'une durée de 1 s. La tension de sortie U_2 de l'amplificateur est mesurée 1 s après le début de l'impulsion, selon le relevé de l'enregistreur de niveau. La fréquence de la salve d'impulsions doit être de 1 kHz, sauf spécification contraire.

NOTE On peut utiliser un signal de salve de bruit de 1 s simulant un morceau de programme normal (voir la CEI 60268-1) si cela est plus pratique.

- On augmente alors la valeur de la f.é.m. de source jusqu'à ce que la valeur de la tension de sortie U_2 atteigne sa valeur maximale.

- c) La valeur U_2 est alors la tension maximale de sortie à court terme et l'expression U_2^2/R_2 est la puissance maximale de sortie à court terme, R_2 étant l'impédance assignée de charge.
- d) Si l'on répète l'essai, la période de répétition des impulsions du signal doit être supérieure ou égale à 60 s.

14.7.2.3 Valeurs de l'impédance de charge à utiliser pour l'essai

Si le constructeur définit un domaine d'impédances assignées de charge, les essais doivent être effectués avec la valeur de l'impédance de charge donnant la valeur la plus élevée de la puissance ou de la tension maximale de sortie à court terme. Si le constructeur ne définit pas une tension assignée de sortie à court terme, la valeur doit être mesurée avec une impédance de charge de $16\ \Omega$, pour le matériel grand public et similaire, calculée sur la base de l'impédance de charge assignée en termes de tension ou de puissance délivrée à une impédance de charge ou à une gamme d'impédances de charge spécifiée.

Si le constructeur spécifie le fonctionnement de l'amplificateur en termes de puissance délivrée pour une tension de sortie donnée (par exemple 100 V ou 70 V pour la tension de fonctionnement en ligne), la tension maximale de sortie à court terme doit être mesurée sans la présence d'une charge.

14.7.3 Tension et puissance de sortie maximale à long terme

NOTE Voir également les articles correspondant de la CEI 60268-5 [3] et de la CEI 61938.

14.7.3.1 Caractéristique à spécifier

Tension maximale ou puissance correspondante que l'amplificateur est susceptible de délivrer ou de dissiper dans la résistance assignée de charge 1 min après l'application d'un signal d'entrée de bruit simulant un programme normal (voir la CEI 60268-1). Chaque voie est mise en fonctionnement séparément.

Il est recommandé que le constructeur indique la valeur assignée dans les spécifications.

IMPORTANT

Pour le concept relatif à cette caractéristique, il est fondamental que la valeur mesurée de la tension ou de la puissance de sortie maximale à long terme soit inférieure ou égale à la valeur définie par le constructeur, pour tous les échantillons d'un même type d'amplificateur donné.

14.7.3.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions assignées, un voltmètre donnant des valeurs efficaces vraies étant branché aux bornes de sortie de l'appareil.

- a) La source du signal est remplacée par une source du programme simulé (voir la CEI 60268-1) dont la f.é.m. est au moins égale à dix fois la f.é.m. assignée de source de l'amplificateur.
- b) La tension de sortie U_2 est mesurée 1 min après l'application du signal.
- c) La valeur U_2 est alors la tension maximale de sortie à long terme et U_2^2/R_2 est la puissance maximale de sortie à long terme, R_2 étant l'impédance assignée de charge.
- d) Il convient que le signal ne soit pas appliqué plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour effectuer l'essai.

14.7.3.3 Valeur de l'impédance de charge à utiliser pour l'essai

Si le constructeur définit un domaine d'impédances assignées de charge, les essais doivent être effectués avec l'impédance de charge ayant une valeur donnant la valeur la plus élevée de la puissance ou de la tension maximale de sortie à long terme. Si le constructeur ne définit pas une tension assignée de sortie à long terme, la valeur doit être mesurée avec une

impédance de charge de $16\ \Omega$, pour le matériel grand public ou similaire, assignée en termes de tension ou de puissance délivrée à une impédance de charge ou à une gamme d'impédances de charge donnée.

Si le constructeur spécifie le fonctionnement de l'amplificateur en termes de puissance délivrée pour une tension de sortie donnée (par exemple 100 V ou 70 V pour la tension de fonctionnement en ligne), la tension maximale de sortie à long terme doit être mesurée sans la présence d'une charge.

14.7.3.4 Dispositifs de protection

Des dispositifs de protection situés à l'intérieur de l'amplificateur peuvent fonctionner pendant l'essai, par exemple en raison d'une température élevée. Si un dispositif à réarmement non automatique fonctionne, la valeur de la tension ou de la puissance de sortie mesurée immédiatement avant le fonctionnement du dispositif doit être prise comme résultat.

Si un dispositif à réarmement automatique fonctionne, la tension ou la puissance de sortie la plus élevée mesurée après le premier réarmement doit être prise comme résultat.

14.7.4 Puissance de sortie limitée par la température

14.7.4.1 Caractéristique à spécifier

Puissance de sortie pour une température ambiante spécifiée, que l'amplificateur est susceptible de fournir en permanence sans dépassement de la température maximale admissible pour chacun des composants.

Lorsque l'amplificateur est spécifié pour plusieurs modes de montage différents, par exemple dans des enceintes ou dans des bâtis, les puissances assignées de sortie correspondantes limitées par la température doivent être indiquées par le constructeur.

La puissance assignée de sortie limitée par la température peut être inférieure à la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion. En effet, dans les amplificateurs de classe AB, B ou D, les dispositifs actifs fonctionnant suivant ces classes atteignent leur température maximale pour des puissances de sortie considérablement inférieures à la puissance assignée de sortie, et il se peut que plusieurs éléments atteignent leurs températures maximales pour différentes puissances de sortie. De plus, lorsque l'alimentation en courant continu d'un étage n'est pas stabilisée, il est possible que des températures maximales de valeurs différentes soient atteintes pour deux valeurs de la puissance de sortie.

Les amplificateurs pour lesquels c'est le cas donnent satisfaction pour l'amplification des signaux normaux de parole et de musique en raison des caractéristiques amplitude/durée de ces signaux (voir Note 1 en 14.12.3.1).

14.7.4.2 Méthode de mesure

Des essais préliminaires avec différentes valeurs de la puissance de sortie doivent être effectués pour déterminer les composants susceptibles d'atteindre leur température limite. Des thermomètres appropriés sont placés sur les composants choisis en fonction de ces essais préliminaires.

- a) L'amplificateur, monté de façon spécifiée, est alors placé dans les conditions normales de mesure, sauf en ce qui concerne la tension d'alimentation qui est réglée à la limite supérieure de tolérance de la tension assignée d'alimentation pour laquelle l'amplificateur est réglé (voir 14.2). On doit mesurer la température ambiante.
- b) On règle la f.é.m. de source par paliers de manière à faire croître la tension de sortie U_2 , en attendant après chaque palier que les indications du thermomètre restent pratiquement constantes. Cette procédure est poursuivie jusqu'à une certaine tension de sortie U_2' pour laquelle l'un des composants atteint sa température limite.

