

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60235-6

Première édition
First edition
1972-01

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

**Sixième partie:
Klystrons de grande puissance**

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

**Part 6:
High-power klystrons**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60235-6: 1972

Numéros des publications

Depuis le 1er 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**

60235-6

Première édition
First edition
1972-01

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

**Sixième partie:
Klystrons de grande puissance**

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

**Part 6:
High-power klystrons**

© 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 IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Théorie	6
2. Précautions générales	8
2.1 Généralités	8
2.2 Précautions à prendre pour éviter les dommages pendant les mesures	10
3. Conditions générales de mesure	10
3.1 Jauge ionique	10
3.2 Manutention	12
3.3 Montage	12
3.4 Cavités extérieures	12
3.5 Tensions et courants des électrodes	12
3.6 Dangers des rayons X	12
3.7 Conditions d'excitation radiofréquence	12
3.8 Conditions de démarrage	12
3.9 Conditions d'accord (fonctionnement à bande étroite)	14
4. Mesures en radiofréquence	16
4.1 Excitation	16
4.2 Puissance de sortie	16
4.3 Accord	16
4.4 Stabilité en puissance	16
4.5 Stabilité en désadaptation	16
4.6 Mesures en oscillation	16
4.7 Mesures en amplification	18
FIGURES	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60235-6:1972

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Theory	7
2. General precautions	9
2.1 General	9
2.2 Precautions to prevent damage during measurements	11
3. General measuring conditions	11
3.1 Ion gauge	11
3.2 Handling	13
3.3 Mounting	13
3.4 External cavities	13
3.5 Electrode voltages and current	13
3.6 X-radiation hazards	13
3.7 R.F. drive conditions	13
3.8 Start-up conditions	13
3.9 Tune-up conditions (narrow-band operation)	15
4. R.F. measurements	17
4.1 Drive	17
4.2 Output power	17
4.3 Tuning	17
4.4 Power stability	17
4.5 Mismatch stability	17
4.6 Oscillator measurements	17
4.7 Amplifier measurements	19
FIGURES	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60235-6:1972

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Sixième partie: Klystrons de grande puissance

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 établie par le Comité d'Etudes N° 39 de la CEI: Tubes électroniques, et le Sous-Comité 39A: Tubes pour hyperfréquences.

Un premier projet fut discuté lors des réunions du SC 39A tenues à Florence et à Hambourg en 1966. Un deuxième projet fut discuté lors de la réunion tenue à New Haven en 1967. A la suite de cette dernière réunion, un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1968.

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

Allemagne	Japon
Australie	Pologne
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 6: High-power klystrons

FOREWORD

- 1) The formal decisions of 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 discussed at the meetings of SC 39A held in Florence and Hamburg in 1966. A further draft was discussed at the meeting in New Haven in 1967. As a result of this latter meeting, a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1968.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Belgium	Poland
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
France	Turkey
Germany	United Kingdom
Israel	United States of America

MESURE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES POUR HYPERFRÉQUENCES

Sixième partie: Klystrons de grande puissance

1. Théorie

Un klystron de grande puissance est un tube électronique dans lequel un faisceau électronique de haute densité traverse une série d'espaces de glissement non interceptifs qui agissent sur le faisceau pour produire des variations de vitesse qui, après une période convenable de glissement, apparaissent sous forme de variation de densité. La puissance peut être prélevée au moyen d'un espace de captation, d'impédance convenable, à la sortie. Le faisceau est engendré par un élément émetteur d'électrons en relation avec des champs électriques résultant de l'anode d'accélération, de l'anode de concentration ou de l'anode de modulation et modifié par l'effet des grilles s'il en existe.

Le faisceau doit être maintenu concentré par des moyens magnétiques ou électrostatiques afin d'empêcher sa dispersion en raison de la charge d'espace importante qui existe dans le faisceau. Une telle dispersion produirait, le plus souvent, un faisceau à faible transmission. On peut aussi, pour des niveaux de puissance déterminés, utiliser des structures d'espaces compatibles avec la dispersion du faisceau. Le faisceau peut être ainsi rendu acceptable. Cependant, le rendement et le gain de l'amplificateur peuvent en souffrir par suite du faible coefficient de couplage d'espace qui en résulte.

