

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60151-15

Première édition
First edition
1967-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 15:
Méthodes de mesure des courants parasites
d'électrodes**

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

**Part 15:
Methods of measurement of spurious and
unwanted electrode currents**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-15: 1967

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**

60151-15

Première édition
First edition
1967-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 15:
Méthodes de mesure des courants parasites
d'électrodes**

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

**Part 15:
Methods of measurement of spurious and
unwanted electrode currents**

© IEC 1967 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

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
1. Objet	6
2. Théorie générale	6
3. Définitions générales	6
4. Courant négatif de grille	8
5. Emission thermoélectronique de grille	12
6. Emission secondaire de grille	14
7. Emission thermoélectronique d'anode	16
8. Isolement entre électrodes	18
9. Courant entre filament et cathode	20
ANNEXE — Méthode d'analyse du courant négatif de grille	24
FIGURES	28

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-15:1967

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
1. Scope	7
2. General basic theory	7
3. General definitions	7
4. Negative grid current	9
5. Thermionic grid emission	13
6. Secondary grid emission	15
7. Thermionic anode emission	17
8. Inter-electrode insulation	19
9. Current between heater and cathode	21
APPENDIX — Method of analysis of negative grid current	25
FIGURES	28

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-15:1967

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES
ÉLECTRONIQUES

Quinzième partie: Méthodes de mesure des courants parasites d'électrodes

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 de la réunion tenue à Nice en 1962 et un projet révisé fut discuté lors de la réunion tenue à Aix-les-Bains en 1964, à la suite de quoi un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1965.

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

Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Chine (République Populaire de)	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
Finlande	Suisse
France	Turquie
Israël	Union des Républiques Socialistes
Italie	Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 15: Methods of measurement of spurious and unwanted electrode currents

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 measurements 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 Nice in 1962, and a revised project was discussed at a meeting in Aix-les-Bains in 1964 and, as a result, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1965.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 15:

Australia	Netherlands
Belgium	Poland
China (People's Republic of)	Romania
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Quinzième partie : Méthodes de mesure des courants parasites d'électrodes

1. Objet

Cette recommandation est fondée sur la pratique courante des mesures de courants parasites d'électrodes. 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.

Cette recommandation ne s'applique pas aux tubes à gaz.

2. Théorie générale

Lorsqu'on fait fonctionner un tube électronique on peut constater la présence de courants parasites d'électrodes. Ils sont en général de faible importance et peuvent être dus à des effets autres que ceux provenant directement de l'émission normale de cathode. Ces courants parasites dérivent de l'une ou plusieurs des causes suivantes :

- a) Emission thermoélectronique d'éléments autres que la cathode.
- b) Emission secondaire d'une électrode.
- c) Fuites entre éléments soumis à une différence de potentiel.
- d) Ionisation du gaz résiduel.
- e) Emission causée par plusieurs sortes de rayonnements extérieurs (par exemple émission photo-électrique).

Ces effets étant fortement influencés par la température des divers éléments, on doit prendre soin que les conditions de fonctionnement requises pour le tube soient maintenues tout au long des mesures.

3. Définitions générales

3.1 Courant positif de grille

On dit que le courant de grille est positif lorsque le flux d'électrons se dirige de la sortie de grille vers le circuit extérieur.

3.2 Courant négatif de grille

On dit que le courant de grille est négatif lorsque le flux d'électrons se dirige du circuit extérieur vers la sortie de grille.

3.3 Courant d'émission primaire

Courant d'émission électronique résultant directement de la température d'une surface, de l'action d'un rayonnement sur une surface, ou de l'application d'un champ électrique à cette surface.

3.4 Courant d'émission thermoélectronique

Courant d'émission électronique causé seulement par la température d'une surface émissive.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 15: Methods of measurement of spurious and unwanted electrode currents

1. Scope

This Recommendation is based on current practice on the measurement of spurious and unwanted electrode currents. 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.

This Recommendation does not apply to gasfilled tubes or valves.

2. General basic theory

In operating an electronic tube or valve, it may be found that spurious and unwanted electrode currents flow. These are usually of a small order and may be due to effects other than that directly caused by the normal cathode emission. These spurious and unwanted currents are caused by one or more of the following:

- a) Thermionic emission from elements other than the cathode.
- b) Secondary emission from an electrode.
- c) Leakage between elements having a potential difference.
- d) Ionization of residual gas.
- e) Emission caused by various kinds of external radiation (e.g. photoelectric emission).

Because all these effects are greatly influenced by the temperature of various elements, care must be taken to ensure that the required operating conditions of the tube or valve are maintained during the measurement.

3. General definitions

3.1 *Positive grid current*

The grid current is defined as being positive when the flow of electrons is from the grid terminal to the external circuit.

3.2 *Negative grid current*

The grid current is defined as being negative when the flow of electrons is from the external circuit to the grid terminal.

3.3 *Primary emission current*

Electron emission current due directly to the temperature of a surface, irradiation of a surface or the application of an electric field to a surface.

3.4 *Thermionic emission current*

Electron emission current caused solely by the temperature of an emitting surface.

3.5 *Courant d'émission secondaire*

Courant d'émission électronique résultant directement du bombardement d'une surface par des électrons ou des ions. Pratiquement cette expression désigne l'ensemble des électrons primaires réfléchis par la surface et des électrons secondaires provenant de cette surface.

3.6 *Courant de fuite (VEI 07-27-075) (ou d'isolement)*

Courant de conduction qui circule entre deux ou plusieurs électrodes par tout autre passage qu'à travers l'espace entre électrodes.

3.7 *Courant ionique*

Courant dû aux ions positifs produits par les molécules de gaz résiduel et recueillis par une électrode.

3.8 *Courant entre filament et cathode*

Courant qui circule entre le filament et la cathode lorsqu'ils sont soumis à une différence de potentiel. Cette expression désigne à la fois le courant de fuite et tout courant résultant de l'émission électronique du filament et de la cathode.

3.9 *Emission inverse dans une diode*

Emission thermoélectronique de l'anode.