- c) La puissance de sortie limitée par la température est $U_2'^2/R_2$, où R_2 est l'impédance assignée de charge.

L'amplificateur doit fonctionner de façon permanente pendant au moins 4 h dans les conditions spécifiées avant que l'on effectue les derniers relevés de température.

Le constructeur peut de manière facultative indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

14.8 Caractéristiques des circuits de protection

14.8.1 Généralités

Les circuits de protection des amplificateurs peuvent être classés de la manière suivante:

- a) protection contre un courant de charge excessif, ou contre les combinaisons potentiellement dangereuses de tension et de courant de charge;
- b) protection contre la présence de tension continue entre les bornes de la charge (protection contre le décalage continu);
- c) protection contre les signaux d'entrée potentiellement dangereux (par exemple les amplitudes excessives en hautes fréquences).

Les protections de types a) et c) sont principalement destinées à la protection des composants de l'amplificateur. La protection de type b) peut protéger les composants de l'amplificateur, mais elle est également destinée à protéger les composants situés dans la charge, comme les bobines des haut-parleurs, qui peuvent être endommagées par un courant direct (situation qui a été considérée comme donnant lieu à des risques relatifs à la sécurité). La conception du circuit de protection contre le courant continu implique habituellement un compromis entre sensibilité et rapidité de réaction. Cela s'explique par le fait qu'il convient que le circuit ne réponde pas aux signaux de forte amplitude et de basses fréquences, mais qu'il réponde à des tensions continues relativement faibles. Cela est réalisé par un filtre passe-bas, et plus on réalise avec ce filtre un affaiblissement important pour les fréquences du signal, plus on réalisera un circuit de protection sensible, mais plus il répondra lentement. Le concepteur de l'amplificateur peut choisir un compromis qui ne réponde pas du tout à un décalage de tension continue qui soit faible devant la ou les tensions continues d'alimentation du circuit d'amplification. Cependant, un tel décalage de tension peut provoquer un courant de charge continu pouvant altérer la qualité de fonctionnement des haut-parleurs utilisés avec l'amplificateur et pouvant les endommager. Un compromis différent peut conduire à un circuit de protection ne répondant pas assez rapidement pour éviter d'endommager les composants de la charge. Pour les raisons données ci-dessus, il convient que les caractéristiques des circuits de protection de décalage continu soient incluses dans les spécifications de l'amplificateur. On ne connaît pas aujourd'hui de méthode pour mesurer ces caractéristiques sans avoir accès aux circuits internes de l'amplificateur. Le paragraphe 14.8.3 indique par conséquent les méthodes qu'il convient que seul le constructeur utilise; c'est pourquoi les noms de ces caractéristiques incorporent le mot «assigné».

14.8.2 Protection contre les combinaisons potentiellement dangereuses de tension et de courant de sortie

14.8.2.1 Caractéristique à spécifier

Caractéristique tension de sortie/courant de sortie de l'amplificateur, mesurée en utilisant le signal d'essai et la méthode décrits en 14.8.2.2 et en 14.8.2.3 et représentés graphiquement, la tension de sortie étant en abscisse et le courant de sortie en ordonnée.

Si l'amplificateur n'incorpore pas de circuits de protection du type correspondant, l'application de l'essai décrit ci-dessous peut conduire à des dommages.

Il est recommandé au constructeur de présenter ces données dans les spécifications.

14.8.2.2 Signal d'essai et réseau de charge

Le signal d'essai consiste en un signal sinusoïdal dont la fréquence est de 20 Hz, auquel sont ajoutées des impulsions positives et négatives d'une durée de 50 μ s et de fréquence de répétition égale à 500 Hz. L'amplitude du signal de 20 Hz est choisie pour amener l'amplificateur dans ces limites de tension d'écrêtage, alors que l'amplitude des impulsions place l'amplificateur successivement dans ses limites de surcharge de courant. Un circuit permettant de créer le signal d'essai est présenté dans la bibliographie [1].

NOTE Pour les amplificateurs ayant une gamme de fréquences réelles limitée, on peut choisir d'autres fréquences adaptées d'essai et les indiquer avec les résultats.

Le réseau de charge, pour les amplificateurs conçus pour alimenter des haut-parleurs de faible impédance, consiste en un condensateur de 40 μ F, en série avec une résistance de 1 Ω . Pour les autres amplificateurs, les valeurs peuvent être échelonnées. Le condensateur de 40 μ F limite le courant à une faible valeur en raison du signal de 20 Hz, alors que pour de brèves impulsions, l'impédance de charge réelle est de l'ordre de 1 Ω , et qu'un courant de sortie élevé est produit.

En utilisant ce signal et le réseau de charge, on peut faire la mesure sans provoquer de dissipation excessive dans l'amplificateur. La dissipation dans la résistance de 1 Ω est nettement inférieure à la puissance de sortie assignée de l'amplificateur, en raison de la valeur du courant de sortie pour un cycle de travail.

14.8.2.3 Méthode de mesure

- L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure et la configuration du circuit d'essai est alors modifiée pour être celle illustrée par la Figure 5 a).
- Régler les sensibilités de l'oscilloscope à 20 V/division pour la déflexion horizontale et à 5 V/division (équivalente à 5 A/division car la tension est augmentée par la résistance de 1 Ω) pour la déflexion verticale (ou à d'autres valeurs indiquées si nécessaire).
- Avec un signal d'entrée nul, régler le point lumineux sur l'écran de l'oscilloscope au centre du réticule.
- Appliquer le signal de 20 Hz et augmenter la f.é.m. d'entrée jusqu'à ce que la tension de sortie indique un écrêtage significatif.
- Appliquer en plus l'impulsion de signal, pendant un temps aussi court que nécessaire pour enregistrer l'écran (par exemple de manière photographique). La f.é.m. d'entrée doit être réglée de façon à produire des limites de courant marquées, comme indiquée par l'affichage.
- Régler la commande de retard de luminosité pour un affichage clair et enregistrer l'affichage.

14.8.2.4 Présentation des résultats

Les résultats sont présentés graphiquement, en utilisant une échelle de 20 V/division en abscisse et de 5 A/division en ordonnée. D'autres échelles que celles indiquées peuvent être utilisées si nécessaire. On donne un exemple à la Figure 5 b).

NOTE Une présentation sous forme graphique peut être préférable à la reproduction directe d'une photographie.

14.8.3 Caractéristiques des circuits de protection de décalage continu

NOTE Ces caractéristiques ne s'appliquent pas aux amplificateurs ayant uniquement un couplage capacitif aux bornes de la charge.