L'utilisation d'une grille de contrôle dans les klystrons de grande puissance n'est pas courante en raison des difficultés que peut engendrer une émission de la grille. Plus courante est l'utilisation d'anodes de concentration qui permettent de contrôler les paramètres du faisceau. Pour la modulation totale du faisceau, l'anode de modulation est placée entre l'anode et la cathode, ce qui protège la cathode des champs de l'anode et permet de régler le courant du faisceau de zéro jusqu'à sa plus grande valeur.

Le faisceau ainsi établi traverse un espace d'entrée excité à la fréquence pilote; les champs dus à l'excitation sont couplés avec le faisceau et produisent des variations de la vitesse. Dans un espace de glissement convenable, les électrons les plus lents sont dépassés par les électrons les plus rapides; il en résulte la formation d'un faisceau groupé (densité modulée). La vitesse de chaque électron peut encore être modifiée par la traversée ultérieure d'une série d'espaces supplémentaires qui sont excités par le faisceau électronique à la fréquence pilote. Par un accord approprié du circuit de résonance de chaque espace (établissement d'une impédance convenable), on peut accentuer les groupements de manière à moduler totalement le faisceau à la fréquence pilote. Pratiquement, les différentes cavités intermédiaires introduites entre les espaces d'entrée et de sortie augmentent le gain en groupant complètement le faisceau avant son entrée dans l'espace de sortie. Ces cavités peuvent être totalement désaccordées afin de donner un plus grand rendement et une plus grande largeur de bande. De cette façon, on peut obtenir un gain élevé avec une largeur de bande pouvant aller jusqu'à 10%. Lorsque le faisceau groupé traverse l'espace de sortie qui présente une impédance convenable à la fréquence de sortie désirée (fréquence fondamentale ou harmonique), la puissance est prélevée.

Les klystrons de grande puissance utilisent des circuits de résonance à cavités pour le couplage et l'action sur le faisceau électronique. Dans certains cas, les cavités sont dans l'enceinte sous vide; de tels tubes sont appelés klystrons à cavité incorporée; lorsque la cavité n'est pas entièrement incorporée dans l'enceinte sous vide, un joint en céramique isole la partie de la cavité qui est dans l'enceinte du reste de la cavité. Dans les deux cas, les cavités peuvent être accordées par la

MEASUREMENT OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF MICROWAVE TUBES

Part 6: High-power klystrons

1. Theory

A high-power klystron is an electron tube in which a high-density electron beam traverses a sequence of non-intercepting gaps which act upon the beam to produce velocity variations which, after a suitable drift period, cause density variations. Power can be extracted by provision of suitable impedance at the output gap. The beam is formed by an electron-emitting element in conjunction with fields derived from the accelerating electrode, the focusing anode or the modulating anode, as modified by effects of grid structures, if any are used.

The beam is confined by magnetic or electrostatic focusing means to prevent its expansion because of the high space-charge force acting within the beam. Such expansion would often result in low beam transmission. Alternatively, at fixed power level, it is possible to use gap structures consistent with beam spread. Thus, beam transmission can be made acceptable. However, efficiency and amplifier gain may suffer because of the lower value of gap-coupling coefficient which results.

The use of a control grid in high-power klystrons is not common, because of the difficulties that may arise from grid emission. More commonly, focusing anodes are used to provide vernier control of beam parameters. For full modulation of the beam, a modulating anode is placed between anode and cathode to shield the cathode from anode fields and thus permit beam current to be adjusted from zero to full value.

The beam first traverses an input gap excited at the driving frequency; the driving-frequency fields, coupling with the beam, produce variations in velocity. The beam then enters a suitable drift space where the overtaking of slower electrons by faster electrons results in the formation of a bunched (density modulated) beam. In addition to driving-frequency components, a very large number of harmonic components are present in the beam. The velocity of individual electrons may be further modified by subsequent passage through a sequence of additional gaps coupled to cavities that are excited by the electron beam at the driving frequency. By appropriate tuning of the resonant cavity attached to each gap (establishment of a suitable impedance), the bunches may be made so sharp as to modulate fully the beam at the driving frequency. The several intermediate gaps between the input and output gaps also increase gain by thoroughly bunching the beam before it enters the output gap. The cavities associated with these gaps can be carefully tuned off resonance to produce greater efficiency and bandwidth. In this way high gain with bandwidth up to 10% can be achieved. When the bunched beam traverses the output gap, which is provided with a suitable impedance at the desired output frequency (fundamental or harmonic), power is extracted from the beam.

