

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60235-4**

Première édition  
First edition  
1972-01

---

---

**Mesure des caractéristiques électriques  
des tubes pour hyperfréquences**

**Quatrième partie:  
Magnétrons**

**Measurement of the electrical properties  
of microwave tubes**

**Part 4:  
Magnetrons**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60235-4: 1972

## Numéros des publications

Depuis le 1<sup>er</sup> 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**

**60235-4**

Première édition  
First edition  
1972-01

---

---

**Mesure des caractéristiques électriques  
des tubes pour hyperfréquences**

**Quatrième partie:  
Magnétrons**

**Measurement of the electrical properties  
of microwave tubes**

**Part 4:  
Magnetrons**

© IEC 1972 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](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**K**

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

## SOMMAIRE

|                                                                    | Pages |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE .....                                                    | 4     |
| PRÉFACE .....                                                      | 4     |
| Articles                                                           |       |
| 1. Théorie générale .....                                          | 6     |
| 2. Conditions générales et précautions .....                       | 6     |
| 2.1 Champ magnétique .....                                         | 6     |
| 2.2 Conditions de température .....                                | 8     |
| 2.3 Pressurisation .....                                           | 8     |
| 2.4 Dangers de radiations .....                                    | 8     |
| 2.5 Appareils de mesure .....                                      | 8     |
| 2.6 Alimentation du filament .....                                 | 10    |
| 2.7 Alimentation haute tension .....                               | 10    |
| 3. Méthodes de mesure .....                                        | 10    |
| 3.1 Mesures générales .....                                        | 10    |
| 3.2 Mesures des magnétrons à impulsions .....                      | 16    |
| 3.3 Mesures des magnétrons. Fonctionnement en régime continu ..... | 16    |
| FIGURES .....                                                      | 20    |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60235-4:1972

## CONTENTS

|                                               | Page |
|-----------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                | 5    |
| PREFACE .....                                 | 5    |
| Clause                                        |      |
| 1. General theory .....                       | 7    |
| 2. General requirements and precautions ..... | 7    |
| 2.1 Magnetic field .....                      | 7    |
| 2.2 Temperature conditions .....              | 9    |
| 2.3 Pressurizing .....                        | 9    |
| 2.4 Radiation dangers .....                   | 9    |
| 2.5 Measuring equipment .....                 | 9    |
| 2.6 Heater supply .....                       | 11   |
| 2.7 H.T. supply .....                         | 11   |
| 3. Methods of measurement .....               | 11   |
| 3.1 General measurements .....                | 11   |
| 3.2 Pulsed magnetron measurements .....       | 17   |
| 3.3 C.W. magnetron measurements .....         | 17   |
| FIGURES .....                                 | 20   |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60235-4:1972

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

**MESURE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES  
DES TUBES POUR HYPERFRÉQUENCES**

**Quatrième partie: Magnétrons**

---

**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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

**PRÉFACE**

La présente recommandation a été préparée par le Comité d'Etudes N° 39 de la CEI: Tubes électroniques, et le Sous-Comité 39A: Tubes pour hyperfréquences.

Un premier projet fut examiné à la réunion du CE 39 qui eut lieu à Nice en 1962. Des projets ultérieurs furent considérés pendant les réunions du CE 39 à Aix-les-Bains en 1964 et à Tokyo en 1965. A la suite d'un examen qui prit place à cette dernière réunion, il fut décidé de diffuser un projet sous la référence du SC 39A tout nouvellement constitué. Ce projet fut examiné aux réunions du SC 39A à Florence et à Hambourg, en 1966. A la suite de cette dernière réunion, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1967.

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

|                       |                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------|
| Allemagne             | Japon                                         |
| Australie             | Pays-Bas                                      |
| Belgique              | Pologne                                       |
| Canada                | Royaume-Uni                                   |
| Danemark              | Suède                                         |
| Etats-Unis d'Amérique | Suisse                                        |
| France                | Tchécoslovaquie                               |
| Israël                | Turquie                                       |
| Italie                | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |

---

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**MEASUREMENT OF THE ELECTRICAL PROPERTIES  
OF MICROWAVE TUBES**

**Part 4: Magnetrons**

---

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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 39, Electronic Tubes, and Sub-Committee 39A, Microwave Tubes.