14.8.3.1 Caractéristiques à spécifier

Il convient de spécifier les caractéristiques suivantes:

- a) tension maximale assignée de décalage aux bornes de la charge, indiquée par le constructeur dans les spécifications, ne mettant pas en fonctionnement le circuit de protection;
- b) temps de réponse assigné du circuit de protection, indiqué de façon facultative par le constructeur dans les spécifications, pour une tension de décalage égale à 30 % de la tension d'alimentation continue la plus élevée (voir point d) de 14.8.3.2.1) de l'étage de sortie de l'amplificateur;
- c) tension continue résiduelle maximale assignée, indiquée de manière facultative par le constructeur dans les spécifications, aux bornes de la charge quand le circuit de protection est en fonctionnement, ou
- d) pourcentage maximal assigné de la puissance assignée de sortie, indiquée par le constructeur de manière facultative dans les spécifications, représenté par la tension continue résiduelle maximale assignée.

Si les valeurs sont différentes, on doit indiquer, selon la présence ou l'absence de signal, ou les différentes polarités de la tension de décalage, la valeur la plus élevée ainsi que la condition et/ou la polarité de la tension de décalage correspondant au signal.

14.8.3.2 Méthodes de mesure

14.8.3.2.1 Méthodes de mesure pour les amplificateurs percevant en permanence la condition d'un décalage continu

La procédure est comme suit:

- a) L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure et la fréquence du signal d'entrée est alors ramenée à 20 Hz. Un oscilloscope continu et un voltmètre continu sont reliés aux bornes de la charge.
- b) On modifie lentement la symétrie continue de l'amplificateur, avec une méthode adaptée dépendant de la conception détaillée du circuit et ne pouvant pas être normalisée, puis on note la valeur maximale lue sur le voltmètre continu, avant que le circuit de protection ne fonctionne. Cette valeur est la tension maximale de décalage qui ne fait pas fonctionner le circuit de protection.
- c) La symétrie de l'amplificateur est alors plus fortement modifiée dans le même sens, de façon que le circuit de protection fonctionne. On note la valeur maximale lue sur le voltmètre continu, alors qu'on modifie la symétrie en direction d'une dissymétrie maximale. Il s'agit de la tension continue résiduelle maximale aux bornes de la charge si le circuit de protection fonctionne.
- d) La symétrie continue de l'amplificateur est alors rétablie à sa valeur normale, et la f.é.m. source ramenée à zéro. A l'aide d'une alimentation continue adaptée et d'un commutateur, on applique une tension continue aux circuits internes de l'amplificateur, qui devrait produire, en l'absence du circuit de protection une tension de décalage continue aux bornes de la charge égale à 30 % de la tension continue d'alimentation de l'étage de sortie de l'amplificateur. S'il existe plus d'une tension d'alimentation, on choisit la valeur la plus élevée, sauf s'il y a une raison pour que ce choix ne soit pas le bon. En observant l'écran de l'oscilloscope, on mesure le temps mis pour que la tension de sortie chute de 110 % par rapport à sa valeur correspondant à l'état stable après l'application du décalage, ou d'une tension de 1 V, selon celle qui est la plus élevée. Il s'agit du temps de réponse du circuit de protection pour un décalage de 30 % de la tension continue d'alimentation.
- e) On répète les points b) et c) avec la f.é.m. de source d'entrée ramenée à zéro.

On répète alors toutes les mesures avec des décalages continus de polarité inverse.

14.8.3.2.2 Méthodes de mesure pour les amplificateurs captant de manière intermittente la condition de décalage continu

On suit la même procédure qu'en 14.8.3.2.1, sauf que l'essai décrit aux points a) à c) est uniquement réalisé avec la f.é.m. de source d'entrée remise à zéro. Les mesures des points

b) et c) doivent être effectuées après que le circuit de protection a fonctionné plusieurs fois, par exemple après 60 s. Un oscilloscope à mémoire calibré ou son équivalent est utile pour observer la variation de la tension de décalage et pour mesurer sa valeur.

Pour vérifier complètement le fonctionnement du circuit de protection, il peut être nécessaire d'effectuer d'autres essais, simulant des pannes de composants. La nature des essais nécessaires peut être décidée en examinant le schéma du circuit de l'amplificateur.

14.9 Temps de maintien pour une tension ou une puissance assignée de sortie limitée par la distorsion

14.9.1 Généralités

Le niveau d'écrtage est le niveau, exprimé en décibels, d'après une référence indiquée, du signal de sortie d'un amplificateur, au-dessus duquel la distorsion harmonique totale augmente rapidement. Normalement, les crêtes de la forme d'onde d'un signal sinusoïdal, affiché sur un oscilloscope, apparaissent visiblement écrêtées à ce niveau.

La caractéristique amplitude/temps des signaux de parole et de musique est telle que si un amplificateur fonctionne avec un signal d'entrée de parole ou de musique non compressé, dont le niveau est réglé de façon que le signal de sortie soit juste écrété pour les parties maximales mais pas suffisamment pour provoquer des perturbations importantes dans la qualité sonore subjective, le niveau du signal moyen de sortie est approximativement inférieur de 10 dB par rapport au niveau d'écrtage. Pour l'amplification de signaux de parole et de musique non compressés, il n'y a par conséquent pas besoin que l'amplificateur soit capable de reproduire les signaux au niveau d'écrtage pendant plus de quelques dizaines de millisecondes.

Cependant, les amplificateurs pour systèmes électroacoustiques peuvent être appelés à reproduire des signaux de sons fondamentaux et des signaux compressés de parole et de musique. Alors que dans un système bien conçu, il convient que ces signaux n'augmentent pas fortement la durée mise par l'amplificateur pour reproduire les signaux au niveau d'écrtage (car cela conduirait à une perte de qualité sonore et à l'augmentation de la dissipation calorifique des haut-parleurs), certaines de ces augmentations sont inévitables, et des signaux de fort niveau peuvent se produire accidentellement, par exemple si un microphone tombe. De même, l'amplificateur doit fournir des signaux de niveau élevé pendant les mesures conformément à cette norme (voir 14.6.3, 14.7.2 et 14.7.3), et la période de temps est spécifiée dans certains de ces paragraphes. Ces mesures sont à réaliser afin de produire une spécification complète et correcte de l'amplificateur.

Une autre considération est que la relation existant entre le niveau d'écrtage et le niveau de la puissance ou de la tension assignée de sortie limitée par la distorsion varie très fortement d'un type d'amplificateur à un autre, car la puissance ou la tension de sortie assignée est décidée par le constructeur, en tenant compte de plusieurs facteurs. Voir Tableau 1.

Tableau 1 – Différentes spécifications relatives à la distorsion harmonique totale et à la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion concernant le même amplificateur

Puissance de sortie assignée W	Distorsion harmonique totale assignée %	Niveau d'écrtage moins le niveau de sortie assigné dB
100	10	–0,97
80	2	0,0
60	0,05	1,25
NOTE On suppose ci-dessus qu'une distorsion harmonique totale de 2 % correspond au niveau d'écrtage; la valeur réelle ne change pas le raisonnement.		

