

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC STANDARD

Publication 147-2 K  
1978

---

Dixième complément à la Publication 147-2 (1963)

**Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs  
à semiconducteurs et principes généraux des méthodes de mesure**

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

---

Tenth supplement to Publication 147-2 (1963)

**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices  
and general principles of measuring methods**

Part 2: General principles of measuring methods

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale  
1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera :

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC STANDARD

Publication 147-2 K  
1978

---

Dixième complément à la Publication 147-2 (1963)  
**Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs  
à semiconducteurs et principes généraux des méthodes de mesure**  
Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

---

Tenth supplement to Publication 147-2 (1963)  
**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices  
and general principles of measuring methods**  
Part 2: General principles of measuring methods

---

**Descripteurs:** diodes, modulateurs et  
démodulateurs, condensateurs  
réglables, hyperfréquences,  
mesure, propriétés.

**Descriptors:** diodes, modulators and  
demodulators, variable  
capacitors, microwave frequencies  
measurement, properties.



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 méca-  
nique, 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale  
1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## SOMMAIRE

|                     | Pages |
|---------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . . | 6     |
| PRÉFACE . . . . .   | 6     |

### CHAPITRE I : DIODES À SEMICONDUCTEURS

#### SECTION CINQ — DIODES À CAPACITÉ VARIABLE

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| CAS DES DIODES VARACTORS . . . . . | 10 |
|------------------------------------|----|

#### Articles

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2. Méthode de la cavité . . . . . | 10 |
|-----------------------------------|----|

#### SECTION SEPT — DIODES MÉLANGEUSES (UTILISÉES EN HYPERFRÉQUENCES)

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Généralités . . . . .                                              | 16 |
| 2. Mesures en continu . . . . .                                       | 18 |
| 2.1 Courant direct ( $I_F$ ) . . . . .                                | 18 |
| 2.2 Courant inverse ( $I_R$ ) . . . . .                               | 18 |
| 3. Courant redressé ( $I_0$ ) . . . . .                               | 20 |
| 4. Impédance pour la fréquence intermédiaire ( $Z_{if}$ ) . . . . .   | 22 |
| 4.1 Méthode N° 1: Méthode du pont d'impédances . . . . .              | 22 |
| 4.2 Méthode N° 2: Méthode de substitution ou de comparaison . . . . . | 24 |
| 5. Rapport (taux) d'ondes stationnaires . . . . .                     | 26 |
| 6. Facteur de bruit total . . . . .                                   | 28 |
| 6.1 Méthode consistant à doubler la puissance de sortie . . . . .     | 32 |
| 6.2 Méthode de l'atténuation F.I. . . . .                             | 34 |
| 6.3 Méthode de la puissance de sortie . . . . .                       | 34 |
| 7. Rapport de température de bruit en sortie . . . . .                | 36 |
| 7.1 Méthode de mesure directe . . . . .                               | 36 |
| 7.2 Valeur calculée . . . . .                                         | 38 |

## CONTENTS

|                    | Page |
|--------------------|------|
| FOREWORD . . . . . | 7    |
| PREFACE . . . . .  | 7    |

### CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

#### SECTION FIVE — VARIABLE-CAPACITANCE DIODES

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| CASE OF VARACTOR DIODES . . . . . | 11 |
|-----------------------------------|----|

Clause

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 2. Cavity method . . . . . | 11 |
|----------------------------|----|

#### SECTION SEVEN — MIXER DIODES (USED AT MICROWAVE FREQUENCIES)

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. General . . . . .                                       | 17 |
| 2. D.C. measurements . . . . .                             | 19 |
| 2.1 Forward current ( $I_F$ ) . . . . .                    | 19 |
| 2.2 Reverse current ( $I_R$ ) . . . . .                    | 19 |
| 3. Rectified current ( $I_0$ ) . . . . .                   | 21 |
| 4. Intermediate frequency impedance ( $Z_{if}$ ) . . . . . | 21 |
| 4.1 Method 1: Impedance bridge method . . . . .            | 23 |
| 4.2 Method 2: Substitution or comparison method . . . . .  | 25 |
| 5. Voltage standing wave ratio . . . . .                   | 27 |
| 6. Overall noise factor . . . . .                          | 29 |
| 6.1 Doubling the output method . . . . .                   | 33 |
| 6.2 I.F. attenuation method . . . . .                      | 35 |
| 6.3 Output power method . . . . .                          | 35 |
| 7. Output noise ratio . . . . .                            | 37 |
| 7.1 Direct measurement method . . . . .                    | 37 |
| 7.2 Calculated value . . . . .                             | 39 |