A first draft was considered during the TC 39 meeting held in Nice in 1962. Further drafts were considered during the TC 39 meetings in Aix-les-Bains in 1964 and Tokyo in 1965. As a result of consideration at the latter meeting it was agreed to circulate a draft under the newly-formed SC 39A. This draft was considered at the meetings of SC 39A in Florence and Hamburg in 1966. As a result a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1967.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| Australia      | Japan                               |
| Belgium        | Netherlands                         |
| Canada         | Poland                              |
| Czechoslovakia | Sweden                              |
| Denmark        | Switzerland                         |
| France         | Turkey                              |
| Germany        | Union of Soviet Socialist Republics |
| Israel         | United Kingdom                      |
| Italy          | United States of America            |

---

## MESURE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES POUR HYPERFRÉQUENCES

### Quatrième partie: Magnétrons

#### 1. Théorie générale

Les magnétrons consistent essentiellement en une cathode cylindrique, des anodes coaxiales à secteurs (qui sont les extrémités de structures résonantes couplées) et un champ magnétique coaxial unidirectionnel (passant au moins entre ces électrodes); celui-ci, avec la tension d'anode, produit une vitesse d'électrons tangentielle et à peu près synchrone avec la vitesse de phase de l'une des composantes des champs harmoniques spatiaux de l'onde stationnaire qui résulte de la tension des secteurs des anodes; de cette façon l'oscillation est entretenue.

#### 2. Conditions générales et précautions

En plus des conditions générales et précautions indiquées dans la Publication 235-2 de la CEI, et celles spécifiées par le fabricant, les conditions et précautions suivantes s'appliquent aux magnétrons en particulier:

##### 2.1 Champ magnétique

##### 2.1.1 Magnétrons prêts à fonctionner à aimant permanent incorporé

Il est nécessaire d'empêcher l'affaiblissement de l'aimant ou la distorsion de son champ au moyen d'un montage et d'une procédure appropriés. Le tube ayant, le plus souvent des dimensions et un poids aussi faibles que possible, l'aimant a généralement été magnétisé presque à son niveau de saturation et il est par conséquent facilement démagnétisable. Un choc brusque (tel qu'il est produit par un impact) ou un contact progressif avec des matériaux ferromagnétiques peuvent provoquer une perte appréciable de magnétisation qui a pour résultat une détérioration des performances du tube.

Les magnétrons en stockage doivent être écartés d'une distance minimale pour empêcher leur interaction réciproque. La distance minimale de sécurité est normalement soit marquée sur le tube, soit spécifiée dans les données caractéristiques. Si elle n'est pas précisée, la dimension maximale du magnétron peut être prise comme la distance de sécurité. Le magnétron doit être stocké sur des étagères non ferromagnétiques. Si l'on ne peut éviter l'emploi d'étagères ferromagnétiques, le tube doit être écarté du matériau ferromagnétique d'au moins la distance minimale spécifiée.

Tout matériau ferromagnétique au voisinage du magnétron peut déformer le champ. Chaque fois que c'est possible de tels matériaux doivent être complètement retirés du voisinage du magnétron. Par exemple, la plaque de montage du magnétron doit être en alliage non magnétique. Il est recommandé de n'employer, pour l'installation des magnétrons et pour effectuer d'autres travaux au voisinage de l'aimant, que des outils en matériaux non ferromagnétiques.

*Précaution:* Il importe également de ne pas placer les magnétrons trop près des instruments de mesure afin que la précision de ceux-ci n'en soit pas affectée.

##### 2.1.2 Magnétrons à aimant non incorporé

Le champ magnétique entre les pôles de l'aimant doit être homogène. Normalement les alliages employés pour les aimants permanents présentent des manques d'uniformité qui peuvent déformer le champ entre les pôles. C'est pourquoi les parties formant les pôles de l'aimant doivent être en matériau magnétique doux.

# MEASUREMENT OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF MICROWAVE TUBES

## Part 4: Magnetrons

---

### 1. General theory

Magnetrons essentially comprise a cylindrical cathode, coaxial sectored anodes (which are termini of coupled resonant structures), and a unidirectional coaxial magnetic field (passing at least between these electrodes) which, together with the anode voltage, produces tangential electron velocity which is nearly synchronous with the phase velocity of one of the space harmonic field components of the consequent standing wave of voltage on the anode sectors, thus maintaining oscillation.