Il convient de noter que les trois spécifications précédentes concernent le même amplificateur. La tension ou la puissance de sortie assignée N'EST par conséquent PAS une orientation sûre vers les véritables capacités aux sorties d'un amplificateur, et c'est pourquoi des caractéristiques complémentaires ont été normalisées en 14.7.2 et en 14.7.3.

Une autre considération est que le fonctionnement pendant une période longue à un niveau de sortie proche du niveau d'écrêtage conduit vraisemblablement à une surchauffe; l'effet calorifique est beaucoup moins important avec des signaux de parole et de musique, et conduit au concept de la puissance de sortie limitée par la température (voir 14.7.4). Il convient de noter que, pour la plupart des conceptions d'amplificateur, ce sont les composants des alimentations de puissance, et non les dispositifs des étages de sortie, qui surchauffent pour des conditions de puissance élevées en sortie. La protection contre la surchauffe peut être réalisée par

- un moyen automatique atténuant le signal d'entrée, permettant ainsi à l'amplificateur de continuer à fonctionner plus ou moins normalement, ou
- un moyen automatique déconnectant la charge, interdisant ainsi à l'amplificateur de fonctionner normalement mais l'autorisant à continuer de fonctionner normalement si la sortie de niveau haut n'est pas plus longtemps demandée, ou
- le fonctionnement de fusibles ou de disjoncteurs, nécessitant qu'un opérateur le remplace ou le réarme.

Dans les applications comme les systèmes électroacoustiques destinés à des urgences, il est essentiel que l'amplificateur continue à fonctionner normalement dans toutes les conditions possibles. Il est par conséquent justifié, dans de tels cas, de demander à ce que le temps nécessaire pour que l'amplificateur puisse produire des signaux de sortie de niveau élevé soit spécifié. Il n'est pas essentiel de spécifier ce temps si l'amplificateur est nécessaire pour reproduire normalement les signaux de parole et de musique, en particulier dans le contexte de systèmes grand public de haute fidélité, ou pour un système bien conçu et bien réglé il convient que l'amplificateur ne soit pas amené à fonctionner près ou dans une zone d'écrêtage, même pendant de brefs instants.

14.9.2 Caractéristiques à spécifier

Durée pendant laquelle l'amplificateur peut fournir la tension ou la puissance assignée de sortie limitée par la distorsion:

La valeur assignée doit être indiquée par le constructeur dans les spécifications.

14.9.3 Méthode de mesure

MISE EN GARDE: Certains amplificateurs peuvent être sérieusement endommagés par cet essai.

- a) La méthode décrite en 14.6.3.2 est utilisée, l'amplificateur étant mis en fonctionnement dans les conditions assignées pendant une période de temps déterminée, se terminant quand la puissance ou la tension assignée de sortie limitée par la distorsion ne peut plus être réalisée pour la distorsion harmonique totale, ou pendant 60 min, selon celle qui est la plus courte.
- b) Il faut veiller à ce que les conditions de ventilation ou que tout autre moyen de refroidissement au cours de cet essai soient les mêmes que ceux existant quand l'amplificateur est en utilisation normale.
- c) Les résultats doivent être exprimés par la durée, mesurée conformément au point a) précédent, en secondes ou en minutes, selon ce qui est approprié, ou selon ce qui est supérieur à 60 min, si cela est le cas.

14.10 Gain

14.10.1 Gain de tension et gain de f.é.m.

Le constructeur peut utiliser l'une des deux méthodes suivantes pour exprimer la valeur assignée du gain dans les spécifications, soit sous forme d'un rapport direct soit en décibels.

- Le gain de tension est le rapport de la tension de sortie U_2 à la tension d'entrée U_1 dans les conditions normales de mesure.
- Le gain de f.é.m. est le rapport de la tension de sortie U_2 à la f.é.m. de source E_s dans les conditions normales de mesure.

NOTE Au point b), on tient compte de la différence entre la tension aux bornes d'entrée et la f.é.m. de source.

14.10.2 Gain maximal de f.é.m.

14.10.2.1 Caractéristique à spécifier

Gain de f.é.m. mesuré avec la commande de volume réglée pour obtenir le gain maximal, et la f.é.m. de source étant réglée pour rétablir la tension de sortie dans les conditions normales de mesure.

Le constructeur peut de manière facultative indiquer la valeur assignée dans les spécifications.

14.10.2.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales pour les mesures.

- La commande de gain est réglée de nouveau pour obtenir le gain maximal, et la f.é.m. de source est diminuée pour rétablir la tension de sortie initiale pour les conditions normales de mesure.
- On mesure la tension de sortie U_2 .
- On mesure la f.é.m. de source E_s .
- Le gain maximal de f.é.m. est exprimé soit comme le rapport U_2/E_1 , soit en décibels par $20 \lg U_2/E_1$.

14.10.3 Caractéristique d'affaiblissement de la commande de gain

14.10.3.1 Caractéristique à spécifier

Affaiblissement de la commande de gain, exprimée en décibels en fonction de la position mécanique de la commande (par exemple angle de rotation par rapport à une position spécifiée). La caractéristique peut être représentée par un graphique.

Il convient de tenir compte du fait que la caractéristique d'affaiblissement peut être fonction de la fréquence, soit de manière intentionnelle, tel que dans une « commande des sonies » (commande de gain physiologiquement compensée) soit autrement. S'il y a plusieurs commandes de volume, il convient de spécifier la caractéristique de chaque commande.

NOTE Lorsqu'on utilise des commandes de gain uniques pour commander simultanément les gains de plusieurs voies, les différences de gain entre voies sont fonction de la position de la commande de gain et ces différences de gain sont souvent une caractéristique importante qui peut également être spécifiée par le constructeur.

Le constructeur peut de manière facultative présenter ces données dans les spécifications.

14.10.3.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure, à l'exception de la commande de gain qui doit être placée en position de gain maximal.

- a) La tension de sortie U_2 est mesurée.
- b) On règle ensuite la commande de gain par paliers successifs; à chaque palier, on note la position de la commande de gain et on mesure la tension de sortie U_2' .
- c) Le rapport de la tension de sortie correspondant au gain maximal U_2 à la tension de sortie U_2' mesurée à chacun des paliers est exprimé, en décibels, par $20 \lg (U_2/U_2')$.
- d) Ces rapports sont présentés sous forme de tableau ou sous forme graphique, en fonction de la position de la commande de gain.
- e) Cette mesure peut être répétée pour d'autres fréquences (voir note).

Pour des affaiblissements importants, il convient de prendre des précautions pour que le bruit et le ronflement n'affectent pas les résultats. Pour éviter cela, la f.é.m. de source peut être augmentée d'une quantité connue, et il en est tenu compte dans les résultats. Il convient de prendre des précautions pour ne pas dépasser la f.é.m. de source de surcharge.

NOTE Les résultats obtenus au point e) de cette méthode peuvent également être utilisés pour présenter des graphiques de la réponse amplitude-fréquence pour différents réglages de la commande de gain ou de la «commande des sonies».