4. **Courant négatif de grille**

4.1 *Théorie*

Un cas particulier de courant parasite est celui relatif à la première grille, ou grille de commande, d'un tube électronique. La figure 1, page 28, indique une allure typique de courbe de courant de grille de commande pour divers potentiels de grille.

Cette courbe représente plusieurs effets:

Dans la zone A-B, le courant négatif varie dans le même sens que le potentiel appliqué, et provient normalement de fuites à travers les isolateurs, ou à leur surface, ainsi que de l'émission thermoélectronique ou photoélectrique de la grille.

Dans la zone B-C, le courant de grille est causé principalement par ionisation du gaz résiduel dans le tube, et sa valeur est proportionnelle au courant cathodique.

L'accroissement du courant négatif de grille de commande ralentit lorsque la grille devient moins négative parce qu'un courant additionnel commence à circuler dans la direction opposée lorsque le potentiel négatif de la grille de commande est trop faible pour s'opposer à la réception des électrons dus à la charge d'espace proche de cette électrode.

Ce dernier effet augmente rapidement lorsque le potentiel de grille de commande devient moins négatif, puis positif, et ceci apparaît dans la zone C-E.

Note. — On peut voir sur la figure 1 que le courant de grille de commande devient positif pour un potentiel légèrement négatif D, qui est généralement appelé tension de départ du courant de grille ou tension de blocage du courant de grille.

Dans certains types de tubes électroniques, il est nécessaire de mesurer ce potentiel, et pour des raisons pratiques il est pris égal à celui pour lequel un léger courant positif de grille de commande circule (en général entre $0,1\mu\text{A}$ et $0,3\mu\text{A}$ pour les tubes de réception). Il faut noter que le potentiel de départ du courant de grille peut varier légèrement lorsque des tensions sont appliquées aux autres électrodes et qu'en conséquence les conditions de mesure doivent être indiquées.

3.5 *Secondary emission current*

Electron emission current due directly to the bombardment of a surface by electrons or ions. Practically the term includes both primary electrons reflected from the surface and secondary electrons detached from it.

3.6 *Leakage current (IEV-07-27-075) (or insulation current)*

A conduction current which flows between two or more electrodes by any path other than across the vacuous space between the electrodes.

3.7 *Ion current*

Current due to positive ions which are created from residual gas molecules and which are collected by an electrode.

3.8 *Current between heater and cathode*

The current which flows between the heater and the cathode when these have a potential difference. The term includes both leakage current and any current due to electron emission from the heater and the cathode.

3.9 *Reverse emission in a diode (back emission)*

Thermionic emission from the anode.

4. **Negative grid current**

4.1 *Theory*

A special case of spurious current is that relating to the first or control grid of an electronic tube or valve. In Figure 1, page 28, the shape of a typical control grid current curve for varying grid potentials is shown.

This curve shows several effects:

In Region A-B, the negative current varies in the same sense as the applied potential and is due normally to leakage through or across the surfaces of insulators and also to thermionic and/or photoelectric emission from the grid.

In Region B-C, the grid current is principally caused by ionization of the residual gas in the tube or valve, and its amount varies directly with the cathode current.

The increase of negative control grid current lessens as the grid becomes still less negative because an additional current starts to flow in the opposite direction when the negative potential on the control grid is too small to oppose the collection of electrons from the space charge adjacent to this electrode.

This last effect rapidly increases as the control grid potential becomes less negative and then positive, and this is shown in the region C-E.

Note. — It will be seen from Figure 1 that the control grid current becomes positive at some slightly negative potential D, which is usually quoted as the grid current start voltage or the grid current cut-off voltage.

In certain types of electronic tubes and valves, it is necessary to measure this potential, and for practical convenience it is taken as that potential at which a small positive control grid current flows (usually between $0.1\mu\text{A}$ and $0.3\mu\text{A}$ for receiving tubes or valves). It should be noted that the grid current start voltage may differ slightly when the other electrodes have applied potentials; therefore the measurement conditions should be stated.

4.2 Méthodes de mesure

4.2.1 Méthode à lecture directe

Le tube est branché conformément à la figure 2, page 28 (une pentode est prise comme exemple):

M_1 = microampèremètre pour mesure du courant de grille

M_2 = voltmètre pour mesure de la tension de grille

R = résistance de protection. La valeur de cette résistance, ajoutée à la résistance du dispositif de mesure, ne doit pas être suffisamment élevée pour modifier d'une façon appréciable la tension appliquée à la grille, à cause du courant circulant à travers la résistance; sinon, on devra tenir compte de la chute de tension en résultant.

Au lieu d'un microampèremètre, on peut utiliser un voltmètre à tubes mesurant la chute de tension aux bornes de la résistance R .

4.2.2 Méthode de compensation

Le courant de grille est déterminé à partir de la chute de tension aux bornes d'une résistance donnée. Le tube est branché conformément à la figure 3, page 28.

M_1 = voltmètre pour mesurer la tension de grille

M_2 = ampèremètre pour mesurer le courant anodique

R = résistance de valeur élevée connue (valeur usuelle 10 M Ω)

S = interrupteur pour mettre la résistance R en court-circuit.

L'interrupteur étant fermé, on règle le circuit pour satisfaire aux conditions de mesure requises. La résistance de grille est alors branchée dans le circuit de grille en ouvrant l'interrupteur et l'augmentation de courant d'anode résultante est compensée en portant le potentiel de la grille à une valeur plus négative ($\delta V_{g1} < 0$). Le courant de grille peut être défini comme:

$$I_{g1} = \frac{\delta V_{g1}}{R}$$

où:

δV_{g1} représente la variation de tension de grille.

Pour des mesures précises, on peut repérer la valeur du courant anodique par une méthode d'opposition, ce qui permet d'utiliser un dispositif indicateur plus sensible. Dans ce cas, il est pratique d'utiliser deux sources de tension de grille en série, ce qui permet plus de précision dans les réglages et les mesures.