High-power klystrons use cavity-type resonant circuits to couple to, and act upon, the electron beam. In some tubes, called integral-cavity klystrons, the cavities are part of the vacuum envelope. When the cavity is not completely within the vacuum envelope, a ceramic seal isolates that portion of the cavity which is within the envelope from the rest of the cavity. In either case, cavities can be tuned by appropriate deformation of the electromagnetic fields of the cavity.

déformation appropriée des champs électromagnétiques de la cavité. Voir la figure 1, page 20, pour une coupe d'ensemble d'un tube à cavité incorporée. L'utilisateur se référera aux instructions du fabricant pour plus de détails.

Les klystrons de puissance oscillateurs utilisent le même genre d'interaction, mais possèdent des dispositifs de réaction qui produisent des oscillations.

2. Précautions générales

2.1 Généralités

En raison des très hautes tensions utilisées pour le fonctionnement de grande puissance, il est indispensable de respecter scrupuleusement les règles nationales et locales en ce qui concerne le rayonnement en radiofréquences et les rayons X, la haute tension, la puissance élevée, et tout autre facteur qui peut être dangereux pour le personnel.

Il faut bien comprendre que les rayons X engendrés par des klystrons de grande puissance sont beaucoup plus intenses que ceux des tubes industriels à rayons X. Par conséquent, la moindre négligence eu égard aux précautions qui ont été prescrites par le fabricant ou l'omission, par mégarde, de toute partie du dispositif de protection contre les rayons X, peuvent provoquer une blessure instantanée et une incapacité permanente de l'opérateur. Ce danger est insidieux, car les rayons X ne peuvent être ni vus ni ressentis immédiatement. Il est également indispensable de s'assurer que les dispositifs de verrouillage, les circuits de mise à la terre et les systèmes de protection et de contrôle sont utilisés correctement.

En raison de la dimension importante des klystrons de grande puissance avec leurs aimants et leur dispositif de refroidissement, les instructions du fabricant concernant la manipulation, l'emballage et l'emmagasinage doivent être scrupuleusement observées.

Certains klystrons ont des fenêtres en oxyde de béryllium qui ne doivent pas être nettoyées avec des abrasifs, car la poussière d'oxyde de béryllium est dangereuse lorsqu'elle est avalée ou respirée et elle envenime les blessures externes.

On fait généralement fonctionner les klystrons de grande puissance le corps du tube étant mis au potentiel de la terre, de manière que le personnel ne soit pas exposé aux dangers engendrés par la haute tension dans la ligne de transmission hyperfréquences. Etant donné que le potentiel de la cathode est négatif, tous les circuits reliés au filament et aux éléments de contrôle, s'il y a lieu, doivent être, par conséquent, isolés en haute tension d'une manière appropriée.

Précautions:

En raison de l'importance de la puissance disponible dans les klystrons à grande puissance, il est indispensable que toutes les connexions hyperfréquences soient soigneusement établies afin d'éviter les radiations, qui, non seulement rendent difficile la réalisation de mesures précises, mais sont également dangereuses pour le personnel. La charge d'eau doit être conçue de manière à éviter les points d'eau stationnaire qui peuvent se transformer en vapeur d'eau et produire des résultats désastreux.

Note. — Il est également indispensable de se conformer aux dispositions de sécurité prévues dans les recommandations de la CEI indiquées ci-dessous:

Publication 215-1: Règles de sécurité applicables aux matériels d'émission radioélectrique – Première partie: Règles (Première édition, 1966);

Publication 215-2: Règles de sécurité applicables aux matériels d'émission radioélectrique – Deuxième partie: Méthodes d'essai (Première édition, 1967);

Publication 65: Règles de sécurité pour les appareils électroniques et appareils associés à usage domestique ou à usage général analogue, reliés à un réseau (Troisième édition, 1972);

Publication 284: Règles de conduite imposées par les dangers inhérents à l'exploitation des matériels électroniques et autres matériels utilisant des techniques analogues (Première édition, 1968).

A general schematic cross-section view of an integral cavity tube is shown in Figure 1, page 20. The user should refer to the manufacturer's instructions for details.

Power oscillator klystrons use the same type of interaction, but are constructed with feedback means to produce oscillations.

2. General precautions

2.1 General

Because of the very high voltages associated with high-power klystrons, it is essential to adhere scrupulously to national and local regulations regarding r.f. and X-radiation, high voltage and power, and other operating hazards to personnel.