14.10.4 Caractéristique d'affaiblissement des commandes d'équilibrage pour des matériels multivoies

14.10.4.1 Caractéristique à spécifier

Affaiblissement de la commande d'équilibrage exprimée en décibels, en fonction de la position mécanique de la commande (par exemple angle de rotation par rapport à une donnée spécifiée).

Le constructeur peut de manière facultative présenter ces données dans les spécifications.

14.10.4.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure, avec la commande d'équilibrage réglée pour produire le gain maximal dans la première voie à mesurer, la f.é.m. de source étant appliquée à cette voie uniquement. Il peut être nécessaire de diminuer la f.é.m. de source pour éviter de dépasser la tension ou la puissance assignée de sortie.

- a) On mesure la tension de sortie U_2 .
- b) La commande d'équilibrage est alors réglée par paliers successifs; à chaque palier on note la position de la commande d'équilibrage et on mesure la tension de sortie U_2' .
- c) Le rapport de la tension de sortie correspondant au gain maximal U_2 à la tension de sortie mesurée à chacun des paliers U_2' est exprimé en décibels, par $20 \lg (U_2/U_2')$.
- d) Ces rapports sont présentés graphiquement en fonction de la position de la commande d'équilibrage.
- e) La mesure est répétée pour d'autres voies dépendant de la commande d'équilibrage à mesurer.
- f) Ces mesures peuvent être répétées pour d'autres fréquences.

NOTE Il est d'usage de représenter sur le même graphique les caractéristiques de toutes les voies réglées par une même commande d'équilibrage.

14.11 Réponse

14.11.1 Réponse amplitude-fréquence

14.11.1.1 Caractéristique à spécifier

Variation en fonction de la fréquence du gain de f.é.m. (rapport de la tension de sortie à la f.é.m. de source), exprimée en décibels, par rapport à sa valeur pour une fréquence de référence spécifiée (normalement la fréquence de référence normalisée).

Il est recommandé que le constructeur indique la valeur assignée dans les spécifications.

14.11.1.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure, la fréquence de source étant réglée à la fréquence spécifiée.

- La f.é.m. de source E_s et la tension de sortie U_2 sont mesurées.
- On fait varier la fréquence de la source soit de manière continue, soit par paliers, en maintenant constante la f.é.m. de source. On mesure la tension de sortie U_2' pour chaque fréquence.
- Le rapport de la tension de sortie pour chaque fréquence de la source à la tension de sortie pour la fréquence de référence spécifiée est exprimée en décibels par $20 \lg (U_2'/U_2)$.
- Ces rapports sont présentés graphiquement en fonction de la fréquence.

14.11.1.3 Amplificateurs d'égalisation

La réponse amplitude-fréquence d'un amplificateur d'égalisation ayant des caractéristiques d'égalisation spécifiées doit être mesurée au moyen de la méthode décrite en 14.11.1.2, en réglant la f.é.m. de source pour chaque fréquence conformément à l'inverse de la caractéristique d'égalisation spécifiée.

L'impédance de source doit représenter l'impédance du transducteur pour lequel l'amplificateur d'égalisation a été conçu, dans tout le domaine utile de fréquences. On doit indiquer cette impédance avec les résultats (si possible sous forme d'un circuit équivalent).

NOTE La CEI 60098 [2] spécifie une relation entre la vitesse enregistrée sur un disque et la tension de sortie de l'amplificateur. Sauf indication contraire, il est d'usage de comparer la réponse de l'amplificateur lui-même avec cette relation spécifiée (en supposant dès lors que le transducteur a une réponse en fréquence idéale).

Si la réponse d'un amplificateur d'égalisation est conçue pour compenser les pertes de la caractéristique en fréquence d'un transducteur particulier, il convient que le constructeur l'indique.

14.11.2 Domaine utile de fréquences limité par le gain

14.11.2.1 Caractéristique à spécifier

Domaine de fréquences à l'intérieur duquel les écarts par rapport à la réponse en fréquence exigée dans les conditions normales de mesure ne dépassent pas les limites indiquées.

Il est recommandé que le constructeur indique la valeur assignée dans les spécifications.

14.11.2.2 Méthode de mesure

Le domaine utile de fréquences est obtenu à partir de la courbe réalisée conformément à 14.11.1 pour des conditions normales de mesure.

14.11.3 Domaine utile de fréquences limité par la distorsion

14.11.3.1 Caractéristiques à spécifier

Domaine de fréquences à l'intérieur duquel la valeur de la puissance ou de la tension de sortie obtenue pour la distorsion harmonique totale assignée dépasse une fraction spécifiée de la valeur assignée.

Sauf indication contraire, la fraction spécifiée doit être égale à la moitié en termes de puissance ou à –3 dB si cette valeur est exprimée en décibels.

Il est recommandé que le constructeur indique la valeur assignée dans les spécifications.

NOTE «Power bandwidth», terme anglais déconseillé, est souvent utilisé pour désigner cette caractéristique.

14.11.3.2 Méthode de mesure

Le domaine utile de fréquences limité par la distorsion peut être déterminé à partir des courbes distorsion-fréquences, obtenues conformément à 14.12.4.1.

14.11.4 Réponse phase-fréquence

14.11.4.1 Caractéristique à spécifier

Différence de phase en fonction de la fréquence entre la tension de sortie et la f.é.m. de source, l'appareil étant placé dans les conditions normales de mesure et les commandes étant mises dans les positions indiquées, s'il y en a.

Le constructeur peut de manière facultative fournir ces données dans les spécifications.

Au lieu de la réponse phase en fonction de la fréquence, on peut donner le temps de transit en fonction de la fréquence.

14.11.4.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.

- Un phasemètre est connecté entre la source et les bornes de sortie, en tenant compte du marquage des bornes.
- On fait varier de façon continue ou par paliers la fréquence de la source, la différence de phase étant mesurée pour chaque fréquence.
- La différence de phase $\Delta\varphi$ est exprimée en fonction de la fréquence, ou en temps de transit τ en microsecondes, et représenté graphiquement:

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

où $\Delta\varphi$ est exprimée en degrés(°).

NOTE Pour les amplificateurs d'égénéralisation, voir 14.11.1.3.

14.12 Non-linéarité d'amplitude

14.12.1 Généralités

La CEI 60268-2 donne une explication générale de la non-linéarité.

14.12.2 Distorsion harmonique totale assignée – Caractéristique à spécifier

Valeur de la distorsion harmonique totale indiquée soit par le constructeur dans les spécifications, soit spécifiée par une norme de la CEI, au-dessus de laquelle le

fonctionnement de l'amplificateur est considéré comme inacceptable pour la fonction à laquelle il est destiné.

NOTE Les publications relatives aux recherches sur la perception de la distorsion par l'oreille humaine suggèrent qu'une valeur limite de la distorsion de l'ordre de 1 % est convenable pour la plupart des besoins. Le temps de récupération après surcharge (voir 14.6.5) a aussi une influence.

