

**NORME
INTERNATIONALE**

**CEI
IEC**

**INTERNATIONAL
STANDARD**

60151-10

Première édition
First edition
1966-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

Partie 10:

**Méthodes de mesure de la puissance de sortie
en audiofréquence et de la distorsion**

**Measurements of the electrical properties
of electronic tubes and valves**

Part 10:

**Methods of measurement of audio-frequency
output power and distortion**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-10: 1966

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60151-10

Première édition
First edition
1966-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

Partie 10:

**Méthodes de mesure de la puissance de sortie
en audiofréquence et de la distorsion**

**Measurements of the electrical properties
of electronic tubes and valves**

Part 10:

**Methods of measurement of audio-frequency
output power and distortion**

© IEC 1966 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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 l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

F

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES
ÉLECTRONIQUES**

**Dixième partie: Méthodes de mesure de la puissance de sortie en audiofréquence
et de la distorsion**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 39 de la CEI: Tubes électroniques.

Elle fait partie d'une série de publications traitant des mesures des caractéristiques électriques des tubes électroniques. Le catalogue des publications de la CEI donne tous renseignements sur les autres parties de cette série.

Le premier projet fut discuté lors d'une réunion tenue à Nice en 1962, à la suite de quoi un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1963.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de cette dixième partie:

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Belgique	Pays-Bas
Chine (République Populaire de)	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Corée (République Démocratique Populaire de)	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC
TUBES AND VALVES**

Part 10: Methods of measurement of audio-frequency output power and distortion

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 39, Electronic Tubes and Valves.

It forms one of a series dealing with the measurement of the electrical properties of electronic tubes and valves and reference should be made to the current catalogue of IEC Publications for information on the other parts of the series.

The first draft was discussed at a meeting held in Nice in 1962 and, as a result, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1963.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 10:

Belgium	Korea (Democratic People's Republic of)
China (People's Republic of)	Netherlands
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Dixième partie: Méthodes de mesure de la puissance de sortie en audiofréquence et de la distorsion

1. Domaine d'application

Cette recommandation est fondée sur la pratique courante des mesures de la puissance de sortie en audiofréquence et de la distorsion. Elle ne doit pas être considérée comme une recommandation prise au sens de « norme », car une description plus détaillée des méthodes de mesure est nécessaire si l'on veut que les résultats des mesures basées sur ces principes soient comparables dans des tolérances définies.

2. Puissance de sortie en audiofréquence

2.1 Définition (VEI 07-27-100, deuxième édition)

La puissance de sortie d'un tube électronique (fonctionnant en audiofréquence) est la puissance fournie par ce tube à la charge dans l'électrode de sortie.

2.2 Méthodes de mesure

La mesure est effectuée en appliquant à l'électrode d'entrée du tube un signal sinusoïdal de fréquence et d'amplitude données. La fréquence est en général choisie entre 400 Hz et 1 000 Hz.

La tension de l'électrode de sortie (valeur efficace) doit être mesurée entre le point où la charge est branchée sur l'électrode de sortie et le point de référence, le signal étant appliqué à l'électrode d'entrée.

La résistance de charge peut être insérée soit directement dans le circuit du tube (figure 1, page 10), soit par l'intermédiaire d'une inductance et d'un condensateur (couplage capacitif, figure 2, page 10), soit par l'intermédiaire d'un transformateur (figure 3, page 10).

Dans ces deux derniers cas, les réactances des dispositifs de couplage doivent avoir un effet négligeable.

La mesure de la tension aux bornes de la charge, ou du courant dans le circuit de charge, permet de déterminer la puissance de sortie; si une inductance ou un transformateur est utilisé, les pertes correspondantes doivent être ajoutées à la puissance de sortie mesurée.

La mesure de puissance peut s'effectuer en prenant comme paramètre:

- 2.2.1 Soit la tension d'excitation sur l'électrode d'entrée, dans ce cas, on peut aussi mesurer la distorsion correspondante du signal de sortie.
- 2.2.2 Soit la distorsion du signal de sortie, dans ce cas, on peut aussi mesurer la tension d'excitation sur l'électrode d'entrée.
- 2.2.3 Soit le point d'apparition du courant positif de grille dans l'électrode d'entrée, dans ce cas, on peut aussi mesurer la distorsion correspondante du signal de sortie.

2.3 Précautions

Les sources d'alimentation doivent être correctement découplées.

L'impédance du générateur de signal doit être faible par rapport à l'impédance minimale de l'électrode d'entrée, de façon à ne pas introduire de distorsion sensible si un courant d'électrode d'entrée venait à apparaître.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 10: Methods of measurement of audio-frequency output power and distortion

1. Scope

This Recommendation is based on current practice of the measurement of audio-frequency output power and distortion. It should not be regarded as a Recommendation in the sense of a standard, because a more detailed description of the measuring methods is needed if measuring results on the basis of these principles have to be comparable within definite tolerances.

2. Audio-frequency output power

2.1 Definition (IEV 07-27-100, second edition)

The output power of an electronic tube or valve (operating at audio-frequency) is the power supplied to the load by the electronic tube or valve at the output electrode.