4.3 Analyse du courant négatif de grille

Il n'existe pas de méthode précise d'analyse de toutes les composantes du courant de grille qui ont été mentionnées au paragraphe 4.1. Pour tenter une telle analyse il est nécessaire de faire quelques

4.2 *Methods of measurement*

4.2.1 *Direct reading method*

The tube or valve is connected as shown in Figure 2, page 28 (a pentode is given as an example):

M_1 = microammeter for grid current measurement

M_2 = voltmeter for grid voltage measurement

R = protective resistor. The value of this resistor, together with the resistance of the measuring device must not be so high that it alters appreciably the applied grid voltage because of the current flowing through it. Otherwise allowance must be made for the consequent voltage drop.

Instead of a microammeter, it is possible to use a vacuum tube voltmeter to measure the voltage drop across resistor R .

4.2.2 *Compensation method*

The grid current is determined from the voltage drop across a given resistor. The tube or valve is connected as shown in Figure 3, page 28.

M_1 = voltmeter for grid voltage measurement

M_2 = ammeter for anode current measurement

R = resistor of known high value (typical value 10 M Ω)

S = switch for short-circuiting resistor R .

With the switch closed, the circuit is adjusted to satisfy the required conditions of measurement. The grid resistor is then connected into the grid circuit by opening the switch and the resulting increase in anode current is compensated by bringing the grid voltage down to a more negative value ($\delta V_{g1} < 0$). Grid current can be defined as:

$$I_{g1} = \frac{\delta V_{g1}}{R}$$

where:

δV_{g1} is the change of grid voltage.

For more precise measurement, it is possible to adjust the anode current value by a backing method, which permits the use of a more sensitive indicating device. In this case, it is convenient to employ two sources of grid voltage in series, which permits more accurate adjustment and measurement.

4.3 *Analysis of negative grid current*

There is no precise method of analysis of all the grid current components which have been mentioned in Sub-clause 4.1. When attempting such an analysis it is necessary to make some sim-

hypothèses simplificatrices. Une des plus rapides méthodes d'analyse est donnée en annexe. Elle s'appuie sur les hypothèses suivantes:

- a) La composante du courant de grille due à l'émission est indépendante de la tension de grille (il existe un état de saturation).
- b) Les courants de fuite se comportent conformément à la loi d'Ohm.
- c) L'influence d'une variation de V_{g1} est négligeable par rapport à l'influence d'une variation de V_a (ou V_{g2}).

Note. — Le courant d'émission photoélectrique peut gêner la mesure des faibles courants. Cette émission peut être décelée sous forme d'une variation de courant lorsque la lumière visible d'une source extérieure est projetée sur le tube. Si aucun changement n'intervient dans le courant, l'émission photoélectrique peut être supposée négligeable.

5. Emission thermoélectronique de grille

5.1 Théorie

En fonctionnement, la grille de commande est chauffée par radiation, et par bombardement électronique lorsque le potentiel de grille est positif. La température de grille peut ainsi atteindre une valeur pour laquelle la grille commence à émettre des électrons de façon thermoélectronique. En conséquence, ces électrons peuvent circuler de la grille vers les autres électrodes même si la grille est négative par rapport à ces électrodes.

En fonctionnement, la grille écran d'un tube à plusieurs grilles peut devenir suffisamment chaude pour émettre des électrons, et il est parfois utile de mesurer cette émission en fonction de la puissance dissipée dans la grille écran.

5.2 Méthodes de mesure

5.2.1 Grille de commande

La mesure de l'émission thermoélectronique de grille en fonction de la puissance dissipée sur la grille peut être effectuée à l'aide du circuit de la figure 4a, page 29. Dans ce circuit, la grille de commande du tube en mesure est chauffée en courant alternatif par une puissance appliquée durant toutes les demi-périodes de même sens à travers le redresseur D_1 et l'appareil de mesure A_1 . Pendant les demi-périodes de sens opposé, l'appareil de mesure A_2 en série avec le redresseur D_2 indique l'émission thermoélectronique de grille (et le courant de fuite s'il y en a un). Le voltmètre V et l'ampèremètre A_1 peuvent être remplacés par un wattmètre permettant de lire directement la dissipation de la grille de commande (voir figure 4b, page 29).

Si nécessaire, l'émission de grille peut être mesurée, l'anode étant portée à sa température de fonctionnement normal. Un circuit permettant d'effectuer cette mesure est indiqué figure 5, page 30.

Dans ce circuit, un commutateur S , mécanique ou électrique, est introduit dans le circuit de grille. Dans la position 1 de S , la grille est chauffée pendant une demi-période et l'anode pendant l'autre demi-période. Lorsque les électrodes ont atteint la température de fonctionnement, le commutateur S est alors mis en position 2 pour laquelle la grille est reliée à travers l'appareil de mesure A_1 à une tension négative suffisante pour bloquer le courant anodique. L'émission thermoélectronique de grille (comprenant le courant de fuite s'il y en a un) peut alors être lue sur l'appareil de mesure A_1 .

plifying assumptions. One of the quickest methods of analysis is given in the Appendix. It is based on the following assumptions:

- a) The emission component of the grid current is independent of the grid voltage (there is a state of saturation).
- b) The leakage currents behave according to Ohm's law.
- c) The influence of a change of V_{g1} is negligible in comparison with the influence of a change of V_a (or V_{g2}).

Note. — Photoelectric emission current may obscure low current measurements. Such emission can be detected by a change in current when visible light from an external source is projected onto the tube or valve. If no change in current occurs, photoemission may be assumed to be negligible.

5. Thermionic grid emission

5.1 Theory

During operation, the control grid is subjected to heating by radiation and by electron bombardment when the grid potential is positive. As a result, the grid temperature may reach a level at which the grid begins to emit electrons thermionically. Consequently, electrons may flow from the grid to other electrodes whenever the grid is negative with respect to these electrodes.

In operation, the screen grid of a multigrid tube or valve may become sufficiently hot to emit electrons, and it is sometimes useful to measure this emission as a function of the power being dissipated in the screen grid.

