

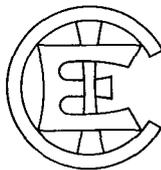
COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 147-2 M
1980

Douzième 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

Twelfth 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 Varembé
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.

Les symboles littéraux pour les dispositifs à semi-conducteurs et les microcircuits intégrés font l'objet de la Publication 148 de la CEI.

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.

The letter symbols for semiconductor devices and integrated microcircuits are contained in IEC Publication 148.

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

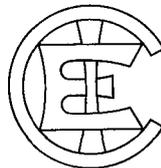
Publication 147-2 M
1980

Douzième 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

Twelfth 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

Mots clés: diodes et transistors: principes et
méthodes de mesure, exigences,
essais, propriétés.

Key words: diodes and transistors: principles
and methods of measurement,
requirements, testing, 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 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
CHAPITRE I: DIODES À SEMICONDUCTEURS	
SECTION UN — DIODES POUR SIGNAUX DE FAIBLE PUISSANCE	
Articles	
1. Courant inverse I_R	8
2. Tension directe V_F	10
3. Capacité C_{tot}	12
4. Paramètres de commutation	14
4.2.4 Temps de recouvrement inverse (pour un I_{RM} spécifié)	14
5. Rendement de détection	18
5.1 Rendement de détection en tension η_v	18
5.2 Rendement de détection en puissance η_p	20
SECTION DEUX — DIODES DE TENSION DE RÉFÉRENCE ET DIODES RÉGULATRICES DE TENSION	
1. Tension de régulation V_Z	22
1.1 Tension de régulation (méthode en courant continu)	22
1.2 Tension de régulation (méthode en impulsions)	24
2. Résistance différentielle r_z	26
2.1 Résistance différentielle (méthode en courant continu)	26
2.2 Résistance différentielle (méthode en impulsions)	28
3. Coefficient de température de la tension de régulation α_z	30
3.1 Coefficient de température de la tension de régulation (méthode en courant continu)	30
3.2 Coefficient de température de la tension de régulation (méthode en impulsions)	32
CHAPITRE II: TRANSISTORS BIPOLAIRES	
1. Généralités	36
2. Courant résiduel collecteur-base I_{CBO} (méthode en courant continu)	36
3. Courant résiduel émetteur-base I_{EBO} (méthode en courant continu)	36
4. Tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}	36
4.1 Tension de saturation collecteur-émetteur (méthode en courant continu)	36
4.2 Tension de saturation collecteur-émetteur (méthode en impulsions)	38
5. Tension de saturation base-émetteur V_{BEsat}	42
5.1 Tension de saturation base-émetteur (méthode en courant continu)	42
6. Tension base-émetteur V_{BE} (méthode en courant continu)	44
8. Capacité de sortie en montage base commune (C_{22b} ou C_{ob})	46
8.1 Méthode 1: pont dipôle	46
8.2 Méthode 2: pont tripôle	48
14. Paramètres haute fréquence	50
14.2 Fréquence de transition f_T	50
14.7 Paramètres s	56
16. Capacité collecteur-base C_{cb}	68
17. Courants résiduels collecteur-émetteur I_{CEO} , I_{CER} , I_{CEX} , I_{CES} (méthode en courant continu)	68
CHAPITRE IV: TRANSISTORS À EFFET DE CHAMP	
17. Paramètres s	70
ANNEXE — Index des sujets traités	72