### 2. General requirements and precautions

In addition to the general requirements and precautions in IEC Publication 235-2, and any specified by the manufacturer, the following requirements and precautions apply specifically to magnetrons:

#### 2.1 Magnetic field

##### 2.1.1 Integral permanent-magnet (packaged) magnetrons

It is necessary, by proper design and procedure, to prevent weakening of the magnet or distortion of its field. Since the tube must often be designed to minimize size and weight, the magnet has usually been magnetized almost to its saturation value and is thus easily demagnetized. A sharp shock (such as may result from impact), or gradual contact with ferromagnetic materials, may therefore cause appreciable loss of magnetization with resultant deterioration of tube performance.

Stored magnetrons should be separated by sufficient distance to prevent their mutual interaction. The minimum safe distance is usually marked on the tube or specified in the ratings. If it is not designated, the maximum dimension of the magnet may be taken as a safe distance. The magnetron should be stored on non-ferromagnetic shelves. If ferromagnetic shelves must be used, the tube should be separated from the ferromagnetic material by at least the stated minimum distance.

Any ferromagnetic material in the vicinity of the magnetron could distort the field. If at all possible, such material should be kept entirely away from the magnetron. For example, the magnetron mounting plate should be of non-magnetic alloy. It is recommended that, in installing magnetrons and in executing other work near the magnet, only tools made of non-ferromagnetic materials be used.

*Precaution:* It is also important to avoid positioning the magnetron so near to measuring instruments as to affect their accuracy.

##### 2.1.2 Non-integral magnet (unpacked) magnetrons

The magnetic field between the magnet pole pieces should be homogeneous. Generally, alloys used for permanent magnets show non-uniformities that may distort the field between the poles. Therefore, the pole pieces of the magnet should be made of a soft magnetic material.

Le magnétron doit être placé dans l'aimant de telle façon que l'anode soit coaxiale aux pôles.

Lors des mesures la connexion de la cathode doit être placée soit le plus près possible du pôle nord de l'aimant, soit conformément aux instructions du fabricant.

Les pôles de l'aimant doivent avoir des dimensions et une largeur d'entrefer spécifiées. Ils doivent avoir des faces parallèles à  $1^\circ$  près (ou selon les spécifications du fabricant) et coaxiales à 3 % de la largeur de l'entrefer.

La densité du flux magnétique doit être mesurée au centre sur une petite section transversale, entre les pôles sur leur axe par un moyen approprié.

Sauf indications contraires, la densité du flux magnétique doit être à  $\pm 3\%$  près de la valeur nominale indiquée.

### 2.1.3 *Alimentation des bobines de champ magnétique*

Un magnétron destiné à être utilisé avec un électro-aimant de construction déterminée fonctionne normalement d'une des façons suivantes:

- a) *fonctionnement avec un champ fixe* dans lequel la bobine de l'électro-aimant est alimentée par une source extérieure à courant continu;
- b) *fonctionnement avec champ en série* dans lequel la bobine de l'électro-aimant est branchée en série avec l'anode et est alimentée par le courant d'anode qui la traverse;
- c) *fonctionnement avec sources d'alimentation combinées* dans lequel la bobine de l'électro-aimant est alimentée par le courant d'anode ainsi que par une source extérieure à courant continu.

Chacun de ces modes de fonctionnement présentant des caractéristiques particulières et les performances de magnétron dépendant du mode employé, un magnétron doit être mesuré dans les conditions du circuit indiquées par le fabricant. Pour le fonctionnement avec un champ fixe le courant d'alimentation de la bobine doit être réglé à une valeur donnée, et pour le fonctionnement aux sources d'alimentation combinées, la résistance interne et/ou la tension à vide de la source extérieure d'alimentation en courant continu doivent être réglées de façon à obtenir le courant d'anode indiqué. Quand l'utilisateur désire un fonctionnement avec champ en série ou avec sources d'alimentation combinées, les recommandations du fabricant relativement à ce mode de fonctionnement seront suivies, y compris l'emploi de circuits de protection pour le tube, les bobines et/ou l'alimentation, nécessaires à la protection du tube en cas de rupture de bobine, ou encore la conception des bobines et des circuits de façon à éviter les ruptures provoquées par une saute de courant.

### 2.2 *Conditions de température*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 2.

### 2.3 *Pressurisation*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 3.

### 2.4 *Dangers de radiations*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 4.

### 2.5 *Appareils de mesure*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 1.

Le magnétron est branché à une charge qui répond à des conditions précisées.