| Articles                                                                                                                                                                                                | Pages |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 8. Perte de conversion . . . . .                                                                                                                                                                        | 40    |
| 8.1 Méthode par accroissement en continu . . . . .                                                                                                                                                      | 40    |
| 8.2 Méthode par modulation d'amplitude . . . . .                                                                                                                                                        | 42    |
| 9. Energie de destruction par surcharge . . . . .                                                                                                                                                       | 44    |
| ANNEXE A — Valeur de la surtension de la cavité nécessaire pour obtenir une réduction déterminée de la puissance de bruit fournie par un oscillateur local à la sortie d'une diode mélangeuse . . . . . | 48    |
| ANNEXE B — Facteur de bruit de l'amplificateur F.I. . . . .                                                                                                                                             | 52    |
| ANNEXE C — Index des sujets traités . . . . .                                                                                                                                                           | 54    |

Withdrawn

| Clause                                                                                                                                                              | Page |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 8. Conversion loss. . . . .                                                                                                                                         | 41   |
| 8.1 D.C. incremental method . . . . .                                                                                                                               | 41   |
| 8.2 Amplitude modulation method . . . . .                                                                                                                           | 43   |
| 9. Burnout energy. . . . .                                                                                                                                          | 45   |
| APPENDIX A — $Q$ value of cavity required to provide a stated reduction of the noise power<br>which a local oscillator provides at a mixer crystal output . . . . . | 49   |
| APPENDIX B — I.F. amplifier noise figure . . . . .                                                                                                                  | 53   |
| APPENDIX C — Guide to subject matter . . . . .                                                                                                                      | 54   |

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Dixième complément à la Publication 147-2 (1963)

**VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES  
DES DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX  
DES MÉTHODES DE MESURE**

**Deuxième partie : Principes généraux des méthodes de mesure**

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 publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs et circuits intégrés.

Elle constitue le dixième complément à la deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure, de la Publication 147 de la CEI. La première partie, traitant des valeurs limites et des caractéristiques essentielles, est éditée comme Publication 147-1 de la CEI.

Le présent complément traite des dispositifs hyperfréquences.

La section cinq résulte des travaux qui ont débuté à Monte-Carlo (1970) et se sont poursuivis à Stockholm (1971). Un projet, document 47(Bureau Central)441, a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1973.

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

|           |                 |
|-----------|-----------------|
| Allemagne | Japon           |
| Australie | Portugal        |
| Belgique  | Roumanie        |
| Canada    | Suède           |
| Danemark  | Suisse          |
| Finlande  | Tchécoslovaquie |
| Israël    | Turquie         |
| Italie    |                 |

Le Comité national du Royaume-Uni a voté contre la publication de ce projet.

La section sept résulte des travaux qui ont débuté à Londres (1968) et se sont poursuivis à Leningrad (1969) et Monte-Carlo (1970). Un projet, document 47(Bureau Central)376, a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1971; seul l'article 6 a été accepté pour publication.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**Tenth supplement to Publication 147-2 (1963)**

**ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR  
DEVICES AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS**

**Part 2 : General principles of measuring methods**

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 recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 47, Semiconductor Devices and Integrated Circuits.

It constitutes the tenth supplement to Part 2: General Principles of Measuring Methods, of IEC Publication 147. Part 1, dealing with essential ratings and characteristics, is issued as IEC Publication 147-1.

This supplement deals with microwave devices.

Section Five results from the work started in Monte-Carlo (1970) and continued in Stockholm (1971). A draft, Document 47(Central Office)441, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication of this draft:

|                |             |
|----------------|-------------|
| Australia      | Italy       |
| Belgium        | Japan       |
| Canada         | Portugal    |
| Czechoslovakia | Romania     |
| Denmark        | Sweden      |
| Finland        | Switzerland |
| Germany        | Turkey      |
| Israel         |             |

The United Kingdom National Committee voted against publication of this draft.