It must be realized that the X-rays generated by a high-power klystron are many times more intense than those of a typical industrial X-ray tube. Consequently, any neglect of the precautions required by the manufacturer, or accidental omission of any part of the X-ray shielding, can cause immediate and lasting injury to the operator. This hazard is insidious, because the X-rays cannot be seen or immediately felt. It is also necessary to ensure the correct use of interlocks, earthing circuits, shielding arrangements and monitoring procedures.

Because of the large physical size of high-power klystrons, together with related magnets and cooling systems, the manufacturer's instructions regarding handling, packaging and storing should be strictly observed.

Some klystrons have beryllium oxide windows that must not be cleaned with abrasive materials, since beryllium oxide dust is dangerous when it is ingested, inhaled, or contaminates surface wounds.

High-power klystrons are usually operated with the tube body at ground potential, so that operating personnel are not subjected to the danger of high voltage on the microwave transmission line. Since the cathode is at a negative potential, all of the circuitry associated with the heater and control elements, if any, must therefore be suitably insulated from the high voltage.

Caution:

Because of the great amount of power available from high-power klystrons, it is essential that all microwave connections be thoroughly fastened to avoid radiation, which not only makes it difficult to make accurate measurements but may also be hazardous to personnel. The water load should be constructed carefully so as to avoid any pools of standing water, as such pools may be converted to steam with disastrous results.

Note. — It is imperative to comply also with the safety provisions contained in the following IEC recommendations:

Publication 215-1: Safety requirements for radio transmitting equipment. Part 1: Requirements (1st edition, 1966);

Publication 215-2: Safety requirements for radio transmitting equipment. Part 2: Test methods (1st edition, 1967);

Publication 65: Safety requirements for mains operated electronic and related equipment for domestic and similar general use (3rd edition, 1972);

Publication 284: Rules of behaviour with respect to possible hazards when dealing with electronic equipment and equipment employing similar techniques (1st edition, 1968).

2.2 Précautions à prendre pour éviter les dommages pendant les mesures

Dans ces dispositifs à puissance élevée, l'énergie du faisceau électronique est telle que les structures peuvent être facilement fondues si le faisceau heurte des surfaces qui ne sont pas conçues pour résister à la chaleur. Ainsi, aucun faisceau ne doit être établi dans le klystron avant que les conditions de focalisation soient réalisées. Cette focalisation rend optimales les caractéristiques de fonctionnement du klystron et dirige le faisceau sur des structures qui ont été conçues pour lui résister.

Afin d'éviter la détérioration d'un tube par suite d'un faisceau défocalisé, les instructions du fabricant relatives à la procédure de mesure doivent être scrupuleusement observées lors de la mesure du gain en petits signaux ou pour la mesure de la puissance de saturation.

On doit prendre soin de s'assurer que, pendant les mesures, la dissipation d'électrode autorisée n'est pas dépassée.

Le klystron doit être protégé des mauvaises conditions de fonctionnement par des dispositifs de verrouillage appropriés. On ne doit faire fonctionner le klystron avec la tension de faisceau que si les circuits de refroidissement et de pressurisation ont été mis en fonctionnement et que tous les potentiels ou champs de focalisation nécessaires sont correctement appliqués, et si une charge convenable est connectée à la sortie. La désadaptation maximale indiquée ne doit pas être dépassée car il pourrait en résulter une détérioration sérieuse. Il est conseillé à l'utilisateur de consulter les instructions du fabricant relatives à l'ordre d'application des tensions et des intensités. En raison de l'absorption de puissance importante par des éléments du klystron qui n'ont pas été conçus pour dissiper des puissances élevées, il est indispensable de poursuivre le refroidissement après l'arrêt du faisceau, même s'il existe des circuits de protection ou d'interruption prévus pour les cas de défaillance. Ceci peut nécessiter de disposer d'un stock de fluide sous pression. Du fait que la plupart des réfrigérants liquides se dilatent en se congelant, il est indispensable de vidanger les circuits de refroidissement avant de laisser le klystron au repos dans un équipement.

Tous les indicateurs de puissance utilisés pour l'accord d'un klystron ne doivent indiquer que la puissance aux fréquences fondamentales; sinon l'accord pourrait être fait sur des fréquences harmoniques existantes. Cette condition est généralement obtenue en utilisant des filtres passe-bas.

Il est recommandé de régler fréquemment la focalisation de manière que le faisceau ne tombe pas sur des surfaces qui ne sont normalement pas destinées à recevoir un bombardement électronique intense.