5.2 Methods of measurement

5.2.1 Control grid

Measurement of thermionic grid emission as a function of grid dissipation may be accomplished by using the circuit shown in Figure 4a, page 29. In this arrangement, the control grid of the tube or valve under measurement is heated by a.c. power, on every alternate half-cycle, via the rectifier D_1 and the meter A_1 . On the reverse half-cycle, a meter A_2 in series with rectifier D_2 indicates the thermionic grid emission (and leakage current if present). The voltmeter V and ammeter A_1 may be replaced by a wattmeter for direct reading of control grid dissipation (See Figure 4b, page 29).

If required, the grid emission can be measured with the anode heated to its normal operating temperature. A suitable circuit for this measurement is shown in Figure 5, page 30.

In this circuit, a switching device S , either mechanical or electrical, is inserted into the grid circuit. In position 1 of S , the grid is heated on one half-cycle and the anode on the other half-cycle. When the electrodes have reached operating temperature, the switch S is then set to position 2 in which the grid is connected through a meter (A_1) to a voltage sufficiently negative to cut off the anode current. The thermionic grid emission (including leakage current if present) may then be read on meter A_1 .

5.2.2 Grille écran

La mesure de l'émission thermoélectronique de la grille écran en fonction de la puissance dissipée peut être effectuée à l'aide du circuit de la figure 6, page 30. La grille écran est chauffée pendant les demi-périodes positives au moyen de redresseurs convenables et d'une source alternative, et l'émission primaire est mesurée pendant les demi-périodes négatives. Les tensions continues convenables d'anode et de grille de commande sont appliquées au tube en mesure, et la dissipation sur la grille écran est réglée au niveau désiré en ajustant la tension du transformateur et en lisant le courant sur l'ampèremètre A_1 et la tension sur le voltmètre V.

D_1 est un redresseur dont l'impédance est très faible par rapport à l'impédance du circuit de grille écran.

Le courant lu sur l'appareil A_2 est le courant d'émission primaire de grille écran (généralement quelques microampères). Le voltmètre V et l'ampèremètre A_1 peuvent être remplacés par un wattmètre.

Dans certains cas, une variante simplifiée de ce circuit, sans source de tension continue et où l'anode et la grille de commande sont reliées à la cathode, donnera des informations utiles.

6. Emission secondaire de grille

6.1 Théorie

L'émission secondaire de la surface de la grille, due au bombardement par des électrons, est un phénomène qui apparaît lorsqu'une tension suffisamment positive est appliquée à la grille. Les électrons secondaires circulent de la grille vers les autres électrodes plus positives tant que les électrons primaires atteignent la grille. Dans le circuit extérieur de grille, le courant de bombardement et le courant d'émission secondaire circulent dans des directions opposées et seule leur différence peut être observée sur un appareil de mesure. Dans certaines applications, une émission secondaire de grille considérable peut augmenter la sortie et le rendement en réduisant la puissance d'excitation de grille. L'émission secondaire peut cependant gêner le fonctionnement du tube en empêchant la réalisation d'amplification linéaire ou en causant des oscillations parasites.

L'émission secondaire de grille peut avoir un effet néfaste lorsqu'elle a une importance suffisante pour produire dans la caractéristique de grille une zone de résistance différentielle négative. Ceci apparaît par une pente négative dans la courbe I_g/V_g , ou même par un renversement du sens du courant de grille.

L'effet de l'émission secondaire de grille sur les caractéristiques de grille apparaît sur la figure 7, page, 31, où la zone A de la courbe 3 est une zone de résistance négative.

De telles courbes peuvent dépendre des conditions de fonctionnement des autres électrodes ainsi que des caractéristiques particulières de la grille.

6.2 Méthodes de mesure

6.2.1 Méthode de comparaison

L'importance de l'émission secondaire de grille ne peut être mesurée directement. Toutefois des tubes de même type peuvent être comparés pour déterminer l'importance relative de l'émission secondaire présente en examinant les caractéristiques de grille sur un oscilloscope ou en vérifiant, de façon statique, un ou plusieurs points de la caractéristique de grille.

5.2.2 Screen grid

Measurement of the thermionic emission from the screen grid as a function of the power dissipation may be accomplished by using the circuit shown in Figure 6, page 30. The screen grid is heated during the positive half-cycles by means of suitable rectifiers and an AC source, and the primary emission is measured during the negative half-cycles. Appropriate direct anode voltage and control grid voltage are applied to the tube or valve being measured, and the screen grid dissipation is set to the desired level by adjusting the voltage from the transformer and reading current on meter A_1 and voltage on voltmeter V.

D_1 is a rectifier of very low impedance compared with the impedance of the screen grid circuit.

The current read on meter A_2 is the primary screen grid emission current (usually a few microamperes). The voltmeter V and the ammeter A_1 may be replaced by a wattmeter.

In some cases, a simplified version of this circuit, without the direct voltage supply and with the anode and control grid connected to the cathode, will give useful information.

6. Secondary grid emission

6.1 Theory

Secondary emission from the grid surface as a result of electron bombardment is a phenomenon which occurs when a sufficiently positive potential is applied to the grid. Secondary electrons flow from the grid to other more positive electrodes while primary electrons flow to the grid. In the external grid circuit, the bombarding current and the secondary emission current flow in opposite directions and only their difference can be observed on a meter. For some applications, considerable secondary grid emission may increase the output and efficiency by reducing the grid-excitation power. Secondary emission may, however, interfere with tube or valve operation by preventing the realization of linear amplification or by causing parasitic oscillations.

Secondary grid emission may exert a detrimental effect when it is of such magnitude as to produce in the grid characteristic a zone of negative differential resistance. This is evidenced by a negative slope of the curve of I_g/V_g , or even by a reversal of grid current.

The effect of secondary grid emission on the grid characteristics is shown in Figure 7, page 31, where Region A of curve 3 is a negative resistance region.

Such curves may be dependent upon operating conditions of the other electrodes as well as upon the individual grid characteristics.

6.2 Methods of measurement

6.2.1 Comparison method

The amount of secondary emission from the grid cannot be measured directly. However, tubes or valves of the same type may be compared to determine the relative amount of secondary emission present by viewing the grid characteristics displayed on an oscilloscope or by checking, by static means, a point or points on the grid characteristic.