Section Seven results from the work started in London (1968) and continued in Leningrad (1969) and Monte-Carlo (1970). A draft, Document 47(Central Office)376, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1971; Clause 6 only was accepted for publication.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 6:

|                                |                                               |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| Afrique du Sud (République d') | Japon                                         |
| Australie                      | Portugal                                      |
| Belgique                       | Roumanie                                      |
| Canada                         | Royaume-Uni                                   |
| Danemark                       | Suède                                         |
| Finlande                       | Suisse                                        |
| France                         | Tchécoslovaquie                               |
| Israël                         | Turquie                                       |
| Italie                         | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |

Le Comité national des Etats-Unis d'Amérique a voté contre la publication de cet article.

Le reste de la section sept a été soumis à nouveau à l'approbation des Comités nationaux (document 47(Bureau Central)492) suivant la Procédure des Deux Mois en octobre 1973.

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

|                       |                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------|
| Belgique              | Roumanie                                      |
| Canada                | Suède                                         |
| Danemark              | Suisse                                        |
| Etats-Unis d'Amérique | Tchécoslovaquie                               |
| Pologne               | Turquie                                       |
| Portugal              | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |

Le Comité national italien a voté contre la publication de ce projet.

Withdrawn

The following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 6:

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| Australia      | Japan                               |
| Belgium        | Portugal                            |
| Canada         | Romania                             |
| Czechoslovakia | South Africa (Republic of)          |
| Denmark        | Sweden                              |
| Finland        | Switzerland                         |
| France         | Turkey                              |
| Israel         | Union of Soviet Socialist Republics |
| Italy          | United Kingdom                      |

The United States of America National Committee voted against publication of this clause.

The rest of Section Seven was submitted again to the National Committees (Document 47(Central Office)492) for approval under the Two Months' Procedure in October 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication of this draft:

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| Belgium        | Romania                             |
| Canada         | Sweden                              |
| Czechoslovakia | Switzerland                         |
| Denmark        | Turkey                              |
| Poland         | Union of Soviet Socialist Republics |
| Portugal       | United States of America            |

The Italian National Committee voted against publication of this draft.

Withdrawn

Dixième complément à la Publication 147-2 (1963)

VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES  
DES DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX  
DES MÉTHODES DE MESURE

Deuxième partie : Principes généraux des méthodes de mesure

CHAPITRE I: DIODES À SEMICONDUCTEURS

SECTION CINQ — DIODES À CAPACITÉ VARIABLE

Page 46 de la Publication 147-2F de la CEI

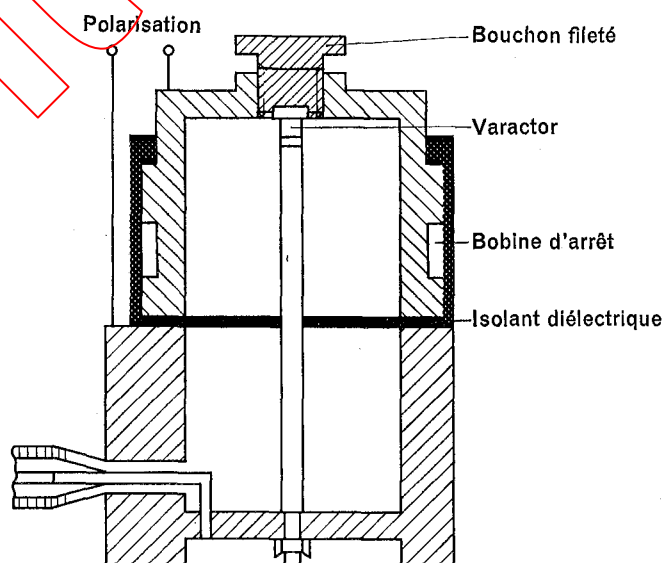
CAS DES DIODES VARACTORS

Après l'article 1, ajouter le texte suivant.

2. Méthode de la cavité

Cette méthode convient pour mesurer les varactors qui ont un facteur de qualité effectif supérieur à 15 à la fréquence de mesure; les résultats obtenus ne sont pas affectés par des variations de la résistance série en fonction de la polarisation.

*Note.* — On considère que cette méthode est utilisable jusqu'à une fréquence de mesure de 15 GHz (tandis que la méthode 1, décrite dans la Publication 147-2F, s'applique davantage aux mesures à une fréquence supérieure à 6 GHz).



512/78

FIG. 1. — Exemple de cavité.