Une mauvaise focalisation peut causer un mauvais rendement du tube, la fusion de certains éléments et une émission inutile et excessive de rayons X.

Lors de l'installation d'un klystron de grande puissance, l'émission de rayons X doit être surveillée. Un excès de rayons X constaté peut provenir de l'omission accidentelle du respect des règles de protection recommandées ou aussi d'un mauvais accord du tube. Dans les deux cas, le fonctionnement doit être suspendu jusqu'à ce que la cause en soit déterminée et le défaut éliminé.

3. Conditions générales de mesure

3.1 Jauge ionique

Lorsque l'emballage est ainsi conçu, la jauge ionique du klystron doit être connectée aux bornes prévues sur l'emballage, afin que le contrôle du vide puisse être effectué selon les instructions du fabricant, le klystron restant dans son emballage.

2.2 *Precautions to prevent damage during measurements*

In these high-power devices the energy of the electron beam is such that structures are easily melted if the beam impinges upon those surfaces not specifically designed to withstand the heat. Thus, no beam power should be applied to the klystron until prescribed focusing conditions are maintained. Such focusing conditions optimize performance as well as conduct the beam to those structures which have been designed to cope with it.

In order to avoid damage to the tube by a defocused beam, the manufacturer's instructions in regard to measurement procedure should be carefully observed in the measurement of small-signal gain or saturation power.

Care must be taken to ensure that the permissible electrode dissipation is not exceeded during measurements.

The klystron should be protected from improper operating conditions by suitable interlocks. It should not be operated with beam voltage on, unless cooling and pressurizing circuits are operating and all necessary focusing potentials or fields are properly applied and the correct load is connected to the output. The stated maximum mismatch must not be exceeded, as serious damage may otherwise result. The user is advised to consult the manufacturer's instructions regarding sequence of application of voltages and currents. Because of large amounts of power that may be absorbed by portions of a klystron which have been designed for high-power service, it may be necessary to continue cooling service beyond the interruption of beam power. The possibility of protective circuit interruptions or power failure may therefore necessitate the storage of fluid under pressure. Because most liquid coolants expand upon freezing, it is necessary that cooling circuits be drained before a klystron is left inoperative in equipment.

All power indicators used in the tuning of a klystron should indicate only energy at fundamental frequencies, or false tuning will result from harmonics present in the beam. This requirement is normally satisfied by the use of low-pass filters.

The frequent readjustment of focusing is recommended, so that the beam will not impinge upon surfaces not normally intended to receive appreciable quantities of electrons.

Poor focusing may result in low efficiency, melting of tube components, and unnecessary and excessive X-radiation.

An X-radiation survey should be made on installation of a high-power klystron. When excessive X-radiation is observed, a portion of the recommended shielding may have been omitted accidentally or the tube may be poorly tuned. In either case the system should be shut down while the cause is determined and eliminated.

3. **General measuring conditions**

3.1 *Ion gauge*

When provision is so made in the packaging, the ion gauge on the klystron should be connected to the terminals on the package so that vacuum monitoring can be carried out in accordance with the manufacturer's instructions while the klystron remains packaged.

3.2 *Manutention*

L'enveloppe protectrice des manchons, scellements, sorties de guides d'ondes et blindage protecteur de la base de la cathode doivent rester en place jusqu'à l'extrême limite du branchement. Les instructions du fabricant doivent être respectées au moment de sortir le klystron de son emballage. Ces instructions indiquent généralement les parties appropriées du klystron qui doivent être utilisées pour sortir le tube de son emballage. Seules les surfaces désignées par le fabricant doivent supporter le poids du klystron.

3.3 *Montage*

Avant de monter le klystron sur le matériel de mesure, il faut vérifier, s'il en existe, le support du point de vue électrique et mécanique, le puits de cathode du point de vue de la rigidité électrique, le niveau d'huile et l'absence de contamination de l'huile par l'eau ou par des produits de détérioration. Seule l'huile recommandée par le fabricant doit être utilisée, et les bulles d'air doivent être éliminées.

Il est possible qu'il se forme des bulles dans l'huile en raison des ondes stationnaires causées par le champ électrique périodique, et il peut donc être nécessaire de prévoir des chicane dans le réservoir d'huile.

La position du montage et les points de suspension doivent être ceux prescrits par le fabricant et toute contrainte excessive exercée sur les brides étanches doit être évitée.