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES	
SECTION ONE — LOW-POWER SIGNAL DIODES	
Clause	
1. Reverse current I_R	9
2. Forward voltage V_f	11
3. Capacitance C_{tot}	13
4. Switching parameters	15
4.2.4 Reverse recovery time (with I_{RM} specified)	15
5. Detector efficiency	19
5.1 Detector voltage efficiency η_v	19
5.2 Detector power efficiency η_p	21
SECTION TWO — VOLTAGE REFERENCE DIODES AND VOLTAGE REGULATOR DIODES	
1. Working voltage V_Z	23
1.1 Working voltage (d.c. method)	23
1.2 Working voltage (pulse method)	25
2. Differential resistance r_z	27
2.1 Differential resistance (d.c. method)	27
2.2 Differential resistance (pulse method)	29
3. Temperature coefficient of working voltage α_{vz}	31
3.1 Temperature coefficient of working voltage (d.c. method)	31
3.2 Temperature coefficient of working voltage (pulse method)	33
CHAPTER II: BIPOLAR TRANSISTORS	
1. General	37
2. Collector-base cut-off current I_{CBO} (d.c. method)	37
3. Emitter-base cut-off current I_{EBO} (d.c. method)	37
4. Collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}	37
4.1 Collector-emitter saturation voltage (d.c. method)	37
4.2 Collector-emitter saturation voltage (pulse method)	39
5. Base-emitter saturation voltage V_{BEsat}	43
5.1 Base-emitter saturation voltage (d.c. method)	43
6. Base-emitter voltage V_{BE} (d.c. method)	45
8. Common-base output capacitance (C_{22b} or C_{ob})	47
8.1 Method 1: two-terminal bridge	47
8.2 Method 2: three-terminal bridge	49
14. High-frequency parameters	51
14.2 Transition frequency f_T	51
14.7 Scattering parameters	57
16. Collector-base capacitance C_{cb}	69
17. Collector-emitter cut-off currents I_{CEO} , I_{CER} , I_{CEX} , I_{CES} (d.c. method)	69
CHAPTER IV: FIELD-EFFECT TRANSISTORS	
17. Scattering parameters	71
APPENDIX — Guide to subject matter	72

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Douzième 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 douzième 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 diodes de signal, des diodes de tension de référence, des diodes régulatrices de tension, des transistors bipolaires et des transistors à effet de champ.

Le paragraphe 4.2.4 de la section un du chapitre I résulte des travaux qui ont débuté à Stockholm (octobre 1971) et se sont poursuivis à Munich (juin 1973). Un projet, document 47(Bureau Central)528, a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en juin 1974.

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

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

Twelfth 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 twelfth 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 signal diodes, voltage reference and voltage regulator-diodes, bipolar transistors and field-effect transistors.

Sub-clause 4.2.4 of Section One, Chapter I, results from the work started in Stockholm (October 1971) and continued in Munich (June 1973). A draft, Document 47(Central Office)528, was submitted to National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1974.

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

Australia	Germany	Spain
Belgium	Israel	Sweden
Canada	Japan	Switzerland
Czechoslovakia	Netherlands	Turkey
Denmark	Poland	Union of Soviet Socialist Republics
Finland	Portugal	United Kingdom
France	Romania	United States of America

The Italian National Committee voted against the publication of this draft.

Le paragraphe 14.7 du chapitre II et l'article 17 du chapitre IV résultent des travaux qui ont débuté à Stockholm (octobre 1971) et se sont poursuivis à Munich (juin 1973). Un projet, document 47(Bureau Central)529, a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en juin 1974.

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

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

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

Tous les autres articles résultent des travaux qui ont débuté à Tokyo (juin 1975) et à Nice (juin 1976) et se sont poursuivis à Moscou (1977). Un projet, document 47(Bureau Central)699, a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en 1978.

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

Afrique du Sud (République d')	Espagne	Suède
Allemagne	Finlande	Suisse
Australie	Japon	Tchécoslovaquie
Belgique	Pays-Bas	Turquie
Canada	Roumanie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Egypte	Royaume-Uni	

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 47-2M189

Sub-clause 14.7 of Chapter II and Clause 17 of Chapter IV result from the work started in Stockholm (October 1971) and continued in Munich (June 1973). A draft, Document 47(Central Office)529, was submitted to National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1974.