14.12.3 Distorsion harmonique totale dans les conditions normales de mesure

14.12.3.1 Caractéristique à spécifier

Distorsion harmonique totale lorsque l'amplificateur fonctionne dans les conditions normales de mesure.

Il est fortement recommandé au constructeur d'indiquer la valeur assignée dans les spécifications, pour les raisons données ci-dessous.

NOTE 1 Dans un système bien conçu, l'amplificateur fonctionne la plupart du temps avec une tension de sortie inférieure de 10 dB par rapport à la tension de sortie assignée limitée par la distorsion, en raison de la distribution de probabilité de l'amplitude des signaux de musique et de parole (d'où le choix de «conditions normales de mesure»).

NOTE 2 Cette caractéristique donne une appréciation correcte de la distorsion d'un amplificateur dans la mesure où sa valeur n'augmente pas pour des tensions de sortie plus basses par suite de la distorsion de raccordement. La distorsion harmonique totale assignée est par contre une valeur limitative choisie de façon arbitraire.

14.12.3.2 Méthode de mesure

- a) L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure et l'on mesure la tension de sortie U_2 .

Le niveau de la distorsion harmonique totale de la source des signaux doit être inférieur d'au moins 10 dB par rapport au niveau le plus faible de la distorsion à mesurer.

NOTE Pour une meilleure précision de mesure des tensions, on utilise un voltmètre mesurant la valeur efficace vraie, mais si la distorsion harmonique totale est inférieure à 10 %, l'erreur faite avec un voltmètre sensible à la valeur moyenne et gradué en valeur efficace pour un signal sinusoïdal est peu significative.

- b) On connecte aux bornes de sortie soit un filtre abaissant sélectivement la fréquence du signal d'entrée à une valeur inférieure de 10 dB par rapport à celle des composantes de distorsion, soit un filtre passe-haut présentant le même affaiblissement pour le fondamental du signal d'entrée et un affaiblissement faible et connu dans la bande correspondant à ses harmoniques.
- c) On mesure la tension de sortie U_2' (due à la distorsion) en la corrigeant si nécessaire, pour tenir compte de l'atténuation du filtre passe-bande.
- d) La valeur de la f.é.m. de source est réduite à zéro et l'on mesure la tension de sortie U_2'' . Cette tension doit être inférieure au tiers de U_2' , sinon l'influence du bruit est trop élevée et le résultat doit être rejeté. Dans un tel cas, on doit utiliser la méthode la plus longue mais la moins dépendante des mesures de la distorsion harmonique d'ordre n (voir 14.12.5).
- e) La distorsion harmonique totale dans les conditions normales de mesure peut être définie par les relations suivantes:

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

sous forme de pourcentage, ou:

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

en décibels (dB).

14.12.4 Distorsion harmonique totale en fonction de l'amplitude et de la fréquence

14.12.4.1 Caractéristique à spécifier

Distorsion harmonique totale déterminée pour différentes fréquences et différentes tensions de sortie.

NOTE 1 Si la distorsion harmonique totale est mesurée à une fréquence suffisamment élevée pour que les composantes du spectre des harmoniques (voir dernier alinéa du présent 14.12.4.1) se trouvent au-dessus de la limite supérieure du domaine utile de fréquences limité par le gain (voir 14.11.2), il est très probable que la valeur de la distorsion harmonique totale mesurée soit faible. Ce phénomène, qui dépend de la conception de l'amplificateur, peut induire en erreur. La fréquence du fondamental auquel ce phénomène se produit est d'autant plus basse que l'ordre du plus élevé des harmoniques significatifs est important.

Il est nécessaire de veiller à ce que les fréquences des composantes à distorsion élevée ne passent pas au-dessus de la limite supérieure de fréquence de l'analyseur.

NOTE 2 Par exemple, si la limite supérieure du domaine utile de fréquences limité par le gain est 30 kHz et le plus élevé des harmoniques significatifs est le cinquième, la fréquence la plus élevée du fondamental pour laquelle on valide la distorsion harmonique totale est (30/5) kHz, soit 6 kHz; si le plus élevé des harmoniques significatifs était le troisième, on pourrait cependant indiquer la distorsion harmonique totale pour des fréquences inférieures à (30/3) kHz, soit 10 kHz.

Le constructeur peut de manière facultative indiquer ces données dans les spécifications.

Le spectre des harmoniques produit par certains amplificateurs peut comprendre des harmoniques d'ordre élevé de niveau faible mais mesurable. La fréquence la plus élevée de la composante de ce spectre dont l'amplitude est significative peut généralement être prise comme l'harmonique le plus élevé dont la valeur efficace (voir 14.12.5) dépasse un tiers de la distorsion harmonique totale à la même fréquence du fondamental. Dans certains cas, un critère différent peut être nécessaire et il doit être indiqué.

14.12.4.2 Méthode de mesure

La procédure est la suivante.

- a) La distorsion harmonique totale est déterminée comme cela est indiqué en 14.12.3.2.
- b) Les mesures sont ensuite répétées à trois autres fréquences au moins jusqu'à la limite indiquée dans les notes du 14.12.4.1 et à d'autres valeurs de la tension de sortie U_2 jusqu'au niveau de sortie assigné limité par la distorsion et au-delà.

Pour s'assurer de la précision de chaque mesure, il est essentiel d'observer les précautions indiquées au point a) et de répéter l'essai conformément au point d) de 14.12.3.2.

- c) Les résultats de l'essai sont présentés sous forme graphique.

14.12.5 Distorsion harmonique d'ordre n dans les conditions normales de mesure

14.12.5.1 Caractéristique à spécifier

Distorsion harmonique dans les conditions normales de mesure due à la composante du signal de sortie de fréquence égale à l'harmonique d'ordre n .

Il est recommandé au constructeur d'indiquer, dans les spécifications, les valeurs assignées pour ces caractéristiques, au moins pour les valeurs de n comprises entre 2 et 5.

14.12.5.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure et la tension de sortie U_2 est mesurée.

- a) Un filtre passe-bande laissant passer uniquement la fréquence de l'harmonique à mesurer est connecté aux bornes de sortie. L'affaiblissement de ce filtre à la fréquence du signal d'entrée doit être supérieur d'au moins 10 dB au rapport entre la tension de sortie U_2 et la tension du plus petit harmonique à mesurer.
- b) Le niveau de la distorsion de l'harmonique d'ordre n de la source des signaux doit être inférieur d'au moins 10 dB au plus faible niveau de distorsion à mesurer. Au lieu de mesurer chaque harmonique à tour de rôle en utilisant des filtres passe-bande ou un analyseur d'ondes, on peut utiliser un analyseur de spectre afin de mesurer simultanément les amplitudes des divers composants de distorsion et du fondamental.