2.2 Methods of measurement

The measurement is carried out by applying to the input electrode of the tube or valve a sinusoidal signal of given frequency and amplitude. The frequency is in general chosen between 400 Hz (c/s) and 1 000 Hz (c/s).

The voltage of the output electrode (r.m.s. value) should be measured between the point where the load is connected to the output electrode and the reference point, the signal being applied to the input electrode.

The load resistance may be inserted either directly into the tube or valve circuit (Figure 1, page 10) or by means of a choke and a capacitor (capacitance coupling, Figure 2, page 10) or through a transformer (Figure 3, page 10).

In these latter two cases, the reactances of the coupling devices shall have a negligible effect.

Measurement of the voltage at the terminals of the load resistance, or of the current in its circuit, enables the output power to be determined; if a choke or a transformer is used, the resultant loss shall be added to the measured output power.

The power measurement can be carried out by taking as a parameter:

- 2.2.1 Either the excitation voltage on the input electrode, in which case, the corresponding output signal distortion may also be measured.
- 2.2.2 Or the output signal distortion, in which case, the corresponding excitation voltage on the input electrode may also be measured.
- 2.2.3 Or the point of start of positive grid current for the input electrode, in which case, the corresponding output signal distortion may also be measured.

2.3 Precautions

The supply sources should be correctly decoupled.

The impedance of the signal generator should be low compared with the minimum impedance of the input electrode, in order not to introduce any noticeable distortion if an input electrode current starts to flow.

Les instruments de mesure en courant alternatif doivent mesurer les valeurs efficaces quel que soit le facteur de forme.

2.4 Conditions de mesure

Pour chaque type de tube les conditions suivantes doivent être définies:

- les tensions d'alimentation à appliquer aux électrodes, et la tension ou le courant de chauffage;
- les impédances dans les connexions d'électrodes;
- la fréquence et le facteur de distorsion maximal du signal à appliquer à l'électrode d'entrée.
- la méthode choisie (paragraphe 2.2.1, 2.2.2 ou 2.2.3) et la valeur du paramètre correspondant.

3. Distorsion

3.1 Définitions

3.1.1 La *distorsion* est la déformation d'une onde ou d'un phénomène périodique au cours de la transmission (VEI 05-03-155, deuxième édition).

3.1.2 Le *facteur de distorsion* ou *taux d'harmoniques total* est le rapport entre la valeur efficace de l'ensemble des harmoniques et la valeur efficace de la grandeur non sinusoïdale.

Le facteur de distorsion D s'exprime par:

$$D = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}}{V}$$

où V = tension efficace du signal

$V_2, V_3, \dots, V_n$ = tensions efficaces des 2^e, 3^e, ..., n^e, harmoniques.

Le facteur de distorsion D s'exprime généralement en pourcentage.

3.2 Méthodes de mesure

Selon le degré de raffinement requis, le facteur de distorsion peut être mesuré en utilisant l'une des méthodes suivantes.

Des modifications de détail peuvent être apportées aux circuits de base donnés comme exemples, pourvu qu'elles ne changent ni le principe de la mesure, ni le degré de raffinement du circuit.

Toute modification doit maintenir le degré de corrélation désiré entre les résultats de mesure.

3.2.1 Méthode A

Pour les mesures de laboratoire, le circuit recommandé est un pont à résonance (figure 4, page 11).

3.2.1.1 Description

L'amplificateur apériodique, suivi d'un voltmètre quadratique, est connecté à travers un transformateur à écran, soit à la diagonale du pont (position 1), soit aux bornes d'une fraction r du potentiomètre R (position 2).

Dans le premier cas, on réalise l'équilibre du pont pour la composante fondamentale. La tension à mesurer n'étant pas parfaitement sinusoïdale, la déviation du voltmètre V dépend de la quantité d'harmoniques. En choisissant l'inductance L suffisamment grande pour que l'impédance du bras sélectif du pont soit beaucoup plus élevée que les résistances dans les trois autres bras, on peut dire que la tension V_o donnée par le voltmètre quadratique est égale à la moitié de la tension des harmoniques:

$$V_o = \frac{1}{2} V_{\text{eff.}} \text{ (harmoniques).}$$

The a.c. measuring instruments should read r.m.s. values irrespective of the form factor.

2.4 Measuring conditions

For each type of tube or valve the following conditions should be defined:

- the supply voltages to be applied to the electrodes, and the heater voltage or current;
- the impedances in the electrode leads;
- the frequency and maximum distortion factor of the signal applied to the input electrode;
- the chosen method (Sub-clauses 2.2.1, 2.2.2 or 2.2.3) and the value of the corresponding parameter.

3. Distortion

3.1 Definitions

3.1.1 *Distortion* is the deformation of a wave or of a periodic phenomenon in the course of transmission (IEV 05-03-155, second edition).

3.1.2 The *distortion factor* or *total harmonic content* is the ratio of the r.m.s. value of the harmonic content to the r.m.s. value of the non-sinusoidal quantity.