*Note.*—Lorsque les conditions spécifiées sont différentes des conditions d'adaptation, la charge peut influencer les mesures, en particulier les mesures concernant les effets d'instabilité. Dans ce cas il importe:

- a) que le coefficient de surtension de la charge soit à l'intérieur des valeurs limites indiquées pour une gamme de fréquence donnée; ou
- b) que la longueur de la ligne de transmissions entre le plan de référence du magnétron et la partie dissipative de la charge soit à l'intérieur des limites prévues par le fabricant.

The magnetron should be located in the magnet in such a way that its anode block is coaxial with the pole pieces.

In installing the tube, the cathode connection should be nearest to the north pole of the magnet or in accordance with the manufacturer's instructions.

The magnet pole pieces should have stated dimensions and a stated gap width and have faces parallel within 1°, or as specified by the manufacturer, and coaxial within 3% of the gap width.

The magnetic flux density should be measured over a small cross-section that is located midway between the poles on the axes of the poles.

Unless otherwise stated, the magnetic flux density should be within  $\pm 3\%$  of the stated nominal value.

### 2.1.3 *Magnetic field supply*

A magnetron to be used with a specifically designed electromagnet is usually operated in one of the following ways:

- a) *fixed-field operation* in which the coil of the electromagnet is excited by external d.c. supply;
- b) *series-field operation* in which the coil of the electromagnet is connected in series with the anode and excited by the anode current passing through it;
- c) *combined-field operation* in which the coil of the electromagnet is excited by both anode current and an external d.c. supply.

Since each of these methods of operation has its own features and the performance of the magnetron depends on the method used, a magnetron should be measured in the circuit specified in the manufacturer's instructions. For fixed-field operation, the exciting current of the coil should be adjusted to a stated value, and for combined-field operation the internal resistance and/or open-circuit voltage of the external d.c. field supply should be adjusted to give a stated anode current. When the user wishes to make use of series-field or combined-field operation, the manufacturer's recommendations relative to this service should be followed, including the use of protective circuits for tube, coil and/or supply that are necessary to protect the tube in the event of coil flash-over, or the design of coils and circuits so as to prevent flash-over caused by current surges.

## 2.2 *Temperature conditions*

See IEC Publication 235-2, Clause 2.

## 2.3 *Pressurizing*

See IEC Publication 235-2, Clause 3.

## 2.4 *Radiation dangers*

See IEC Publication 235-2, Clause 4.

## 2.5 *Measuring equipment*

See IEC Publication 235-2, Clause 1.

The magnetron is connected to a load that satisfies stated conditions.

*Note.*—When the stated conditions differ from the matched conditions, the load may influence the measurements, in particular measurements dealing with output power and instability effects. In this case, it is necessary that either:

- a) the Q-factor of the load be within stated values over a stated frequency range; or
- b) the length of the transmission line between the magnetron reference plane and the dissipative part of the load be within the limits stated by the manufacturer.

## 2.6 *Alimentation du filament*

Immédiatement (ou dans un délai donné) après l'application de la tension d'anode, la tension ou le courant du filament doit être réduit(e) en conformité avec le régime du filament. La valeur prévue doit être maintenue à  $\pm 5\%$  près pour la tension ou à  $\pm 3\%$  près pour le courant pendant toutes les mesures.

*Note.* – Dans les magnétrons à chauffage direct et dans lesquels la puissance de chauffage du filament est petite par rapport à la puissance d'alimentation d'anode il peut être nécessaire d'avoir recours à une compensation automatique pour maintenir constante la température du filament.

## 2.7 *Alimentation haute tension*

Après la mise sous tension du filament, et après le délai h.t. prévu, la tension d'anode est appliquée et réglée de façon à obtenir la valeur spécifiée du courant d'anode.

Pour les magnétrons à impulsions, la forme de l'impulsion de la tension d'anode doit satisfaire aux conditions spécifiées qui doivent comprendre:

- a) durée de l'impulsion;
- b) fréquence de répétition des impulsions;
- c) vitesse de croissance de l'impulsion;
- d) temps de décroissance de l'impulsion;
- e) caractéristique de la pointe.

Les conditions suivantes peuvent également être indiquées:

- f) chute et ondulation du palier de la tension d'impulsion;
- g) oscillation après l'impulsion;
- h) onde inverse après l'impulsion.