- c) La tension $U_{2,n}'$ à la sortie du filtre est mesurée et corrigée, si nécessaire, pour tenir compte de l'affaiblissement dans la bande passante du filtre. Il n'est pas indispensable d'utiliser un voltmètre donnant la valeur efficace vraie pour cette mesure en raison de l'étroitesse de la bande passante de mesure.
- d) On réduit à zéro la f.é.m. de source et l'on mesure la tension de sortie. Sauf si cette tension est inférieure au tiers de la tension $U_{2,n}'$, les mesures sont, en fait, affectées par le bruit et les signaux parasites, et il ne doit pas être tenu compte des résultats.
- e) La distorsion harmonique d'ordre n peut être déterminée par les relations suivantes:

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

sous forme de pourcentage, ou:

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

en décibels (dB).

14.12.6 Distorsion harmonique d'ordre n en fonction de l'amplitude et de la fréquence

14.12.6.1 Caractéristique à spécifier

Distorsion harmonique totale d'ordre n dans les conditions normales de mesure (voir 14.12.5), déterminée pour différentes fréquences et pour différentes tensions de sortie.

Le constructeur peut de manière facultative présenter ces données dans les spécifications.

NOTE 1 Cette méthode est recommandée lorsque la méthode à large bande de 14.12.4 est affectée par le bruit.

NOTE 2 Voir le dernier alinéa de 14.12.4.1.

14.12.6.2 Méthode de mesure

La procédure est la suivante.

- a) La distorsion harmonique d'ordre n est déterminée comme cela est indiqué en 14.12.5.2.
- b) Les mesures sont ensuite répétées au moins pour trois autres fréquences jusqu'à la limite indiquée dans les notes de 14.12.4.1, et pour d'autres valeurs de la tension de sortie U_2 jusqu'à la tension assignée de sortie limitée par la distorsion et au-delà, ainsi que pour des harmoniques d'ordres différents.
- c) Il est essentiel, pour s'assurer de l'exactitude de chaque mesure, de répéter l'essai conformément au point d) de 14.12.5.2.
- d) La distorsion harmonique totale peut être déterminée dans les conditions fixées par les relations suivantes:

$$d_{\text{tot}} = \frac{[\sum_{n=2}^{\infty} U_{2,n}'^2]^{1/2}}{U_2} \times 100 \%$$

sous forme de pourcentage, ou:

$$L_{d,\text{tot}} = 20 \lg (d_{\text{tot}}/100)$$

en décibels (dB).

- e) Les résultats de l'essai sont présentés sous forme graphique.

14.12.7 Distorsion de modulation d'ordre n (pour $n = 2$ ou $n = 3$)

14.12.7.1 Caractéristique à spécifier

Il convient de spécifier les caractéristiques suivantes.

- a) Distorsion de modulation d'ordre 2

Si f_1 et f_2 sont les fréquences de deux signaux sinusoïdaux d'entrée dont le rapport d'amplitude est indiqué, la distorsion de modulation du second ordre est donnée par le

rapport entre la somme arithmétique des tensions de sortie aux fréquences $f_2 + f_1$ et $f_2 - f_1$ et la tension de sortie à la fréquence f_2 .

b) Distorsion de modulation d'ordre 3

Si f_1 et f_2 sont les fréquences de deux signaux sinusoïdaux d'entrée dont le rapport d'amplitude est indiqué, la distorsion de modulation d'ordre 3 est donnée par le rapport entre la somme arithmétique des tensions de sortie aux fréquences $f_2 + 2f_1$ et $f_2 - 2f_1$ et la tension de sortie à la fréquence f_2 .

A moins d'utiliser un analyseur de spectre, ce qui permet d'identifier immédiatement les diverses composantes de la tension de sortie, il convient de choisir f_1 et f_2 de sorte que la valeur de $f_2 - 2f_1$ soit de préférence plus élevée que celle de la fréquence de l'harmonique le plus significatif de f_1 ; toutefois, si l'harmonique le plus significatif est le cinquième, il convient alors que la valeur de f_1 ne dépasse pas $f_2/8$.

Il est souhaitable que la valeur de f_1 soit supérieure de 0,5 octave à 1,5 octave par rapport à la limite inférieure du domaine utile de fréquences et que f_2 soit inférieure de 0,5 octave à 1,5 octave par rapport à la limite supérieure de ce domaine.

Si l'amplificateur à mesurer comporte un dispositif d'égalisation, le rapport des amplitudes doit être réglé à la valeur spécifiée, de préférence 4/1, aux bornes où, lorsque l'amplificateur est utilisé, la distribution spectrale du signal est normale (habituellement l'entrée ou la sortie de l'amplificateur). Par exemple, dans le cas d'un amplificateur muni d'un égaliseur pour tête de lecture magnétique de disques analogiques, le spectre normal du signal est obtenu à la sortie tandis que, dans le cas de l'amplificateur d'enregistrement d'un magnétophone, c'est à l'entrée que le spectre est normal.

Il est recommandé au constructeur d'indiquer ces données dans les spécifications.

14.12.7.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.

- Il est ensuite relié à deux sources respectivement de fréquences f_1 et f_2 , par l'intermédiaire pour chacune d'un interrupteur et d'une résistance en série de valeur au moins égale à 10 fois l'impédance assignée de source de l'amplificateur, une résistance de dérivation étant placée en parallèle entre les bornes d'entrée de l'amplificateur (voir Figure 6). La valeur résultante de cette résistance de dérivation en parallèle avec les résistances en série doit être égale à l'impédance assignée de source de l'amplificateur.
- Chacune des sources étant connectée tour à tour au moyen de l'interrupteur, on règle la valeur de la f.é.m. de source à la fréquence f_1 de manière à obtenir une tension de sortie U_{2,f_1} inférieure de 12 dB par rapport à la tension assignée de sortie et l'on règle (pour avoir le rapport d'amplitude 4/1) la valeur de la f.é.m. de source à la fréquence f_2 de manière à obtenir une tension de sortie U_{2,f_2} inférieure de 24 dB par rapport à la tension assignée de sortie.
- Les deux sources sont ensuite connectées simultanément et un filtre passe-bande laissant passer la fréquence de mesure appropriée: $f_2 + f_1$, $f_2 - f_1$, $f_2 + 2f_1$ ou $f_2 - 2f_1$ connectées entre la résistance de charge de sortie et le voltmètre. L'affaiblissement de ces filtres passe-bande aux autres fréquences doit être suffisant pour obtenir une mesure précise.
- La tension de sortie (U_{2,f_2+f_1} , etc.) est mesurée de façon sélective et corrigée pour tenir compte de l'affaiblissement du filtre dans sa bande, et les mesures sont répétées pour les autres composantes de la distorsion, si nécessaire.
- Les mesures peuvent être répétées pour d'autres valeurs de la tension d'entrée en gardant leur rapport d'amplitude de 4/1.
- Les tensions dues au bruit et à d'autres signaux parasites ne doivent pas dépasser 1/3 de la tension de la composante à mesurer. On peut s'en assurer en réduisant la f.é.m. de source à zéro.
- La distorsion de modulation d'ordre 2 peut être déterminée par la relation suivante:

$$d_{m,2} = \frac{U'_{2,f_2+f_1} + U'_{2,f_2-f_1}}{U_2} \times 100 \%$$

sous forme de pourcentage de la tension de sortie à la fréquence f_2 , ou par

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

sous forme de pourcentage de la tension de sortie de référence, si le rapport des amplitudes est de 4/1.

h) La distorsion de modulation d'ordre 3 peut être déterminée par la relation suivante:

$$d_{m,3} = \frac{U'_{2,f_2+2f_1} + U'_{2,f_2-2f_1}}{U_2} \times 100 \%$$

sous forme de pourcentage de la tension de sortie à la fréquence f_2 , ou par

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

sous forme de pourcentage de la tension de sortie de référence, si le rapport des amplitudes est de 4/1.