Si l'on utilise une méthode statique, les tensions d'électrodes doivent être choisies de façon à ne pas provoquer une dissipation de chaleur excessive dans les électrodes.

6.2.2 Méthodes par calcul

On peut calculer l'importance de l'émission secondaire de grille en tout point de la caractéristique si l'on connaît la distribution entre les électrodes des courants d'électrons d'origine thermoélectronique.

7. Emission thermoélectronique d'anode

7.1 Théorie

Si la dissipation dans l'anode est suffisante pour provoquer un échauffement à une température assez élevée pour permettre à l'anode d'émettre de façon thermoélectronique, les électrons libérés peuvent se diriger vers les autres électrodes si elles ont des potentiels positifs par rapport à l'anode. Dans les diodes, cet effet est appelé émission inverse.

7.2 Méthodes de mesure

7.2.1 Diodes

Un circuit de base permettant de mesurer le courant dû à l'émission inverse est celui de la figure 8, page 31.

Le tube fonctionne comme un redresseur à demi-alternance chargé par R_1 et C. D_1 est un redresseur dont l'impédance est très faible par rapport à celle du tube. L'impédance du redresseur D_2 peut être supérieure à celle de D_1 .

R_2 est une résistance limitant le courant pour protéger l'appareil A_2 en cas de claquage dans le tube en mesure.

Lorsque l'anode du tube est positive, l'impédance de D_1 est très faible par rapport à celle du tube et les constantes de temps du circuit ne sont pas perturbées. Pendant les autres périodes, le courant dû à l'émission inverse et aux fuites circule à travers D_2 et l'appareil A_2 . Si on relève les valeurs du courant « inverse » mesuré par A_2 , en fonction du courant de sortie du tube mesuré par A_1 , la courbe aura la forme indiquée à la figure 9, page 32.

Pour de faibles valeurs du courant de sortie, le courant inverse consiste entièrement en un courant de fuite et tend à décroître en valeur lorsque le courant de sortie augmente. Cette décroissance se produit parce que la tension inverse de crête à travers le tube décroît.

Lorsque le courant de sortie augmente et que la température d'anode croît, l'émission thermoélectronique d'anode peut augmenter rapidement comme indiqué par la courbe CD de la figure 9; de la combinaison de ces deux effets résulte la courbe ABF usuellement relevée, aussi indiquée à la figure 9.

7.2.2 Tubes à commande par grille

L'émission thermoélectronique d'anode en fonction de la dissipation peut être mesurée par la même méthode que pour l'émission thermoélectronique de grille écran et dans le même circuit (figure 6, page 30) les connexions d'anode et de grille écran du tube étant inversées.

If a static method is used, electrode voltages that do not produce excessive heat dissipation in the electrodes must be chosen.

6.2.2 Calculation method

The amount of secondary grid emission at any point on the characteristic may be calculated if the distribution of the thermionic electron currents to the electrodes is known.

7. Thermionic anode emission

7.1 Theory

If the dissipation in the anode is sufficient to cause heating to a temperature high enough to enable it to emit thermionically, the released electrons may flow to the other electrodes, if their potentials are positive with respect to the anode. In diodes, this effect is called reverse or back emission.

7.2 Methods of measurement

7.2.1 Diodes

A basic circuit suitable for the measurement of reverse emission is shown in Figure 8, page 31.

The tube or valve is operated as a half wave rectifier and loaded by R_1 and C. D_1 is a rectifier of very low impedance compared with that of the tube or valve. The impedance of the rectifier D_2 may be higher than that of D_1 .

R_2 is a limiting resistor to protect the meter A_2 in the event of flashover of the tube or valve being measured.

When the tube anode is positive, the impedance of D_1 is very low compared with the impedance of the tube and the time constants of the circuit are not disturbed. During the other periods, the current due to reverse emission and leakage is fed through D_2 and the meter A_2 . If the "reverse" current measured by A_2 is plotted against the output current from the tube or valve measured by A_1 , the curve will take the form shown in Figure 9, page 32.

At low values of output current, the reverse current consists entirely of leakage current and tends to decrease in value with increase in output current. This decrease occurs because the peak inverse voltage across the tube or valve is decreasing.

As the output current increases and the temperature of the anode rises, the thermionic emission from it may increase rapidly as shown by curve CD in Figure 9; the combination of these two effects results in the typical curve ABF, also shown in Figure 9.

7.2.2 Grid controlled tubes and valves

The thermionic emission from the anode as a function of dissipation may be measured by the same method as given for thermionic screen grid emission and in the same circuit (Figure 6, page 30) the anode and screen grid connections of the tube or valve being reversed.

8. Isolement entre électrodes

8.1 Théorie

Un mauvais isolement entre électrodes est généralement dû à la mauvaise qualité des isolants, à leur état de surface, ou à la présence de couches conductrices sur les surfaces isolantes (évaporation de matières provenant des électrodes, du getter, petites particules de poussière ou d'autres matériaux qui se logent entre les électrodes). Il est nécessaire d'indiquer la tension ou le courant de chauffage et la tension appliquée à chaque électrode au cours de la mesure du courant de fuite car sa valeur dépend de la température et n'est pas toujours proportionnelle à la tension.

8.2 Méthodes de mesure

Le filament doit être relié à la cathode. Le tube à mesurer doit être convenablement préchauffé dans les conditions requises.

8.2.1 Isolement entre deux électrodes

Le tube étant dans les conditions requises, une tension est appliquée entre les deux électrodes spécifiées, les autres électrodes étant flottantes. Le courant de fuite circulant entre ces deux électrodes est mesuré comme indiqué figure 10, page 32.

8.2.2 Isolement entre une électrode et toutes les autres

Le tube étant dans les conditions requises, une tension est appliquée entre une électrode donnée et toutes les autres électrodes reliées ensemble, et le courant de fuite est mesuré comme indiqué figure 11, page 33.