Pour les magnétrons à impulsions à chauffage indirect, le point négatif de la source h.t. doit être réuni à la connexion commune cathode/filament du magnétron afin de ne pas causer de dommages au filament. Pour la même raison il est conseillé de placer un condensateur de valeur élevée directement aux bornes du filament.

Pour les magnétrons ayant un fonctionnement continu et alimentés en courant continu, l'impédance interne de la source h.t. doit être celle prévue pour la mesure, et le pourcentage d'ondulations ne doit pas dépasser 3% de la tension.

Pour les magnétrons ayant un fonctionnement continu mais alimentés en courant alternatif ou par une tension redressée non filtrée, la forme d'onde de la tension à vide et l'impédance interne de la source h.t. (ou les valeurs de crête et moyenne du courant d'anode) doivent être conformes à celles indiquées.

## 3. **Méthodes de mesure**

### 3.1 *Mesures générales*

Ces mesures sont valables pour les magnétrons à impulsions ainsi que les magnétrons ayant un fonctionnement continu.

#### 3.1.1 *Puissance de sortie moyenne en radiofréquence*

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 5.1.

#### 3.1.2 *Fréquence*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 7.

## 2.6 *Heater supply*

Immediately after, or within a stated interval after the application of anode voltage, the heater voltage or current should be programmed in accordance with the heater schedule. The schedule value should be maintained within  $\pm 5\%$  for voltage, or  $\pm 3\%$  for current, throughout the measurement.

*Note.* – In magnetrons with filamentary cathodes and in which the heater power is very small compared with the anode input power, it may be necessary to use automatic compensation in order to keep the filament temperature constant.

## 2.7 *H.T. supply*

After the heater has been energized, and after the stated h.t. delay time, the anode voltage is applied and adjusted to provide a stated value of anode current.

For pulsed magnetrons it is necessary that the shape of the anode voltage pulse satisfy stated measurements, which should include:

- a) pulse duration;
- b) pulse repetition frequency;
- c) pulse rate-of-rise;
- d) pulse fall time;
- e) spike.

The following may also be stated:

- f) pulse voltage droop and ripple;
- g) post-pulse oscillation;
- h) back swing.

For pulsed magnetrons with indirectly heated cathodes, the negative line of the h.t. supply is connected to the common cathode-heater terminal of the magnetron to avoid damage to the heater. For the same reason, it is good practice to connect a capacitor of large value directly between the heater terminals.

For c.w. magnetrons operated with d.c. voltage, the internal impedance of the h.t. supply should be as stated for the measurement and the percentage of ripple voltage should not exceed 3%.

For c.w. magnetrons operated with a.c. or unfiltered rectified voltage, the waveform of open circuit voltage and internal impedance of the h.t. supply, or the peak and mean values of the anode current, should be as stated.

## 3. **Methods of measurement**

### 3.1 *General measurements*

These measurements are applicable to both pulsed and c.w. magnetrons.

#### 3.1.1 *Mean r.f. output power*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 5.1.

#### 3.1.2 *Frequency*

See IEC Publication 235-2, Clause 7.

3.1.3 *Accord*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 13 et paragraphes 13.1 à 13.6.

*Précaution:* les mesures d'accord doivent être effectuées avec une charge adaptée.

3.1.4 *Hystérésis*

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 13.7.

*Précaution:* les mesures d'hystérésis doivent être effectuées avec une charge adaptée.

3.1.5 *Effet de modulation du filament*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 9.

3.1.6 *Coefficient d'entraînement de fréquence*

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 10.1.

*Précaution:* l'impédance d'un magnétron varie avec la phase du coefficient de réflexion. En conséquence, le courant d'anode devra rester approximativement constant pendant la mesure.

3.1.7 *Coefficient de poussée de fréquence*

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 10.2.

3.1.8 *Oscillations sur des modes parasites*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 11.

3.1.9 *Coefficient de température de la fréquence*

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 7.3.

3.1.10 *Emballement*

Le magnétron est couplé à une charge ayant une désadaptation réglable. La désadaptation de la charge est réglée à une valeur spécifiée du taux d'ondes stationnaires et la position du minimum de tension correspondant est réglée de façon à obtenir la valeur minimale de la puissance de sortie. Le magnétron fonctionnant à la tension d'alimentation prévue, la variation du courant d'anode et/ou de la puissance est relevée pendant un temps spécifié afin de déterminer s'il y a emballement.