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

Australia	Israel	Spain
Belgium	Italy	Sweden
Canada	Japan	Switzerland
Czechoslovakia	Netherlands	Turkey
Denmark	Poland	Union of Soviet Socialist Republics
Finland	Portugal	United Kingdom
Germany	Romania	United States of America

The French National Committee voted against publication of this draft.

All the other clauses result from the work started in Tokyo (June 1975) and Nice (June 1976), and continued in Moscow (June 1977). A draft, Document 47(Central Office)699, was submitted to National Committees for approval under the Six Months' Rule in 1978.

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

Australia	Germany	Sweden
Belgium	Japan	Switzerland
Canada	Netherlands	Turkey
Czechoslovakia	Romania	Union of Soviet Socialist Republics
Egypt	South Africa (Republic of)	United Kingdom
Finland	Spain	

The French National Committee voted against publication of this draft.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60147-2M180

Douzième 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 UN — DIODES POUR SIGNAUX DE FAIBLE PUISSANCE

Pages 8 à 12 de la Publication 147-2B de la CEI

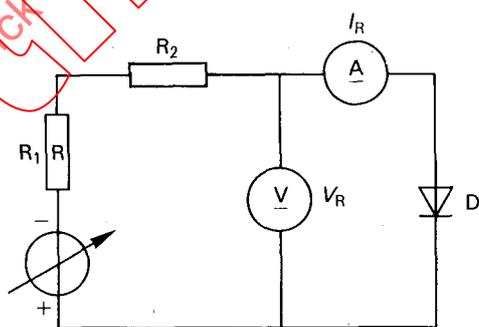
Remplacer les articles 1, 2 et 3 existants par les suivants.

1. Courant inverse I_R

a) But

Mesurer le courant inverse d'une diode pour une tension inverse spécifiée.

b) Schéma



216/80

D = diode en mesure

FIGURE 1

c) Description et exigences du circuit

R_1 est une résistance étalonnée (pour la mesure en impulsions seulement).

R_2 est une résistance de protection.

Twelfth 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 1: SEMICONDUCTOR DIODES

SECTION ONE — LOW-POWER SIGNAL DIODES

Pages 9 to 13 of IEC Publication 147-2B

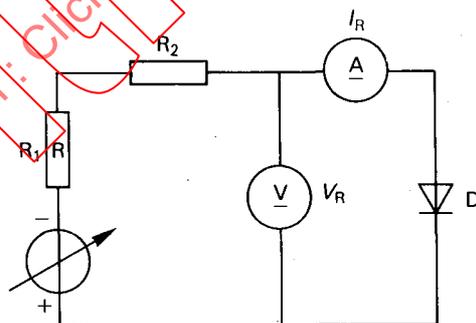
Replace the existing Clauses 1, 2 and 3 by the following:

1. Reverse current I_R

a) Purpose

To measure the reverse current of a diode under specified reverse voltage.

b) Circuit diagram



216/80

D = diode being measured

FIGURE 1

c) Circuit description and requirements

R_1 is a calibrated resistor (pulse measurement only).

R_2 is a protective resistor.

Pour la mesure en impulsions, on remplace le générateur de tension variable par un générateur d'impulsions de tension, le voltmètre par un appareil de mesure de pointe et l'ampèremètre par un voltmètre de pointe branché aux bornes de la résistance étalonée R_1 .

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler le générateur de tension variable de façon à obtenir, aux bornes de la diode, la tension inverse spécifiée V_R .

L'ampèremètre A indique la valeur du courant inverse I_R .

e) *Conditions spécifiées*

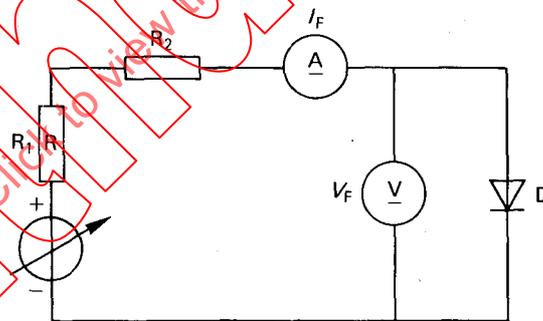
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Tension inverse (V_R).
- Largeur des impulsions et facteur d'utilisation, si applicable.

