

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60151-11

Première édition
First edition
1966-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 11:
Méthodes de mesure de la puissance de sortie
en radiofréquence**

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

**Part 11:
Methods of measurement of radio-frequency
output power**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-11: 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**

60151-11

Première édition
First edition
1966-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 11:
Méthodes de mesure de la puissance de sortie
en radiofréquence**

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

**Part 11:
Methods of measurement of radio-frequency
output power**

© 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

G

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Objet	6
2. Définitions	6
3. Théorie	6
4. Conditions de mesure	8
5. Mesure de la puissance dissipée dans la charge	8
6. Mesure de la puissance dissipée par les électrodes	8
7. Mesure de la puissance d'attaque de grille ou puissance d'excitation	10

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Theory	7
4. Measuring conditions	9
5. Measurement of the power dissipated in the load	9
6. Measurement of the power dissipated in the electrodes	9
7. Measurement of the grid driving power or excitation power	11

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES
ÉLECTRONIQUES**

Onzième partie : Méthodes de mesure de la puissance de sortie en radiofréquence

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I 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

Le 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 Interlaken en 1961, 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 onzième partie:

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 11 : Methods of measurement of radio-frequency output power

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. 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 Interlaken in 1961 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 11:

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

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Onzième partie : Méthodes de mesure de la puissance de sortie en radiofréquence

1. Objet

Cette recommandation est fondée sur la pratique courante des mesures de puissance de sortie en radiofréquence. 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. Définitions

- 2.1 *La puissance de sortie en radiofréquence* d'un tube électronique est la puissance radiofréquence totale fournie par les bornes de sortie du tube au circuit relié à ces bornes, circuit qui comprend la charge.
- 2.2 *La puissance de sortie utile en radiofréquence* d'un tube électronique est la partie de la puissance de sortie en radiofréquence (définie ci-dessus) qui est fournie à la charge proprement dite.

3. Théorie

Le tube considéré peut être utilisé de plusieurs façons; quelques cas importants sont indiqués ci-dessous:

a) Oscillateur

- 1) Cathode à la masse (cathode commune).
- 2) Grille à la masse (grille commune).

b) Amplificateur

- 1) Cathode à la masse (cathode commune).
- 2) Grille à la masse (grille commune).

Pour obtenir la valeur de la puissance de sortie utile, les pertes radiofréquence dans le circuit de sortie n'appartenant pas directement à la charge doivent être soustraites de la puissance de sortie radiofréquence totale. Dans les cas a), la puissance radiofréquence renvoyée par le circuit de sortie dans le circuit d'entrée du tube doit aussi être soustraite.

Dans les cas b), une partie de la puissance radiofréquence fournie au circuit de sortie provient de l'étage d'excitation.

Dans les cas où la partie de la puissance de sortie provenant de l'étage d'excitation peut être négligée, la puissance de sortie en radiofréquence est aussi la différence entre la puissance fournie au tube par la source d'alimentation anodique et la puissance dissipée sur l'anode par suite du bombardement.

La dissipation totale sur l'anode comprend la majeure partie de la chaleur rayonnée par les grilles et par le filament (ou la cathode).

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 11 : Methods of measurement of radio-frequency output power

1. Scope

This Recommendation is based on current practice on the measurement of radio-frequency output power. 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. Definitions

- 2.1 *The radio-frequency output power* of an electronic tube or valve is the total radio-frequency power flowing from the tube or valve output terminals into the circuit connected to these terminals, in which circuit the load is incorporated.
- 2.2 *The useful radio-frequency output power* of an electronic tube or valve is that part of the radio-frequency output power (as defined above) which flows in the load proper.

3. Theory

The tube or valve considered can be used in several ways; some important cases are listed below:

a) Self-oscillating circuit

- 1) Grounded cathode circuit (common cathode).
- 2) Grounded grid circuit (common grid).

b) Driven amplifier circuit

- 1) Grounded cathode circuit (common cathode).
- 2) Grounded grid circuit (common grid).

To obtain the value of the useful radio-frequency output power, the radio-frequency losses in the output circuit which do not belong to the load proper must be subtracted from the total radio-frequency output power. In cases *a)*, the radio-frequency power fed back from the output circuit into the input circuit of the tube or valve must also be subtracted.

In cases *b)*, part of the radio-frequency power flowing into the output circuit is delivered by the driver stage.

In those cases where that part of the output power supplied by the driver stage may be neglected, the radio-frequency output power is also the difference between the power delivered to the tube or valve by the anode supply source and that part of the power dissipated in the anode by bombardment.

The total dissipation in the anode includes the major part of the heat radiated by the grids and by the filament (or cathode).

4. Conditions de mesure

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

- la tension de chauffage;
- les tensions d'alimentation des électrodes;
- la fréquence minimale de mesure;
- le courant anodique maximal;
- les caractéristiques d'excitation (par exemple: la valeur moyenne du courant de grille de commande, les valeurs de la résistance de grille associée, de l'impédance de source);
- le temps de fonctionnement préliminaire nécessaire à obtenir la stabilité.