L'emballement peut être convenablement contrôlé, au moyen d'un oscilloscope, par l'examen de la tension et du courant d'anode.

Pour le contrôle de l'emballement, surtout dans le cas des magnétrons à fonctionnement continu, l'impédance interne de la source ne doit pas dépasser la valeur indiquée.

3.1.11 *Moding*

Le magnétron est couplé à une charge ayant une désadaptation réglable. La désadaptation est réglée à une valeur minimale indiquée du taux d'ondes stationnaires. Le magnétron fonctionnant dans des conditions spécifiées, on fait varier la position du minimum de tension pour toutes les phases. Le moding se présente habituellement sous forme d'une variation brusque et importante (1) de la fréquence et/ou (2) des caractéristiques de tension et de courant et/ou (3) de puissance de sortie.

3.1.3 *Tuning*

See IEC Publication 235-2, Clause 13 and Sub-clauses 13.1 to 13.6.

*Precaution:* tuning measurements should be performed with a matched load.

3.1.4 *Hysteresis*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 13.7.

*Precaution:* hysteresis measurements should be performed with a matched load.

3.1.5 *Heater modulation effect*

See IEC Publication 235-2, Clause 9.

3.1.6 *Frequency-pulling figure*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 10.1.

*Precaution:* the impedance of the magnetron changes with the phase of the reflection coefficient. Therefore, the anode current should be approximately constant during the measurement.

3.1.7 *Frequency-pushing figure*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 10.2.

3.1.8 *Spurious mode oscillations*

See IEC Publication 235-2, Clause 11.

3.1.9 *Temperature coefficient of frequency*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 7.3.

3.1.10 *Runaway*

The magnetron is coupled to a load having an adjustable mismatch. The mismatch of the load is adjusted to a stated value of v.s.w.r. and the position of the associated voltage minimum is adjusted to obtain the minimum output power. The magnetron is operated with the stated supply voltage, and the change in anode current and/or power output is observed for a stated period of time, in order to determine whether runaway occurs or not.

Runaway may be conveniently observed by means of an oscilloscope connected so as to display anode voltage and anode current.

For the observation of runaway, especially of c.w. magnetrons, the internal impedance of the power supply should not exceed a stated value.

3.1.11 *Moding*

The magnetron is coupled to a load having an adjustable mismatch. The mismatch is adjusted to a stated minimum v.s.w.r. With the magnetron operated under stated conditions the position of the voltage minimum is varied through all phases. Moding is usually evidenced by an abrupt large change in (1) frequency and/or (2) voltage-current characteristics, and/or (3) output power.

Pour les magnétrons à impulsions, ce phénomène peut être observé sur un analyseur de spectre. On le décèle par des raies manquantes dans le spectre de sortie ainsi que par des traces doubles sur un oscilloscope lorsqu'on observe la puissance de sortie en radio-fréquence, ou le courant, ou la tension d'anode, qui sont fonction de la phase et de l'importance de la désadaptation, ou de la valeur du courant anodique.

Si aucune variation brusque ne se produit le minimum de tension est maintenu à la position de la puissance maximale de sortie (qui est normalement la position la plus favorable au moding) et l'on observe le magnétron pendant un temps donné, au besoin, pour déterminer si un manque de stabilité de mode se produit par la suite, par exemple, par suite d'une chute de température de la cathode.

### 3.1.12 Tension pour un courant réduit

La tension ou le courant du filament de chauffage doit être réglé à la valeur de repos pour cette mesure.

La tension d'anode est augmentée progressivement à partir de zéro jusqu'à la valeur requise du courant d'anode. Ce courant d'anode est choisi à un faible pourcentage (normalement 5 % à 10 %) du courant d'anode de plein fonctionnement. L'amplitude de la tension d'anode est ensuite mesurée.

*Note.* — Cette mesure remplace une mesure de démarrage qui a un caractère subjectif parce que le commencement de l'oscillation est difficilement définissable. Les mesures devront être effectuées selon les instructions du fabricant car certains magnétrons peuvent nécessiter un programme filament spécial pour éviter la destruction provoquée par un surchauffage pendant la mesure.

### 3.1.13 Effet corona et arcs

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 6.6.