Tenth supplement to Publication 147-2 (1963)

**ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR  
DEVICES AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS**

**Part 2 : General principles of measuring methods**

**CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES**

**SECTION FIVE — VARIABLE-CAPACITANCE DIODES**

Page 47 of IEC Publication 147-2F

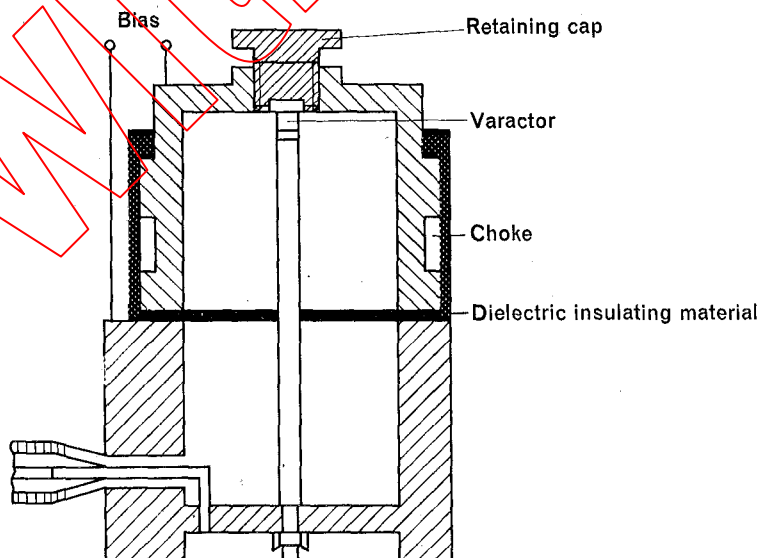
**CASE OF VARACTOR DIODES**

*After Clause 1, add the following text:*

**2. Cavity method**

This method is satisfactory for measuring varactors having an effective quality factor which exceeds 15 at the measuring frequency; the results are not affected by changes in the series resistance with bias.

*Note.* — It is considered that this method is usable up to a measurement frequency of 15 GHz (whereas method 1, described in Publication 147-2F, is more practical for measurement above 6 GHz).



512/78

FIG. 1. — Example of cavity.

## 2.1 Théorie

Dans cette méthode, on évalue l'effet d'une diode varactor sur la fréquence de résonance et sur le facteur de qualité d'un résonateur à cavité coaxiale, dont la longueur est voisine d'une demi-longueur d'onde à la fréquence de mesure. La diode est placée entre le conducteur central et la paroi plane de la cavité, comme il est indiqué dans la figure 1, page 10.

Afin de limiter la plage de variations de la fréquence de la cavité résonante lorsque la capacité de jonction varie ou que l'on change le varactor, il convient d'utiliser un résonateur ayant un rapport élevé du diamètre extérieur au diamètre intérieur des conducteurs (forte impédance caractéristique de la cavité coaxiale).

Cette mesure permet d'obtenir la capacité de jonction  $C_{j0}$  et la fréquence de coupure  $f_{co}$  pour la tension de polarisation  $V_0$ .

Ces grandeurs permettent de déterminer la résistance série  $r_s$  et le facteur de qualité effectif  $Q_{eff}$  du varactor.

Les caractéristiques suivantes doivent être déterminées pour la cavité:

- $f_{ro}$  = fréquence de résonance de la cavité contenant le varactor, pour la tension de polarisation  $V_0$
- $Q_{ro}$  = facteur de qualité de la cavité contenant le varactor, pour la tension de polarisation  $V_0$
- $C_p$  = capacité parasite du boîtier du varactor
- $C_T(V)$  = variation de la capacité totale mesurée en basse fréquence du varactor (capacité de jonction + capacité parasite) en fonction de la tension de polarisation, autour de  $V_0$
- $f_r(V)$  = loi de variation de la fréquence de résonance de la cavité contenant le varactor en fonction de la tension de polarisation, autour de  $V_0$
- $f'$  = fréquence de résonance de la cavité lorsque le varactor est remplacé par une diode fictive métallique ayant les mêmes dimensions que celles du boîtier de la diode mesurée
- $Q'$  =  $Q$  à vide de la cavité lorsque le varactor est remplacé par la diode fictive

Connaissant  $C_T(V)$  et  $f_r(V)$ , on peut tracer la courbe de  $f_r$  en fonction de  $C_T$ . Cette courbe permet d'évaluer une quantité «  $a$  », «  $a$  » étant la pente de la courbe pour  $C_T = C_T(V_0)$ .