Le dispositif de refroidissement et le circuit magnétique seront complétés et vérifiés après le montage.

Il est nécessaire de prendre des précautions pour éviter que des effets magnétiques parasites dus à des objets voisins influent sur le fonctionnement du tube.

3.4 *Cavités extérieures*

Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des cavités extérieures pour effectuer des mesures, seules les cavités normalisées et les montages prescrits par le fabricant doivent être utilisés.

3.5 *Tensions et courants des électrodes*

Afin d'assurer la précision des mesures, les tensions continues appliquées au klystron ne doivent pas dépasser une ondulation déterminée. Les tensions doivent être appliquées dans l'ordre prescrit et les délais indiqués doivent être observés.

3.6 *Dangers des rayons X*

Voir article 2 et Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 4.2.

3.7 *Conditions d'excitation radiofréquence*

Le pilote d'un amplificateur hyperfréquence doit être choisi selon les caractéristiques d'amplification que l'on veut obtenir. La puissance d'excitation et la fréquence doivent pouvoir être réglées progressivement et de manière continue. Le découplage doit être suffisant de manière à éviter que le pilote soit physiquement influencé par les réglages d'accord du klystron. Le système d'excitation doit comprendre les appareils de mesure des puissances incidente et réfléchie, convenablement filtrés pour éviter la mesure de toute puissance d'harmonique.

3.8 *Conditions de démarrage*

Les instructions fournies par le fabricant pour le démarrage du klystron doivent être scrupuleusement observées. Ces instructions doivent contenir au moins les renseignements suivants:

3.2 *Handling*

Protective covers over bushings, seals, waveguide output, and the protective shield over the cathode base must remain in place until the last possible moment before mounting. The manufacturer's instructions must be followed in removing the klystron from the package. Such instructions will generally designate the location of hoist connectors suitable for use in moving the tube separately from the package. Only those surfaces designated by the manufacturer shall support the weight of the klystron.

3.3 *Mounting*

Before the klystron is mounted in the measuring equipment the socket, if used, shall be inspected for electrical and mechanical suitability and the cathode well, if present, shall be inspected for adequate voltage clearance, oil level and freedom from oil contamination by water or deterioration products. Only the oil recommended by the manufacturer shall be used, and air bubbles must be removed.

Because bubbles may be introduced into the oil as the result of standing waves in the oil, caused by the periodic electric field, it may be necessary to provide baffles in the oil tank.

The mounting position and support points shall be as required by the manufacturer and excessive stress on the waveguide flanges shall be avoided.

After the klystron is mounted, the cooling and magnetic circuits must be completed and inspected.

Precautions are necessary to avoid the effects of stray magnetic fields from nearby objects upon the tube performance.

3.4 *External cavities*

When external cavities are required for measurement purposes, only standardized cavities and assemblies, as prescribed by the manufacturer, shall be used.

3.5 *Electrode voltages and current*

For measurement accuracy, the d.c. potentials to be applied to the klystron shall not have more than a stated ripple. The potentials shall be applied in the prescribed sequence, the stated delays being observed.

3.6 *X-radiation hazards*

See Clause 2, and IEC Publication 235-2, Sub-clause 4.2.

3.7 *R.F. drive conditions*

The driver for a microwave amplifier should be chosen with the required amplifier performance in view. The drive power and frequency should be capable of smooth and continuous adjustment. There should be sufficient decoupling so that the driver is not affected materially by klystron tuning adjustments. The drive system should include incident and reflected power instrumentation, suitably filtered to avoid measurement of any harmonic energy.

3.8 *Start-up conditions*

The instructions given by the manufacturer for starting up the klystron should be rigorously followed. Such instructions should cover at least the following:

- a) Avant d'appliquer les tensions du tube autres que celle de la jauge ionique (s'il y en a une), faire fonctionner la jauge ionique pendant la période de temps prescrite. Ce n'est qu'après l'obtention d'un vide satisfaisant que les autres tensions peuvent être appliquées.
- b) Mettre en service les circuits de refroidissement.
- c) Appliquer la puissance de chauffage du filament.
- d) Si le klystron n'est pas muni de focalisation par aimant permanent, les champs de focalisation doivent être immédiatement appliqués et ils doivent être réglés aux valeurs recommandées tout au long de la période de dérive thermique qui s'ensuit.
- e) Après le délai spécifié de chauffage du filament, le faisceau est établi de la manière prescrite. Il est généralement plus commode de faire fonctionner le klystron sans excitation, à 75% de la haute tension normale, pendant que l'on rajuste la focalisation pour obtenir une interception minimale.
- f) Vérifier que les rayons X ne dépassent pas le niveau admis. Réaccorder ou ajouter des protections si cela s'avère nécessaire au cours des essais.
- g) Les instructions du fabricant doivent clairement indiquer si le fonctionnement du tube, à la puissance totale du faisceau, est autorisé sans excitation. S'il en est ainsi et qu'il ne se produit pas d'arcs, augmenter l'excitation jusqu'à un niveau où il ne se produit pas d'arcs continus, en ne dépassant pas la puissance totale. Procéder ensuite comme indiqué en h). Dans le cas contraire, appliquer les conditions de réglage décrites au paragraphe 3.9.
- h) Vérifier à nouveau le niveau des radiations et le courant de faisceau et régler à nouveau, si nécessaire, la focalisation. Procéder ensuite comme il est indiqué au paragraphe 3.9.

3.9 Conditions d'accord (fonctionnement à bande étroite)

Généralement, le fabricant fournit les instructions pour effectuer l'accord du tube; ces instructions doivent au moins contenir les renseignements suivants:

- a) Accorder l'avant-dernière cavité à une fréquence de résonance supérieure à celle de la fréquence d'excitation.
- b) Le klystron fonctionnant comme indiqué aux points g) et h) du paragraphe 3.8, appliquer une puissance d'excitation inférieure de 6 dB à la puissance d'excitation normale.
- c) Régler la cavité d'entrée pour obtenir une puissance réfléchie minimale.
- d) Régler la focalisation pour avoir la puissance de sortie maximale, puis vérifier le niveau de rayonnement et le courant de faisceau.
- e) Accorder successivement chaque cavité pour obtenir la puissance de sortie maximale, excepté l'avant-dernière cavité.
- f) Régler de nouveau la focalisation pour avoir la puissance de sortie maximale, puis vérifier encore le niveau de rayonnement et le courant de faisceau.
- g) Accorder l'avant-dernière cavité pour obtenir la puissance maximale, puis la désaccorder légèrement dans le sens d'une augmentation de la fréquence. Vérifier la focalisation et le niveau de rayonnement.
- h) Appliquer les puissances totales d'excitation et de faisceau et répéter les opérations c) à f). Ajuster tour à tour l'accord de la cavité de sortie et la charge jusqu'à ce que le maximum de puissance soit obtenu.
- j) Accorder l'avant-dernière cavité pour obtenir la puissance de sortie maximale.
- k) Accorder de nouveau chaque cavité pour obtenir la puissance de sortie maximale et régler la focalisation. Enfin, vérifier le niveau de rayonnement.

- a) Before application of any tube potentials other than those of the ion gauge itself (where fitted) operate the ion gauge for the prescribed time. Only after a satisfactory vacuum has been attained may the other electrode potentials be applied.
- b) Activate cooling circuits.
- c) Apply heater power.
- d) If the klystron is not fitted with permanent-magnet focusing, the focusing fields should be immediately applied and should be adjusted to the recommended levels throughout any thermal-drift period which ensues.
- e) After the stated heater warm-up delay, the beam may be turned on in the prescribed manner. Usually it is helpful to operate the klystron without drive at 75% of normal h.t. voltage while focusing is readjusted for minimum interception.
- f) Ensure that the X-radiation does not exceed permissible levels. Retune or add such shielding as the tests indicate to be necessary.
- g) The instructions should specifically indicate whether or not operation at full beam power without drive is permitted. If this is permitted and the klystron is not arcing, increase the beam input to full power at a rate that does not produce persisting arcing. Then proceed to step h). If it is not permitted, proceed to the tune-up conditions in Sub-clause 3.9.
- h) Recheck radiation and beam transmission and readjust focusing as needed. Proceed as in Sub-clause 3.9.