5. Mesure de la puissance dissipée dans la charge

La puissance dissipée dans la charge peut se mesurer par plusieurs méthodes. Il est recommandé d'utiliser la méthode la mieux adaptée à l'ordre de grandeur de la puissance à mesurer et à la gamme de fréquences dans laquelle les mesures sont faites.

Chaque méthode de mesure nécessite:

5.1 *Un dispositif pour dissiper la puissance, par exemple*

- une lampe de charge;
- une résistance (à refroidissement naturel ou forcé);
- une ligne de transmission.

5.2 *Une méthode de mesure de puissance, telle que*

- la mesure directe de puissance avec un wattmètre;
- la mesure de la tension aux bornes d'une charge d'impédance connue (ou la mesure du courant traversant cette charge);
- la mesure de l'intensité lumineuse d'une lampe de charge (photomètre);
- une mesure de température (thermocouple, thermomètre, thermistance);
- l'utilisation d'un coupleur directionnel.

6. Mesure de la puissance dissipée par les électrodes

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, selon le type de refroidissement du tube électronique:

- radiation;
- conduction;
- convection.

6.1 *Dissipation anodique*

6.1.1 *Méthode pyrométrique*

Cette méthode ne s'applique que lorsque le rayonnement anodique se trouve dans le spectre visible.

La température du point le plus chaud et de deux autres points est mesurée avec un pyromètre optique. En répétant les mêmes mesures avec le tube électronique en fonctionnement dans des

4. Measuring conditions

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

- heater or filament voltage;
- supply voltages to the electrodes;
- minimum frequency of measurement;
- maximum anode current;
- driving characteristics (e. g. the average value of the control grid current, the values of the associated grid resistor, the source impedance);
- the preliminary operating time to obtain stability.

5. Measurement of the power dissipated in the load

The power dissipated in the load can be measured by several methods. It is recommended to use that method which is the best fitted to the magnitude of the power to be measured and to the frequency range in which the measurements are made.

Each measuring method requires:

5.1 *A device for power dissipation, such as*

- load lamp;
- resistor (with natural or forced cooling);
- transmission line.

5.2 *A method for power measurement, such as*

- direct power measurement using a wattmeter;
- voltage measurement across a load of known impedance (or measurement of the current flowing through that load);
- measurement of the light intensity of a load lamp (photometer);
- temperature measurement (thermocouple, thermometer, thermistor);
- directional coupler.

6. Measurement of the power dissipated in the electrodes

Several methods can be used, depending on the main type of cooling of the electronic tube or valve:

- radiation;
- conduction;
- convection.

6.1 *Anode dissipation*

6.1.1 *Pyrometer method*

This method is only applicable when the radiation of the anode is in the visible spectrum.

The temperature of the hottest point and of two other points is measured with an optical pyrometer. By doing the same measurements with the electronic tube or valve operating under static

conditions statiques, une valeur approchée de la puissance dissipée par l'anode peut être obtenue. Plus la répartition de température dans les conditions statiques est proche de celle obtenue dans les conditions dynamiques, meilleure est l'approximation.

6.1.2 *Méthode du thermocouple*

L'énergie rayonnée par l'anode est concentrée sur un thermocouple au moyen d'un cône à parois réfléchissantes, disposé d'un côté de l'anode. La même mesure faite avec le tube fonctionnant dans des conditions statiques donne une valeur approchée de la puissance dissipée par l'anode pourvu que la dissipation des autres électrodes ne soit pas sensiblement différente de celle obtenue dans des conditions dynamiques.

Plus la répartition de température dans les conditions statiques est proche de celle obtenue dans les conditions dynamiques, meilleure est l'approximation.

6.1.3 *Méthode du calorimètre*

Le tube est immergé dans un fluide en circulation. La puissance dissipée totale peut être calculée à partir de la mesure du débit du fluide ainsi que de l'élévation de température entre l'entrée et la sortie, après stabilisation des températures. Connaissant la puissance dissipée dans le filament, une valeur approchée de la puissance dissipée par l'anode peut être calculée si la valeur de la puissance dissipée par la grille est connue (voir paragraphe 6.2).

6.1.4 *Méthode d'intégration graphique*

La dissipation anodique due au bombardement peut être calculée à partir des courbes caractéristiques du tube.

6.2 *Dissipation de grille*

Les méthodes suivantes ne sont applicables qu'à des fréquences suffisamment basses pour que le temps de transit soit négligeable. L'émission secondaire de la grille doit aussi être négligeable.

6.2.1 *Méthode du courant de grille continu*

Le produit de 0,9 fois le courant continu de grille par la valeur positive de crête de la tension de la grille par rapport à la cathode donne une valeur approchée de la dissipation de grille.