La capacité de jonction pour la tension de polarisation  $V_0$  est:

$$C_{j0} = C_T(V_0) - C_p \quad (1)$$

et la fréquence de coupure:

$$f_{co} = 2 a k Q_{ro} C_{j0} \quad (2)$$

où  $k$  est un facteur de correction introduit pour tenir compte des pertes dans les parois de la cavité; pour la deuxième fréquence de résonance TEM, il est donné par:

$$k = \frac{1}{1 - \frac{Q_{ro}}{Q'} \sqrt{\frac{f'}{f_{ro}}}}$$

La résistance série, pour la tension de polarisation  $V_0$ , est donnée par:

$$r_{so} = \frac{1}{2 \pi f_{co} C_{j0}} \quad (3)$$

## 2.1 Theory

In this method, the effect is evaluated of a varactor diode on the resonant frequency and  $Q$ -factor of a coaxial cavity resonator about half-wavelength at the operating frequency. The diode is mounted between the centre conductor and the plane wall of the cavity resonator, as shown in Figure 1, page 11.

In order to limit the range of variation of the cavity resonant frequency when the junction capacitance or the diode is changed, it is essential to use a resonator having a large ratio of external to internal conductor diameter (high-characteristic impedance of the coaxial cavity).

This method will determine the junction capacitance  $C_{jo}$  and the cut-off frequency  $f_{co}$  at bias voltage  $V_o$ .

These quantities enable to determine series resistance  $r_s$  and effective  $Q$ -factor  $Q_{eff}$  of the varactor.

The following characteristics must be determined for the cavity:

- $f_{ro}$  = resonant frequency of the cavity with the varactor, at the bias voltage  $V_o$
- $Q_{ro}$  = loaded  $Q$ -factor of the cavity with the varactor, at the bias voltage  $V_o$
- $C_p$  = stray capacitance of the varactor case
- $C_T(V)$  = the variation of the total low-frequency capacitance of the varactor (junction capacitance) versus the bias voltage, around  $V_o$
- $f_r(V)$  = the variation of the resonant frequency of the cavity with the varactor versus bias voltage, around  $V_o$
- $f'$  = the resonant frequency of the cavity when the varactor is replaced by a metallic dummy diode with the same dimensions as the diode being measured
- $Q'$  = unloaded- $Q$  of the cavity when the varactor is replaced by the dummy diode

From the knowledge of  $C_T(V)$  and  $f_r(V)$ , a curve can be derived which represents  $f_r$  versus  $C_T$ . This curve enables a quantity " $a$ " to be evaluated, " $a$ " being the slope of the curve at  $C_T = C_T(V_o)$ .

The junction capacitance, deduced at the bias voltage  $V_o$ , is given by:

$$C_{jo} = C_T(V_o) - C_p \quad (1)$$

and the cut-off frequency:

$$f_{co} = 2 a k Q_{ro} C_{jo} \quad (2)$$

where  $k$  is a correction factor introduced to take into account losses in the cavity walls; for the second TEM resonance frequency, it is given by:

$$k = \frac{1}{1 - \frac{Q_{ro}}{Q'} \sqrt{\frac{f'}{f_{ro}}}}$$

Series resistance, at the bias voltage  $V_o$ , is given by:

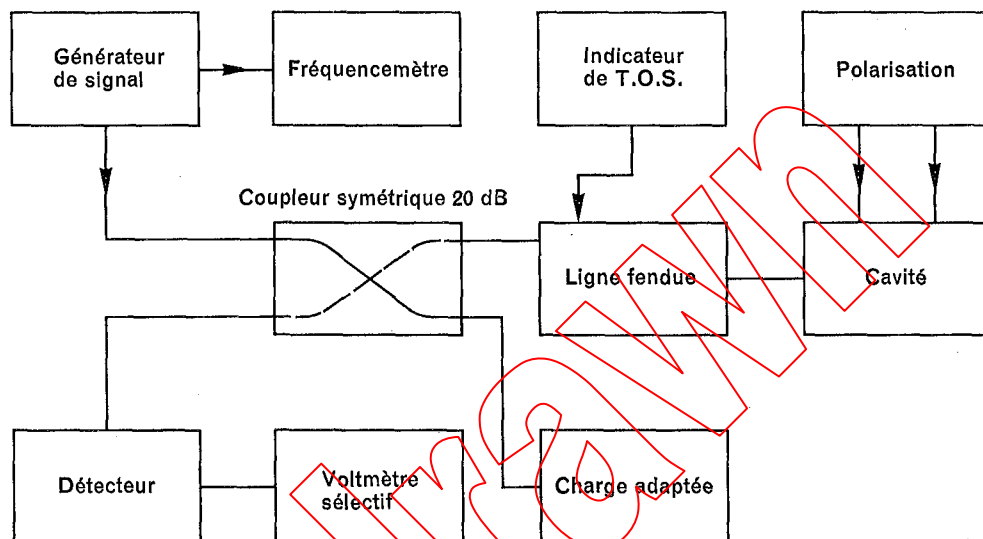
$$r_{so} = \frac{1}{2 \pi f_{co} C_{jo}} \quad (3)$$