2. **Tension directe V_F**

a) *But*

Mesurer la tension directe aux bornes d'une diode de signal ou de commutation dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma*



217/80

D = diode en mesure

FIGURE 2

c) *Description et exigences du circuit*

R_1 est une résistance étalonée (pour la mesure en impulsions seulement).

R_2 est une résistance de valeur élevée.

Pour la mesure en impulsions, on remplace le générateur de tension variable par un générateur d'impulsions de tension, le voltmètre par un appareil de mesure de pointe, et l'ampèremètre par un voltmètre de pointe branché aux bornes de la résistance étalonée R_1 .

If a pulse measurement is required, the variable voltage generator is replaced by a voltage pulse generator, the voltmeter is replaced by a peak-reading instrument and the ammeter is replaced by a peak-reading voltmeter across the calibrated resistor R_1 .

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The variable voltage generator is adjusted to obtain the specified value of reverse voltage V_R across the diode.

The reverse current I_R is read from the ammeter A.

e) *Specified conditions*

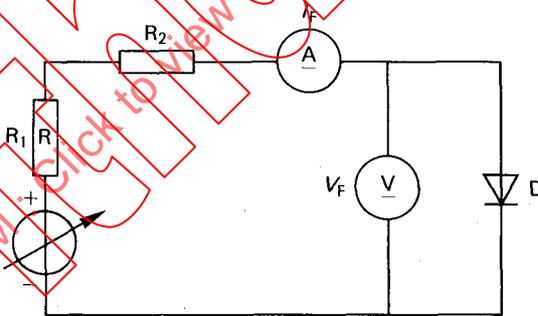
- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Reverse voltage (V_R).
- Pulse width and duty cycle, where applicable.

2. **Forward voltage V_F**

a) *Purpose*

To measure the forward voltage across a signal or switching diode under specified conditions.

b) *Circuit diagram*



217/80

D = diode being measured

FIGURE 2

c) *Circuit description and requirements*

R_1 is a calibrated resistor (pulse measurement only).

R_2 is a high value resistor.

If a pulse measurement is required, the variable voltage generator is replaced by a voltage pulse generator, the voltmeter is replaced by a peak-reading instrument, and the ammeter is replaced by a peak-reading voltmeter across the calibrated resistor R_1 .

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler le générateur de tension variable de façon à obtenir la valeur spécifiée du courant direct I_F .

Le voltmètre V indique la tension directe V_F .

e) Conditions spécifiées

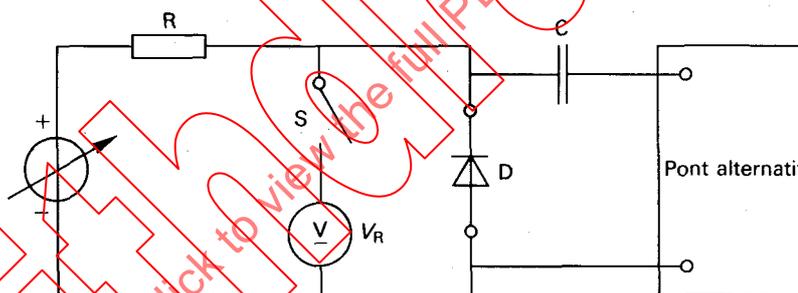
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant direct (I_F).
- Largeur des impulsions et facteur d'utilisation, si applicable.

3. Capacité C_{tot}

a) But

Mesurer la capacité totale d'une diode dans des conditions spécifiées.

b) Schéma



218/80

D = diode en mesure

FIGURE 3

c) Description et exigences du circuit

La conductance de la résistance R doit être faible vis-à-vis de l'admittance de la diode en mesure.

