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 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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

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

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.

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.