et le  $Q$  effectif  $Q_{\text{eff}}$ , pour la tension de polarisation  $V_o$ , est donné par:

$$Q_{\text{eff}} = \frac{f_{\text{co}}}{f_{\text{ro}}} \quad (4)$$

## 2.2 Mesures

### 2.2.1 Schéma



513/78

FIG. 2. — Schéma synoptique.

### 2.2.2 Description et exigences du circuit

Le générateur de signal R.F. doit avoir une stabilité suffisante en fréquence et être modulé en amplitude à une fréquence basse convenable pour le voltmètre sélectif et l'indicateur R.O.S. (T.O.S.); la puissance R.F. est transmise à la cavité par un coupleur directif de 20 dB.

La tension R.F. de pointe  $V_p$  appliquée à la diode doit être suffisamment faible pour éviter d'introduire une erreur due à la non-linéarité de la caractéristique de la diode.

Dans ce but, la puissance incidente à l'entrée de la cavité ne doit pas dépasser la valeur donnée par l'expression:

$$P = \frac{\pi (r + 1)^2}{4r} \frac{f_{\text{ro}}^2}{f_{\text{co}}} C_{\text{jo}} V_p^2,$$

où  $r$  désigne le R.O.S. (ou T.O.S.) mesuré avec la ligne fendue à l'entrée de la cavité. Comme la limite de la puissance incidente n'est pas critique, on peut prendre pour  $f_{\text{co}}$  une valeur approximative.

### 2.2.3 Exécution

#### 2.2.3.1 Mesure de $f_r(V)$ et de $f_{\text{ro}}$

Effectuer la mesure de la fréquence de résonance  $f_r(V)$  pour un certain nombre de valeurs de la polarisation autour de  $V_o$  (par exemple si  $V_o = -6$  V, on peut mesurer  $f_r$  pour les tensions suivantes:  $-4$  V;  $-4,5$  V;  $-5$  V;  $-5,5$  V;  $-6$  V;  $-6,5$  V;  $-7$  V;  $-7,5$  V).

and the effective  $Q_{\text{eff}}$  at bias voltage  $V_o$  is given by:

$$Q_{\text{eff}} = \frac{f_{\text{co}}}{f_{\text{ro}}} \quad (4)$$

## 2.2 Measurements

### 2.2.1 Circuit diagram

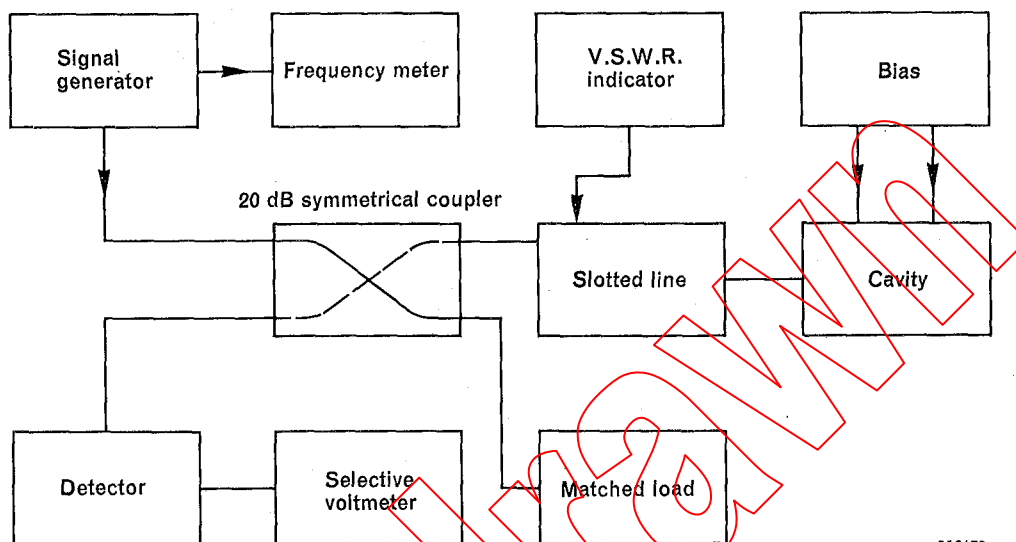


FIG. 2. — Block diagram.