L'objet de cette mesure est de déceler l'effet corona et les arcs sur les magnétrons. L'effet corona et les arcs se produisent en relation avec des surfaces conductrices qui ne sont pas disposées à l'intérieur de l'enveloppe du magnétron.

Les conditions de fonctionnement doivent être conformes aux indications particulières du fabricant.

Sauf indications contraires, l'essai est fait de la façon suivante:

- a) La tension d'anode désirée est appliquée au magnétron dans la chambre d'essai.
- b) La pression dans la chambre est réduite à la valeur spécifiée et elle est maintenue à cette valeur pendant au moins 60 s pendant lesquelles il ne doit pas y avoir trace d'effet corona ou d'arcs.

### 3.1.14 Pressurisation

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 3.

L'objet de cette mesure est de déterminer la possibilité du tube à résister à une haute pression sans détérioration et/ou de déterminer s'il est besoin de joints étanches.

Les parties concernées du tube sont reliées à une chambre de dimensions spécifiées, et l'on fait augmenter la pression jusqu'à la valeur prévue. L'importance des fuites et les déformations mécaniques sont notées. Le tube est satisfaisant si les mesures sont dans les limites données.

*Note.* — Cette mesure est généralement effectuée lorsque le tube ne fonctionne pas.

### 3.1.15 Fonctionnement sous basse/haute pression

L'objet de cette mesure est de déterminer si le tube fonctionne bien dans des conditions de pression données.

Les dispositifs d'entrée et de sortie sont placés dans des enceintes convenables. Le tube est acceptable si le fonctionnement normal se maintient dans des conditions de pression données.

For pulsed magnetrons, moding may be observed in a spectrum analyser. It is evidenced by missing lines in the output spectrum, together with double traces on an oscilloscope displaying r.f. output, anode current and anode voltage that are a function of the phase and magnitude of the mismatch or the value of anode current.

If a sudden change does not occur, the voltage minimum is kept at the position of maximum output power (which is usually that most favourable to moding) and if necessary, the magnetron is further observed for a stated period to see whether a mode instability occurs because of, for instance, the decrease of cathode temperature.

#### 3.1.12 *Voltage at reduced current*

The heater voltage or current for this measurement should be set at the standby value.

The anode voltage is increased gradually from zero until the required value of anode current is reached. This anode current is chosen to be a small percentage (usually 5% to 10%) of the full operating anode current. The amplitude of the anode voltage is then measured, and should be within the specified values.

*Note.* – This measurement is substituted for one dealing with starting, which is subjective because the start of oscillation is difficult to detect. The measurements should be made in accordance with the manufacturer's instructions as some magnetrons may require special cathode programming to avoid destruction arising from excessive back-heating during the measurement.

#### 3.1.13 *Corona and arcing*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 6.6.

The purpose is to detect corona and arcing on magnetrons. Corona and arcing occur on conducting surfaces which are not enclosed within the envelope of the magnetron.

Operating conditions shall be as specified on the manufacturer's individual specification sheet.

Unless otherwise stated, the sequence of the procedure shall be as follows:

- a) The required anode voltage is applied to the magnetron in the test chamber.
- b) The pressure in the chamber is reduced to the required value and maintained at that value for at least 60 s, during which there shall be no evidence of corona or arcing.

#### 3.1.14 *Pressurizing*

See IEC Publication 235-2, Clause 3.

The purpose is to determine the ability of the tube to withstand high pressure without damage, and/or to provide pressure-tight seals where required.

The parts of the tube shall be connected to a chamber of stated dimensions and the pressure increased to the stated value. The leak rate and mechanical distortion are measured. The tube is satisfactory if measurements are within the specified limits.

*Note.* – This measurement is usually conducted with the tube non-operating.

#### 3.1.15 *Low/high pressure operation*

The purpose is to determine whether or not the tube will operate satisfactorily in a stated pressure environment.

Input and output systems are placed in suitable enclosure(s). The tube is satisfactory if normal operation continues under stated pressure conditions.

### 3.1.16 *Pouvoir de redémarrage*

Le magnétron fonctionne dans des conditions spécifiées. Lorsqu'il a atteint un régime de fonctionnement stable, la haute tension et la tension d'alimentation du filament sont coupées. Lorsque le magnétron a atteint sa température d'équilibre à froid, toutes les tensions d'alimentation sont appliquées de nouveau suivant le processus indiqué. On vérifie alors si le courant a atteint dans un temps donné un pourcentage spécifié de la valeur stable d'origine pour le régime de fonctionnement stable.