3.9 Tune-up conditions (narrow-band operation)

Generally, the manufacturer will provide tune-up instructions, which should cover at least the following:

- a) Tune the penultimate cavity to a resonance frequency higher than that of the driving frequency.
- b) With the klystron operating as in steps g) and h) of 3.8, apply 6 dB less than normal driving power.
- c) Adjust the input cavity for a minimum of reflection.
- d) Adjust the focusing for maximum output power and check the radiation and beam transmission.
- e) Tune each successive cavity except the penultimate cavity, for maximum output.
- f) Readjust the focusing for maximum output power and check radiation and beam transmission.
- g) Tune the penultimate cavity for maximum power and then slightly detune on the high frequency side again. Check focus and radiation.
- h) Apply the full drive and beam power and repeat steps c) to f). Alternatively adjust the output-cavity tuning and loading until maximum power is obtained.
- j) Tune the penultimate cavity for maximum power.
- k) Retune each cavity as required to obtain maximum output power and readjust the focusing. Finally, check radiation levels.

4. Mesures en radiofréquence

4.1 Excitation

Voir Publication 235-2 de la CEI, chapitre IV.

Précaution

Pour faire ces mesures, il est important de consulter les instructions du fabricant afin de déterminer si, en l'absence d'excitation, le courant de faisceau peut être établi à la fréquence appropriée.

4.1.1 Puissance d'excitation ou puissance d'excitation disponible

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 14.4.

4.1.2 Puissance réfléchie ou taux d'ondes stationnaires d'entrée

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 17.1.3.

4.2 Puissance de sortie

Voir figure 2, page 21, et Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 5.3.

Précaution

Voir paragraphe 4.1.

4.3 Accord

Voir Publication 235-2 de la CEI, article 13.

Note. — Le klystron doit être mis en fonctionnement dans les conditions prescrites (y compris le balayage de la fréquence du pilote si nécessaire), afin d'examiner les caractéristiques requises dans des conditions de réglage convenable pour chaque point déterminé de la gamme d'accord.

4.3.1 Couple ou force d'arrêt du dispositif d'accord

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 13.10.

Précaution

Prendre bien soin d'éviter les chocs aux arrêts.

4.4 Stabilité en puissance

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 20.4.

Note. — Cette mesure est nécessaire en raison de la dilatation thermique des structures longues qui peut causer des effets transitoires d'accord, non reproductibles, pendant la mise en fonctionnement.

4.5 Stabilité en désadaptation

Voir Publication 235-2 de la CEI, paragraphe 20.3.

Précautions

a) Pour éviter de détériorer le klystron, ne pas dépasser la valeur maximale indiquée pour le taux d'ondes stationnaires.

b) La position du dispositif de désadaptation est choisie de manière à éviter des effets non désirés dus aux fréquences harmoniques ou aux champs radiofréquences localisés à l'intérieur du guide d'ondes, près du dispositif de désadaptation; mais, afin d'éviter des effets de longue ligne, cette position ne doit pas être trop éloignée du klystron.

4.6 Mesures en oscillation

4.6.1 Coefficient de température en fréquence

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

4.6.2 Oscillations sur des modes parasites

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

4. R.F. measurements

4.1 Drive

See IEC Publication 235-2, Chapter IV.

Precaution

In making these measurements it is important to consult the manufacturer's instructions to determine whether or not the beam can be operated in the absence of r.f. drive at the appropriate frequency.

4.1.1 Driving power or available driving power

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 14.4.

4.1.2 Reflected power or input v.s.w.r.

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 17.1.3.

4.2 Output power

See Figure 2, page 21, and IEC Publication 235-2, Sub-clause 5.3.

Caution

See Sub-clause 4.1.

4.3 Tuning

See IEC Publication 235-2, Clause 13.

Note. — The klystron shall be operated under the stated conditions (including sweeping of the frequency of the driver if necessary) to demonstrate the required performance when the klystron is suitably adjusted at each stated point in the tuning range.

4.3.1 Tuner stop torque or force

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 13.10.

Precaution

Take care to avoid impact against the stop.

4.4 Power stability

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 20.4.

Note. — This measurement is necessary because the thermal expansion of long structures may cause non-reproducible transients in tuning during warm-up.

4.5 Mismatch stability

See IEC Publication 235-2, Sub-clause 20.3.

Precautions

- a) To avoid damage to the klystron, the v.s.w.r. must not exceed the stated maximum value.
- b) The position of the mismatch device should be chosen so as to avoid unwanted effects caused by harmonic frequencies or local r.f. fields within the waveguide near the mismatch device, but to avoid long-line effects the distance from the klystron should be no greater than necessary.

4.6 Oscillator measurements

4.6.1 Temperature coefficient of frequency

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

4.6.2 Spurious mode

See IEC Publication 235-2, Clause 11.