8.3 Précautions

8.3.1 Précision du résultat mesuré

Il n'est pas normalement nécessaire de viser à une très grande précision, mais certaines précautions doivent être prises. La valeur de résistance d'isolement mesurée étant généralement très élevée, il est nécessaire de s'assurer que l'isolement de l'appareillage de mesure lui-même est très bon.

Lorsque le courant de fuite entre les sorties de mesure du support seul n'est pas négligeable (le tube n'étant pas en place), ce courant de fuite résiduel devra être soustrait de la valeur mesurée.

Il faut prendre soin de s'assurer que la valeur de courant de fuite n'est pas affectée par la formation à la surface du tube en mesure de films d'humidité résultant des conditions ambiantes de la pièce dans laquelle les mesures sont faites. En général, une bonne reproductibilité des résultats ne peut être obtenue en dépit des soins pris pendant la mesure.

8.3.2 Dispositif de protection

Le courant de fuite mesuré est généralement très faible, mais (de façon imprévisible) des courants importants peuvent circuler lorsque l'isolement est mauvais.

Si nécessaire, un dispositif de protection peut être utilisé en liaison avec l'appareil de mesure du courant. Les caractéristiques de ce dispositif doivent être telles qu'elles n'affectent pas de façon appréciable la précision de mesure.

8. Inter-electrode insulation

8.1 Theory

Poor inter-electrode insulation is generally due to the bad quality of insulators, to their surface condition or to conductive layers on insulating surfaces (evaporation of materials from the electrodes, getter, small particles of dust or other material lodging between electrodes). It is necessary to state the heater or current voltage and the voltage applied to each electrode in the measurement of leakage current because its value is affected by temperature and does not always vary directly with voltage.

8.2 Methods of measurement

The heater should be connected to the cathode. The tube or valve to be measured should be adequately pre-heated under the required conditions.

8.2.1 Insulation between two electrodes

With the tube or valve in the required condition, a voltage is applied between the two stated electrodes with the other electrodes floating. The leakage current flowing between these two electrodes is measured as shown in Figure 10, page 32.

8.2.2 Insulation between one electrode and all the other electrodes

With the tube or valve in the required condition, a voltage is applied between a stated electrode and all the other electrodes connected together, and then the leakage current measured as shown in Figure 11, page 33.

8.3 Precautions

8.3.1 Accuracy of measured result

It is not normally necessary to aim at a very high accuracy but certain precautions should be taken. Because the value of insulation resistance measured is generally very large, it is necessary to ensure that the insulation of the measuring equipment itself is very good.

When the leakage current between the measuring terminals of the socket alone is not negligible (the tube or valve being not in position), this residual leakage current should be subtracted from the measured value.

Care must be taken to ensure that the value of leakage current is not affected by the formation of moisture films on the surface of the tube or valve being measured, as the result of environmental conditions of the room in which the measurement is made. Usually good reproducibility of results cannot be obtained in spite of the exercise of care during the measurement.

8.3.2 Protective devices

The leakage current measured is generally very small, but (unexpectedly) large currents may flow when insulation is poor.

If necessary, a protective device may be used in conjunction with the current measuring instrument. The characteristics of this device should be such that they do not appreciably affect the accuracy of measurement.

8.3.3 Courants ioniques et émission d'électrode

Des courants ioniques et des courants électroniques d'émission des électrodes ne doivent pas intervenir dans la mesure du courant de fuite. La présence d'un courant d'émission d'électrode peut être détectée en observant comment le courant de fuite varie lorsque la tension de chauffage est coupée. Une réduction relativement rapide dans le courant de fuite mesuré lorsque les températures d'électrodes diminuent peut être une indication qu'il existe une émission électronique. Un examen plus détaillé peut être effectué comme décrit au paragraphe 4.3.

8.3.4 Blindages extérieurs

En mesurant l'isolement des tubes, toute platine métallique, ou jupe, ou couche métallique, reliée à une broche de l'embase doit être considérée comme une électrode.

9. Courant entre filament et cathode

9.1 Théorie

Si on relève les valeurs du courant entre filament et cathode en fonction de la tension appliquée, on obtient fréquemment une courbe telle que celle de la figure 12, page 33.

La courbe peut être formée de deux ou trois zones distinctes, une zone A-B où la cathode est négative par rapport au filament, une petite zone B-C où la cathode est positive par rapport au filament et où le taux de croissance du courant entre filament et cathode peut être élevé, et une zone C-D où ce courant tend à atteindre une valeur de saturation ou du moins augmente relativement lentement lorsque la différence de potentiel entre cathode et filament augmente.

Certains ensembles cathode-filament particuliers peuvent présenter des caractéristiques de courant très différentes de la courbe qui est donnée comme exemple.

9.2 Méthodes de mesure

Pour la mesure, on peut appliquer entre cathode et filament des tensions continues ou alternatives. Dans les deux cas, les électrodes autres que la cathode et le filament sont normalement laissées flottantes.

Pour les tubes dont la tension de chauffage ne dépasse pas 35 V, on peut utiliser un chauffage en courant continu ou en courant alternatif; mais pour les tubes dont la tension de chauffage est supérieure à 35 V, seul le chauffage en courant alternatif doit être utilisé. En cas de chauffage en courant continu, le pôle positif de la tension de chauffage doit être branché à la broche de filament ayant le numéro le plus élevé.

9.2.1 Mesure en tension continue

La tension continue requise est appliquée avec la polarité spécifiée entre la cathode et la broche de filament ayant le numéro le plus élevé, et le courant circulant entre les deux est mesuré comme indiqué figure 13, page 34.

Le courant, pour une tension donnée, peut demander un certain temps à se stabiliser et il peut en conséquence être nécessaire d'indiquer la durée de la mesure. Si l'on fait varier la valeur et la polarité de la tension appliquée selon un cycle, un effet d'hystérésis peut se produire.

8.3.3 *Ion currents and electrode emission*

Ion currents and electron emission current from the electrodes should not be included in the measurement of leakage current. The presence of electrode emission current may be detected by noting how the leakage current changes when the heater voltage is switched off—a relatively rapid reduction in the measured leakage current as the electrode temperatures drop may be an indication that electron emission is present. A more detailed examination may be carried out as described in Sub-clause 4.3.