### 3.1.17 *Stabilité d'émission*

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 5.5.

En plus de la puissance et la fréquence le moding doit être déterminé.

## 3.2. *Mesures des magnétrons à impulsions*

### 3.2.1 *Mesures des impulsions*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 6 et paragraphes 6.1 à 6.6.

### 3.2.2 *Largeur de spectre*

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 7.1.

### 3.2.3 *Stabilité des impulsions*

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 12.

### 3.2.4 *Modulation fortuite de fréquence en impulsions*

Pendant le fonctionnement du tube les caractéristiques du spectre sont observées sur l'écran d'un analyseur de spectre. S'il y a une modulation de fréquence l'enveloppe du spectre présentera une modulation analogue à celle indiquée à la figure 1a, ou un moding partiel comme indiqué à la figure 1b ou un chevauchement comme indiqué à la figure 1c.

La modulation fortuite de fréquence est mesurée sous forme de la différence de fréquence (la distance AB des figures 1) entre la courbe qui passe par toutes les crêtes de l'enveloppe du spectre et celle qui passe par tous les vallons.

Cette valeur comprenant la modulation de fréquence fortuite propre de l'analyseur, ce dernier doit être contrôlé avec la sortie d'un générateur d'ondes entretenues que l'on sait être exempt de modulation de fréquence. La modulation de fréquence fortuite inhérente à l'analyseur doit être soustraite de la valeur mesurée comme indiqué ci-dessus. La sortie du modulateur doit également présenter une ondulation d'impulsion à impulsion et une indécision d'amplitude inférieures à des valeurs spécifiées. Sauf indications contraires, cette mesure doit être effectuée dans les conditions d'un fonctionnement normal.

## 3.3 *Mesures des magnétrons. Fonctionnement en régime continu*

### 3.3.1 *Puissance minimale de sortie pour une charge désadaptée*

Lorsque le magnétron fonctionne dans des conditions données la puissance de sortie est mesurée pour une désadaptation spécifiée de la charge avec un taux d'ondes stationnaires spécifié et la phase réglée pour obtenir la puissance minimale de sortie. Cette valeur minimale est mesurée.

*Note.* – Un magnétron, destiné au chauffage industriel, fonctionne très souvent avec une charge ayant une désadaptation élevée.

### 3.1.16 *Restarting ability*

The magnetron is operated under stated conditions. After a steady state of operation is reached, the h.t. and heater supply voltages are turned off. After the magnetron has reached equilibrium in the cold state all the supply voltages are again turned on in accordance with the stated procedure. A check is made to determine whether the anode current reaches a stated percentage of the original steady state value within the stated period.

### 3.1.17 *Emission stability*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 5.5.

Moding, as well as power and frequency should be determined.

## 3.2 *Pulsed magnetron measurements*

### 3.2.1 *Pulse measurements*

See IEC Publication 235-2, Clause 6 and Sub-clauses 6.1 to 6.6.

### 3.2.2 *Spectrum width*

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 7.1.

### 3.2.3 *Pulse stability*

See IEC Publication 235-2, Clause 12.

### 3.2.4 *Incidental f.m.*

During operation the spectrum pattern is observed on the cathode-ray tube screen of a spectrum analyser. If incidental f.m. exists, the spectrum envelope will show a modulation as in Figure 1a or partial moding as shown in Figure 1b, or twinning as shown in Figure 1c.

Incidental f.m. is measured as the frequency difference (the distance AB in Figures 1) between the curve that passes through every peak of the spectrum envelope and that which passes through every valley.

Since this value includes incidental f.m. of the analyser, the analyser should be checked against the output of a c.w. generator known to be free of f.m. The inherent incidental f.m. of the analyser should be subtracted from the value measured above. The modulator output should also have pulse-to-pulse ripple and amplitude jitter less than stated values. Unless otherwise stated, this measurement should be performed under normal operating conditions.

## 3.3 *C.W. magnetron measurements*

### 3.3.1 *Minimum output power at mismatched load*

With the magnetron operated under stated conditions, the output power is measured with a mismatched load having a stated v.s.w.r. and phase adjusted to give minimum output power. This minimum value is measured.

*Note.* — A c.w. magnetron designed for dielectric heating is often operated with highly mismatched load.