Il convient que les résultats de mesure soient présentés soit graphiquement, en fonction de la fréquence et de la tension de sortie de référence, soit par des valeurs inférieures à 10, de préférence dans les conditions normales de mesure.

En raison de la présence de deux signaux incohérents dans l'amplificateur, l'amplitude du signal crête à crête est égale (mis à part les effets de la non-linéarité) à la somme des amplitudes du signal crête à crête des deux signaux sinusoïdaux.

La tension de sortie de référence utilisée pour exprimer les résultats est par conséquent choisie pour être égale à la somme des tensions de sortie dues aux composantes sinusoïdales.

Pour un rapport d'amplitude de 4/1, la tension de sortie de référence est égale à

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

14.12.8 Distorsion par différence de fréquence d'ordre n (pour $n = 2$ ou 3)

14.12.8.1 Caractéristique à spécifier

Il convient de spécifier les caractéristiques suivantes.

a) Distorsion par différence de fréquence d'ordre 2

Si f_1 et f_2 sont les fréquences des deux signaux sinusoïdaux d'égale amplitude, de différence de fréquence spécifiée, la distorsion par différence de fréquence du second ordre est donnée par le rapport entre la tension de sortie U_{2,f_2-f_1} pour la fréquence f_2-f_1 et la tension de référence $U_{2,\text{ref}}$, qui est égale à deux fois la tension de sortie U_{2,f_2} .

b) Distorsion par différence de fréquence d'ordre 3

Les signaux étant ceux du point a), la distorsion par différence de fréquence d'ordre 3 est donnée par le rapport entre la somme arithmétique des tensions de sortie respectivement aux fréquences $2f_2-f_1$ et $2f_1-f_2$, et la tension de référence $U_{2,\text{ref}}$ qui est égale à deux fois la tension de sortie U_{2,f_2} .

Il est recommandé au fabricant de présenter ces données dans les spécifications.

14.12.8.2 Méthode de mesure

L'amplificateur est placé dans les conditions normales de mesure.

- a) Il est ensuite relié à deux sources respectivement de fréquence f_1 et f_2 par l'intermédiaire pour chacun d'un interrupteur et d'une résistance en série de valeur au moins égale à 10 fois l'impédance assignée de source de l'amplificateur, une résistance de dérivation étant placée en parallèle entre les bornes d'entrée de l'amplificateur (voir Figure 6). La résultante de cette résistance de dérivation en parallèle avec les résistances en série doit être égale à l'impédance assignée de source de l'amplificateur.

NOTE 1 Les résistances en série et de dérivation sont destinées à empêcher l'intermodulation des sources de signal. On peut utiliser d'autres méthodes si elles sont équivalentes.

- b) Les fréquences de source f_1 et f_2 sont réglées de façon à ce que leur différence soit de 80 Hz, à moins qu'il y ait une raison valable de faire un autre choix.
- c) Chacune des sources est connectée tour à tour au moyen de l'interrupteur, les f.é.m. de source de chacune étant réglées de façon à produire une tension de sortie $U_{2,f1}$ ou $U_{2,f2}$ respectivement, inférieure de 16 dB par rapport à la tension de sortie assignée (moitié de la tension dans les conditions normales de mesure).
- d) Les deux sources sont connectées simultanément et on place en sortie un filtre passe-bande laissant passer les fréquences de mesure appropriées $f_2 - f_1$, $2f_1 - f_2$ ou $2f_2 - f_1$. L'affaiblissement du filtre passe-bande aux autres fréquences doit être suffisant pour obtenir une mesure précise.
- e) La tension de sortie due à la composante correspondante de la distorsion est mesurée et corrigée pour tenir compte de l'affaiblissement du filtre dans la bande passante. Les mesures sont répétées pour les autres composantes de la distorsion, si nécessaire.

NOTE 2 Un analyseur de spectre peut être utilisé pour mesurer toutes les composantes simultanément.

- f) Les tensions dues au bruit et à d'autres signaux parasites ne doivent pas dépasser le tiers de la tension de la composante en cours de mesure. On peut s'en assurer en réduisant les f.é.m. de source à zéro.
- g) La distorsion par différence de fréquence d'ordre 2 peut être déterminée sous forme de pourcentage par la relation suivante:

$$d_{d,2} = \frac{U_{2,f2-f1}}{U_{2,ref}} \times 100 \%$$

La distorsion par différence de fréquence d'ordre 3 peut être déterminée sous forme de pourcentage par la relation suivante:

$$d_{d,3} = \frac{U_{2,2f2-f1} + U_{2,2f1-f2}}{U_{2,ref}} \times 100 \%$$

- h) Les mesures peuvent être répétées pour d'autres valeurs de source de f.é.m. de source et pour d'autres valeurs de la fréquence moyenne de mesure f_m . Pour les mesures aux fréquences plus basses, il convient de veiller à ce que la sélectivité du filtre passe-bande indiqué au point d) soit suffisante pour distinguer la composante d'ordre 2 de la composante d'ordre 3 qui est de fréquence très voisine.
- i) En raison de la présence de deux signaux non cohérents dans l'amplificateur, l'amplitude crête à crête du signal est égale à deux fois celle de chacun d'eux considérés séparément. La tension de sortie de référence $U_{2,ref}$ est par conséquent choisie égale à deux fois la valeur mesurée pour f_2 , soit $U_{2,ref} = 2U_{2,f2}$.
- j) Il convient que les résultats de mesure soient présentés soit graphiquement en fonction de la fréquence et de la tension de sortie de référence, soit sous forme de valeurs inférieures à 10, de préférence, dans les conditions normales de mesure.
- k) Dans cette méthode de mesure, on suppose que la courbe de réponse amplitude/fréquence est plate. Lorsque la mesure s'applique à des circuits dont la réponse dépend de la fréquence, par exemple des préamplificateurs utilisant un circuit d'égalisation, un circuit approprié doit être placé à l'entrée pour permettre d'obtenir dans l'amplificateur en essai et à sa sortie un signal d'essai de distribution spectral quasi normal.

Dans ce cas, le rapport des amplitudes est réglé à la valeur spécifiée, de préférence 1/1 en un point tel que, lorsque l'amplificateur est utilisé, la distribution spectrale du signal est