6.2.2 *Méthode d'intégration graphique*

La dissipation de grille peut être calculée à partir des courbes caractéristiques du tube.

7. **Mesure de la puissance d'attaque de grille ou puissance d'excitation**

7.1 *Méthode de substitution*

Le tube est remplacé par une charge étalonnée que l'on ajuste jusqu'à ce que les mêmes conditions de fonctionnement soient obtenues pour l'étage pilote. La puissance mesurée dans cette charge représente la puissance d'excitation.

7.2 *Emploi d'une ligne de mesure*

On intercale entre l'étage d'excitation et le tube une section de ligne de mesure d'une longueur électrique multiple de la demi-longueur d'onde. Les tensions $V_{\max}$ et $V_{\min}$ sont mesurées le

conditions, only an approximate value of the power dissipated by the anode can be obtained. The approximation is more accurate the nearer the temperature distribution under static conditions approaches that under dynamic conditions.

6.1.2 *Thermocouple method*

The energy radiated by the anode is focused on a thermocouple by means of a conical tubing with reflecting walls placed on one side of the anode. The same measurements made with the tube or valve operating under static conditions gives an approximate value of the dissipated anode power, provided the dissipation of the other electrodes is not appreciably different from that under dynamic conditions.

The approximation is more accurate the nearer the temperature distribution under static conditions approaches that under dynamic conditions.

6.1.3 *Calorimeter method*

The tube or valve is immersed in a circulating fluid. The total dissipated power can be calculated from the measurement of the flow of the circulating fluid and of the temperature increase between input and output, after stabilization of the temperatures. Knowing the power lost in the heater or filament, an approximate value of the power dissipated by the anode can be calculated if the value of the power dissipated by the grid is known (see Sub-clause 6.2).

6.1.4 *Graphical integration method*

Anode dissipation caused by bombardment can be calculated from the characteristic curves of the tube or valve.

6.2 *Grid dissipation*

The following measuring methods are only applicable at frequencies sufficiently low so that the transit-time is negligible. The secondary emission of the grid should also be negligible.

6.2.1 *D. C. grid current method*

The product of 0.9 times the d. c. grid current and the positive peak grid voltage with respect to the cathode gives an approximate value of grid dissipation.

6.2.2 *Graphical integration method*

The grid dissipation can be calculated from the characteristic curves of the tube or valve.

7. **Measurement of the grid driving power or excitation power**

7.1 *Substitution method*

The tube or valve is replaced by a calibrated load which is adjusted until the same operating conditions are obtained in the driver stage. The power then measured in this load represents the driving power.

7.2 *Use of a transmission line*

A transmission line section having an electrical length of some multiple of half-wave length is inserted between the driver stage and the tube or valve. The voltages $V_{\max}$ and $V_{\min}$ are measured

long de la ligne. La puissance d'excitation s'obtient par la formule $\frac{V_{\max} \cdot V_{\min}}{Z_o}$ où Z_o est l'impédance caractéristique de la ligne.

L'insertion de la ligne ne doit pas influencer sur les conditions de fonctionnement de l'étage d'excitation.

7.3 *Utilisation d'un coupleur directionnel*

Pour des fréquences plus élevées, la puissance d'excitation de grille peut se mesurer au moyen d'un coupleur directionnel. Dans ce cas, la puissance d'excitation est calculée comme étant la différence entre la puissance directe et la puissance réfléchie.

7.4 *Méthode d'intégration graphique*

Le courant de grille, la tension de grille, et leur déphasage, sont mesurés avec un oscilloscope et la puissance moyenne est obtenue par intégration graphique.

7.5 *Méthode du courant de grille continu*

Le produit de 0,9 fois le courant continu de grille par la valeur positive de crête de la tension de la grille par rapport à la cathode donne une valeur approchée de la dissipation de grille (voir paragraphe 6.2.1). Si cette valeur est ajoutée à la puissance dissipée dans le circuit de polarisation de grille, on peut considérer que le résultat donne une valeur approchée de la puissance d'excitation.

along the line. The driving power is obtained from the formula $\frac{V_{\max} \cdot V_{\min}}{Z_o}$ where Z_o is the characteristic impedance of the line.

The insertion of the line should not influence the operating conditions of the driver stage.

7.3 *Use of a directional coupler*

For higher frequencies, the grid driving power can be measured using a directional coupler. In this case the driving power is computed as the difference between the forward power and the reflected power.

7.4 *Graphical integration method*

The grid current, grid voltage, and their phase difference are measured using an oscillograph and the average power is obtained by graphical integration.

7.5 *D. C. grid current method*

The product of 0.9 times the d.c. grid current and the positive peak grid voltage with respect to the cathode gives an approximate value of the grid dissipation (see Sub-clause 6.2.1). If this is added to the power dissipated in the grid bias circuit, the result may be said to approximate to the driving power.

ICS 31.100