The distortion factor D is expressed by:

$$D = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}}{V}$$

where V = r.m.s. voltage of the signal

$V_2, V_3, \dots, V_n$ = r.m.s. voltages of the 2nd, 3rd, ... nth harmonics.

The distortion factor D is usually expressed as a percentage.

3.2 Methods of measurement

According to the degree of refinement required, the distortion factor can be measured using one of the following methods.

Modifications of detail may be made to the basic circuits given as examples, provided they do not change either the principle of measurement or the degree of refinement of the circuit.

Any changes made should maintain the required correlation of the measuring results.

3.2.1 Method A

For laboratory measurements, the recommended circuit (Figure 4, page 11) is a tuned bridge.

3.2.1.1 Description

The aperiodic amplifier, followed by a square-law voltmeter, is connected through a shielded transformer either to the diagonal arm of the bridge (position 1) or to a fraction r of the potentiometer R (position 2).

In the first case, the bridge is balanced for the fundamental component. As the voltage to be measured is not perfectly sinusoidal, the deviation of voltmeter V depends on the quantity of harmonics. By choosing the inductance L high enough for the impedance of the selective arm of the bridge to be much greater than the resistances in the three other arms, it is possible to assume that the voltage V_o given by the square law voltmeter is equal to half the voltage of the harmonics:

$$V_o = \frac{1}{2} V_{\text{rms}} (\text{harmonics}).$$

Dans le second cas, le potentiomètre R est réglé jusqu'à ce qu'on obtienne la même déviation V_o sur le voltmètre. Alors :

$$V_o = \frac{r}{R} V_{\text{eff. total}}$$

$$\text{ainsi : } \frac{r}{R} V_{\text{eff. total}} = \frac{1}{2} V_{\text{eff. harmoniques}}$$

$$\text{et le facteur de distorsion } D = \frac{V_{\text{eff. harmoniques}}}{V_{\text{eff. total}}} = 2 \frac{r}{R}$$

3.2.1.2 Précautions

La fréquence du signal doit être maintenue constante et les ronflements doivent être éliminés.

Les valeurs de R et R_1 sont de l'ordre de 100 ohms.

3.2.2 Méthode B

Pour les mesures usuelles ou de fin de chaîne, un circuit à filtre est recommandé (figure 5, page 11).

3.2.2.1 Description

Les harmoniques sont séparés de la fréquence fondamentale à l'aide d'un filtre passe-haut, dont la fréquence de coupure se trouve entre la fréquence fondamentale f_o et la fréquence harmonique $2f_o$.

Le potentiomètre R est réglé jusqu'à ce qu'on obtienne la même lecture sur le voltmètre V en position 2 et en position 1.

Ainsi, le facteur de distorsion D est donné par :

$$D = \frac{r}{R}$$

3.2.2.2 Précaution

Le filtre doit être suffisamment efficace lorsque les taux d'harmoniques à mesurer sont faibles.

3.2.2.3 Remarques

Avec ce circuit, il n'est plus nécessaire de disposer d'une source à fréquence constante et les ronflements ne posent pas de problème.

Par contre, le circuit n'est utilisable que pour une seule fréquence. De plus, l'extinction du terme fondamental n'est pas complète, ce qui limite la précision.

3.2.2.4 Variante

Une variante de cette méthode utilise des filtres sélectifs, éventuellement ajustables selon la fréquence, ce qui permet d'obtenir la valeur du taux d'harmoniques total à partir des taux d'harmoniques partiels.

In the second case, the potentiometer R is adjusted till the same deviation V_o is obtained on the voltmeter. Then:

$$V_o = \frac{r}{R} V_{\text{rms total}}$$

$$\text{thus: } \frac{r}{R} V_{\text{rms total}} = \frac{1}{2} V_{\text{rms harmonics}}$$

$$\text{and distortion factor } D = \frac{V_{\text{rms harmonics}}}{V_{\text{rms total}}} = 2 \frac{r}{R}$$

3.2.1.2 Precautions

The signal frequency should be kept constant and hum should be eliminated.

The values of R and R_1 are of the order of 100 ohms.

3.2.2 Method B

For routine or end of production line measurements, a filter circuit is recommended (Figure 5, page 11).

3.2.2.1 Description

The harmonics are separated from the fundamental frequency by means of a high-pass filter, the cut-off frequency of which lies between the fundamental frequency f_o and the harmonic frequency $2f_o$.

The potentiometer R is adjusted till the same reading on the voltmeter V is obtained in position 2 as in position 1.

Thus, the distortion factor D is given by:

$$D = \frac{r}{R}$$

3.2.2.2 Precaution

The filter has to be sufficiently effective when the harmonic content is low.

3.2.2.3 Remarks

With such a circuit, it is no longer necessary to use a source having a constant frequency and hum is not a problem.

On the other hand, the circuit is only utilizable for one frequency. Furthermore, the elimination of the fundamental term is not complete, which limits the accuracy.

3.2.2.4 Variant

A variant of this method makes use of selective filters, possibly adjustable according to the frequency, which enables values of the total harmonic content to be obtained from individual harmonic contents.