8.3.4 *External shields*

When measuring insulation in tubes or valves, any metal soleplate or skirt or metal coating connected to a base pin should be regarded as an electrode.

9. **Current between heater and cathode**

9.1 *Theory*

If heater-cathode current is plotted against applied voltage, a curve of the type illustrated in Figure 12, page 33, is often obtained.

The curve may consist of two or three distinct sections, one section A-B where the cathode is negative with respect to the heater, a small section B-C where the cathode is positive with respect to the heater and where the rate of increase of the heater-cathode current may be high, and a section C-D where this current tends to reach a saturation value or at least increases only relatively slowly with increasing heater-cathode potential difference.

Some individual cathode-heater systems may show current characteristics, very different from the example.

9.2 *Methods of measurement*

In this measurement, either d.c. or a.c. voltage may be applied between cathode and heater. In either case, electrodes other than the cathode and heater are normally left floating.

For tubes or valves having heater voltages not exceeding 35 V, a.c. or d.c. heating may be used; for those having heater voltages higher than 35 V, only a.c. heating should be used. In the case of d.c. heating, the positive side of the heater voltage should be connected to the higher numbered pin of the heater.

9.2.1 *D.C. voltage measurement*

The required d.c. voltage is applied between the cathode and the higher numbered pin of the heater in the specified polarity, and the current flowing between them is measured as shown in Figure 13, page 34.

The current at a given voltage may take some time to become stable and it may, therefore, be necessary to state the duration of the measurement. If the value and direction of the applied voltage is taken through a cycle, a hysteresis effect may occur.

9.2.2 *Mesure en tension alternative*

La tension alternative requise est appliquée entre la cathode et le filament du tube, et la tension V_o aux bornes de la résistance de charge R_1 est mesurée comme indiqué figure 14, page 34.

Si nécessaire, une tension continue de valeur et de polarité indiquée peut être appliquée en série avec la tension de mesure alternative.

En règle générale, ces tensions sont appliquées entre la cathode et le point neutre du circuit de chauffage (point milieu du potentiomètre de chauffage R_2).

Bien qu'il soit usuel de mesurer la valeur efficace de la tension V_o , il peut être nécessaire de mesurer sa valeur de crête. Dans le cas de la mesure en tension alternative, il doit être tenu compte de l'effet capacitif dont l'influence peut ne pas être négligeable pour les résultats de la mesure.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-15:1967

9.2.2 *A.C. voltage measurement*

The required a.c. voltage is applied between the cathode and the heater of the tube or valve, and the voltage V_o across the load resistor R_1 is measured as shown in Figure 14, page 34.

If necessary, a d.c. voltage of stated value and polarity may be connected in series with the a.c. measuring voltage.

As a rule, these voltages are applied between the cathode and the neutral point of the heater circuit (centre tap of heater potentiometer R_2).

Though it is customary to measure the effective value of voltage V_o , it may be necessary to measure its peak value. In the case of a.c. voltage measurement, the capacitive effect should be taken into account, as it may not be negligible for the results of measurement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-15:1967

ANNEXE

MÉTHODE D'ANALYSE DU COURANT NÉGATIF DE GRILLE

Lorsqu'on effectue l'analyse du courant négatif de grille, il est nécessaire d'effectuer les diverses mesures aussi rapidement que possible pour éviter les effets dus aux variations des températures d'électrodes.

En supposant que:

- 1) la composante due à l'émission n'est pas variable (qu'il y a un état de saturation);
- 2) les courants de fuite se comportent conformément à la loi d'Ohm, et
- 3) l'influence d'une variation de V_{g1} est négligeable par rapport à l'influence d'une variation de V_a (ou V_{g2}), une des méthodes les plus rapides est alors la suivante.

Après que le tube à mesurer a été préchauffé dans des conditions définies, la tension de grille V_g et le courant de grille I_1 sont mesurés:

alors
$$I_1 = I_{gk} + I_{ag} + I_e + I_i \quad 1)$$

où:

I_{gk} = composante du courant de grille due aux fuites entre grille et cathode

I_e = composante du courant de grille due à l'émission de grille

I_{ag} = composante du courant de grille due aux fuites entre la grille et toutes les électrodes positives

I_i = composante du courant de grille due à l'ionisation.

La polarisation de grille est d'abord augmentée à une valeur qui supprime complètement le courant cathodique et en conséquence le courant ionique aussi, puis réglée pour être un multiple simple de la polarisation initiale, la valeur obtenue étant nV_g . Dans ces conditions le courant total de grille est mesuré:

alors
$$I_2 = nI_{gk} + I_{ag} + I_e \quad 2)$$

Dans les mêmes conditions que pour I_2 , si toutes les électrodes positives sont soudainement débranchées la fuite entre la grille et toutes les électrodes positives est supprimée et le courant de grille I_3 est mesuré:

alors
$$I_3 = nI_{gk} + I_e \quad 3)$$

En laissant les électrodes positives débranchées on double la valeur de la polarisation et le courant de grille I_4 est mesuré:

alors
$$I_4 = 2nI_{gk} + I_e \quad 4)$$

A partir de ces quatre mesures, les quatre composantes inconnues du courant total de grille peuvent être calculées.

La composante du courant de grille due aux fuites entre grille et cathode, à partir des équations 3) et 4):

$$I_{gk} = \frac{I_4 - I_3}{n} \quad 5)$$

La composante du courant de grille due aux fuites entre la grille et toutes les électrodes positives à partir des équations 2) et 3):

$$I_{ag} = I_2 - I_3 \quad 6)$$

APPENDIX

METHOD OF ANALYSIS OF NEGATIVE GRID CURRENT

When negative grid current is being analyzed, it is necessary to carry out the various measurements as quickly as possible to avoid effects due to variations in electrode temperatures.

Assuming that:

- 1) the emission component is not variable (there is a state of saturation);
- 2) the leakage currents behave according to Ohm's law, and
- 3) the influence of a change of V_{g1} in comparison with the influence of a change of V_a (or V_{g2}) is negligible, then one of the quickest methods is as follows.