### 2.2.2 Circuit description and requirements

The R.F. signal shall be of high-frequency stability and modulated at a low frequency appropriate to the selective voltmeter and V.S.W.R. indicator, and is applied to the cavity through a 20 dB directional coupler.

The amplitude of the peak R.F. signal  $V_p$  must be low enough to ensure that non-linearity does not occur at the operating point of the characteristic.

The incident power at the cavity input shall not exceed the value given by the expression:

$$P = \frac{\pi (r + 1)^2}{4r} \frac{f_{\text{ro}}^2}{f_{\text{co}}} C_{10} V_p^2,$$

where  $r$  indicates the V.S.W.R. in the slotted line at the input of the cavity. Since the limitation on the incident power is not critical, an estimated value can be used for  $f_{\text{co}}$ .

### 2.2.3 Measurement procedure

#### 2.2.3.1 Measurement of $f_r(V)$ and $f_{\text{ro}}$

The measurement of the resonant frequency  $f_r(V)$  is performed at a number of bias points around  $V_o$  (e.g. if  $V_o = -6$  V,  $f_r$  can be measured at the following voltages:  $-4$  V;  $-4.5$  V;  $-5$  V;  $-5.5$  V;  $-6$  V;  $-6.5$  V;  $-7$  V;  $-7.5$  V).

On effectue la mesure en recherchant un minimum de la puissance réfléchie lorsqu'on fait varier la fréquence du signal. Pour avoir une bonne précision, il est préférable de déterminer  $f_r$  comme étant la moyenne de deux fréquences situées de part et d'autre de  $f_r$  pour lesquelles la même puissance est réfléchie par la cavité.

### 2.2.3.2 Mesure de $Q_{ro}$

Amener la tension de polarisation à  $V_o$  et déduire la valeur de  $Q_{ro}$  de la mesure de R.O.S. (ou T.O.S.).

### 2.2.3.3 Mesure de $f'$ et de $Q'$

Obtenir ces valeurs de la même façon que  $f_r$  et  $Q_{ro}$ , une fois le varactor remplacé par une diode fictive.

Ces deux valeurs sont des caractéristiques fondamentales de la cavité.

## 2.3 Mesure de $C_T(V)$ et de $C_p$

On obtient la capacité totale du varactor:

$$C_T(V) = C_j(V) + C_p$$

par une mesure avec un pont conventionnel basse fréquence.

On peut déduire la valeur de  $C_p$  en utilisant l'expression:

$$C_p = \frac{(\phi - V_2)^n C_T(V_2) - (\phi - V_1)^n C_T(V_1)}{(\phi - V_2)^n - (\phi - V_1)^n},$$

où:

$V_1$  et  $V_2$  = deux valeurs de la tension de polarisation (prises avec le signe moins pour la polarisation inverse)

$\phi$  = différence de potentiel de contact (par exemple 0,7 V pour les diodes au silicium)

$n$  = exposant qui caractérise la variation de  $C_j$  en fonction de  $V$

## 2.4 Mesure directe de $C_p$

On peut mesurer  $C_p$  directement après avoir supprimé le contact ohmique entre la connexion métallique interne et la pastille semiconductrice d'un varactor.

Ajouter la section suivante:

# SECTION SEPT — DIODES MÉLANGEUSES (UTILISÉES EN HYPERFRÉQUENCES)

## 1. Généralités

Bien que l'on puisse effectuer sur la diode un certain nombre de mesures isolément, il est nécessaire, pour évaluer le fonctionnement de la diode, d'indiquer une disposition normalisée du montage, afin d'obtenir des mesures satisfaisantes. En général, le dispositif de montage a la forme d'un support normalisé conforme aux besoins. Si le support est ajustable, tous les réglages sont faits pour satisfaire aux exigences de la mesure.