After the tube or valve to be measured has been pre-heated under defined conditions, the grid voltage V_g and total grid current I_1 are measured.

then
$$I_1 = I_{gk} + I_{ag} + I_e + I_i \quad 1)$$

where:

- I_{gk} = grid current component due to grid-cathode leakage
- I_{ag} = grid current component due to leakage between the grid and all positive electrodes
- I_e = grid current component due to grid emission
- I_i = grid current component due to ionization.

The grid bias is first increased to a value which completely suppresses the cathode current and, therefore, the ion current too, and then adjusted to be a simple multiple of the initial bias with a final value nV_g . Under these conditions the total grid current I_2 is measured:

then
$$I_2 = nI_{gk} + I_{ag} + I_e \quad 2)$$

Under the same conditions as for I_2 , if all positive electrodes are suddenly disconnected, the leakage between grid and all positive electrodes is removed and the grid current I_3 is then measured:

then
$$I_3 = nI_{gk} + I_e \quad 3)$$

Leaving the positive electrodes disconnected, the bias is doubled in value and the grid current I_4 is measured:

then
$$I_4 = 2nI_{gk} + I_e \quad 4)$$

From these four measurements, the four unknown components of the total grid current may be calculated.

The grid current component caused by leakage between grid and cathode from the equations 3) and 4):

$$I_{gk} = \frac{I_4 - I_3}{n} \quad 5)$$

The grid current component caused by leakage between grid and all positive electrodes from the equations 2) and 3):

$$I_{ag} = I_2 - I_3 \quad 6)$$

La composante du courant de grille due à l'émission à partir des équations 3) et 4):

$$I_e = 2I_3 - I_4 \quad 7)$$

La composante du courant de grille due à l'ionisation à partir des équations 1) à 7):

$$I_i = I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - \frac{I_3 - I_4}{n} \quad 8)$$

En choisissant n égal ou supérieur à 10, on peut négliger le dernier terme de l'équation 8), de sorte que :

$$I_i = I_1 - I_2 - I_3 + I_4 \quad 9)$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-15:1967

The grid current component caused by emission from the equations 3) and 4):

$$I_e = 2I_3 - I_4 \quad 7)$$

The grid current component caused by ionization from the equations 1) to 7):

$$I_i = I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - \frac{I_3 - I_4}{n} \quad 8)$$

Having $n = 10$ or more, it is possible to neglect the last term in the equation 8) so that:

$$I_i = I_1 - I_2 - I_3 + I_4 \quad 9)$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-15:1967

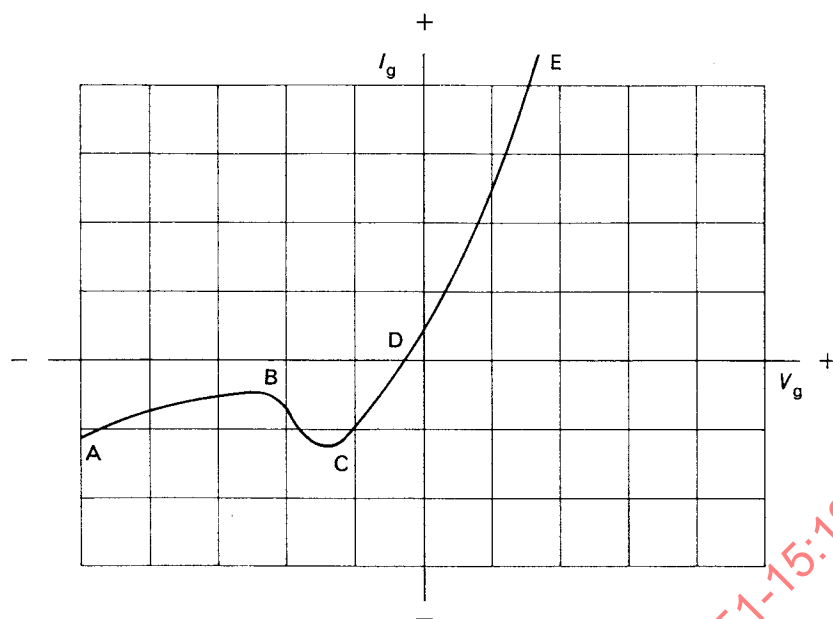


FIG. 1. — Courbe usuelle du courant de grille de commande.
Typical control grid current curve.

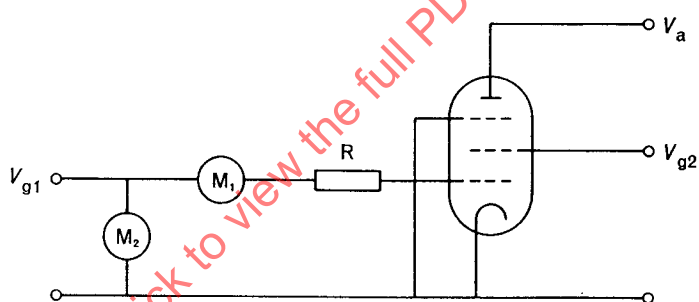


FIG. 2. — Circuit de mesure du courant négatif de grille: méthode à lecture directe.
Circuit for measurement of negative grid current: direct reading method.

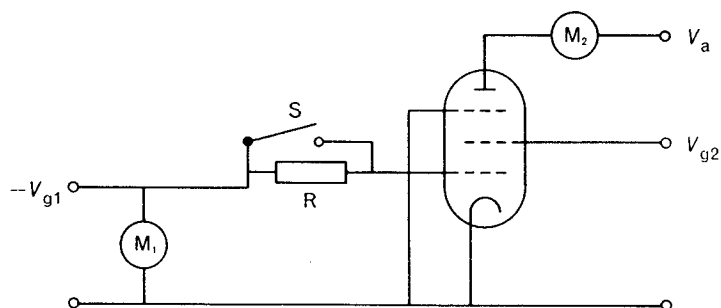


FIG. 3. — Circuit de mesure du courant négatif de grille: méthode de compensation.
Circuit for measurement of negative grid current: compensation method.