Le condensateur C doit pouvoir supporter la tension de polarisation inverse de la diode et doit être équivalent à un court-circuit à la fréquence de mesure.

d) Précautions à prendre

Le pont doit être capable de supporter la tension de polarisation inverse de la diode sans altérer la précision de la mesure. Si la capacité mesurée est très petite, les conditions de montage ont une influence sur la précision des résultats et elles doivent être spécifiées.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The variable voltage generator is adjusted to obtain the specified value of forward current I_F .

The forward voltage V_F is read from the voltmeter V.

e) *Specified conditions*

— Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).

— Forward current (I_F).

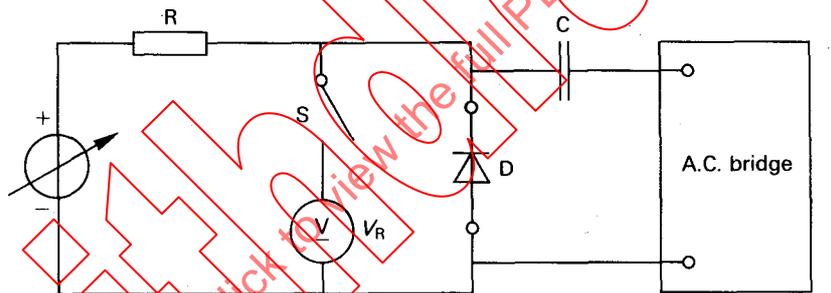
— Pulse width and duty cycle, where applicable.

3. **Capacitance C_{tot}**

a) *Purpose*

To measure the total capacitance of a diode under specified conditions.

b) *Circuit diagram*



218/80

D = diode being measured

FIGURE 3

c) *Circuit description and requirements*

The conductance of resistor R should be low compared with the admittance of the diode being measured.

The capacitor C must be able to withstand the reverse bias voltage of the diode and should present a short circuit at the frequency of measurement.

d) *Precautions to be observed*

The bridge must be able to withstand the reverse bias voltage of the diode without affecting the accuracy of the measurement. If the measured capacitance is very small, the mounting conditions will affect the accuracy of the results, and they should be specified.

e) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster la tension aux bornes de la diode à la valeur spécifiée V_R . Mettre alors le voltmètre V hors circuit; déterminer la capacité de la diode en mesure, à l'aide du pont alternatif, en soustrayant la valeur en l'absence de diode dans la monture de la valeur avec présence de la diode dans la monture.

f) *Conditions spécifiées*

Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).

- Tension inverse (V_R).
- Fréquence de mesure, si elle diffère de 1 MHz.
- Conditions de montage de la diode, si nécessaire.

Page 12 de la Publication 147-2B de la CEI

4. Paramètres de commutation

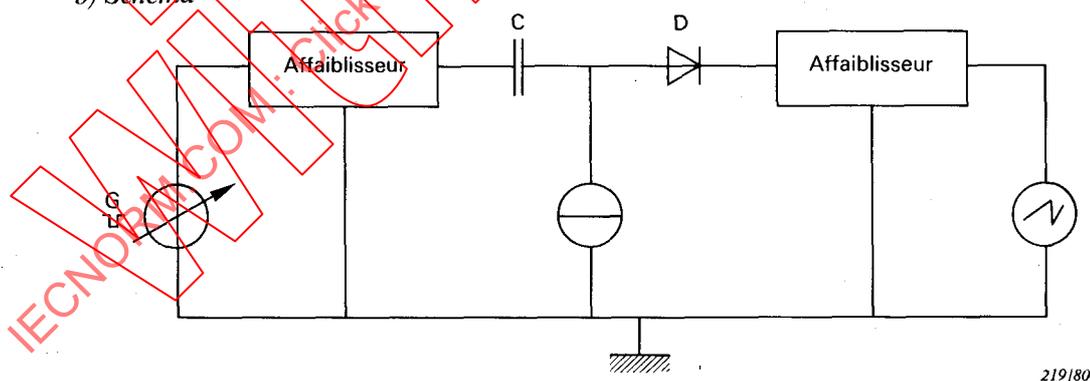
Ajouter le paragraphe suivant:

4.2.4 Temps de recouvrement inverse (pour un I_{RM} spécifié)

a) *But*

Mesurer le temps de recouvrement inverse d'une diode rapide, par exemple lorsque le temps de recouvrement inverse est inférieur à 100 ns.

b) *Schéma*



D = diode en mesure

FIGURE 4

c) *Description et exigences du circuit*

L'impédance de sortie du générateur G et l'impédance d'entrée de l'oscilloscope sont égales à 50 Ω sauf spécification contraire. Les temps de montée du générateur et de l'oscilloscope doivent être faibles devant t_{rr} .

e) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The voltage across the diode is adjusted to the specified value V_R . Then the voltmeter V is taken out of the circuit and the capacitance of the diode being measured is determined, using the a.c. bridge, by subtracting the value without the diode in its mounting from the value with the diode in its mounting.

f) *Specified conditions*

Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).

- Reverse voltage (V_R).
- Measurement frequency, if different from 1 MHz.
- Mounting conditions of the diode, if necessary.

Page 13 of IEC Publication 147-2B

4. **Switching parameters**

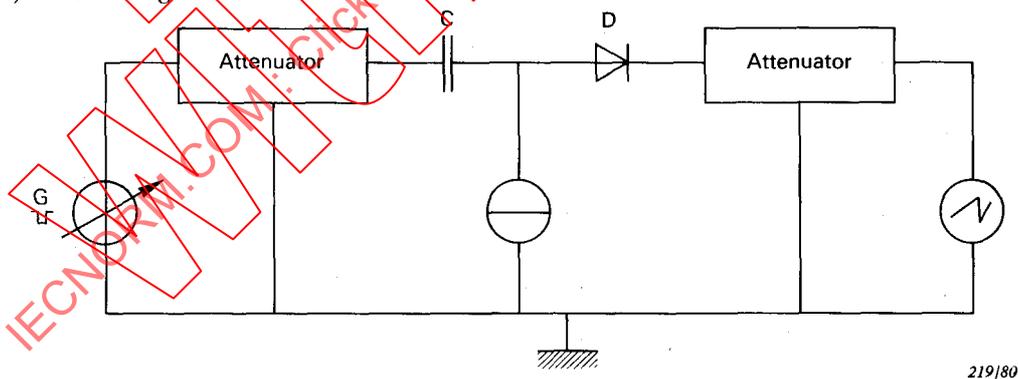
Add the following sub-clause:

4.2.4 *Reverse recovery time (with I_{RM} specified)*

a) *Purpose*

To measure the reverse recovery time of a fast diode, e.g. with reverse recovery time less than 100 ns.

b) *Circuit diagram*



D = diode being measured

FIGURE 4

c) *Circuit description and requirements*

The output impedance of the generator G and the input impedance of the oscilloscope are equal to 50 Ω unless otherwise specified. The rise times of the generator and of the oscilloscope should be small compared with t_{rr} .

La largeur de l'impulsion doit être supérieure à $3 t_{rr}$ max.

Les affaiblisseurs doivent avoir une impédance caractéristique de 50Ω sauf spécification contraire, avoir une atténuation supérieure ou égale à 6 dB et pouvoir laisser passer le courant continu.

La constante de temps $R_L C_L$ doit être inférieure à $1/10 t_{rr}$ max., sauf spécification contraire, avec:

R_L = partie réelle de l'impédance totale vue par la diode;

C_L = capacité totale du circuit incluant la diode.

C doit être grand devant t_{rr} max./ R_L .

L'impédance Z_i du générateur de courant doit être supérieure à R_L .

d) *Précaution à prendre*

Aucune précaution spéciale.

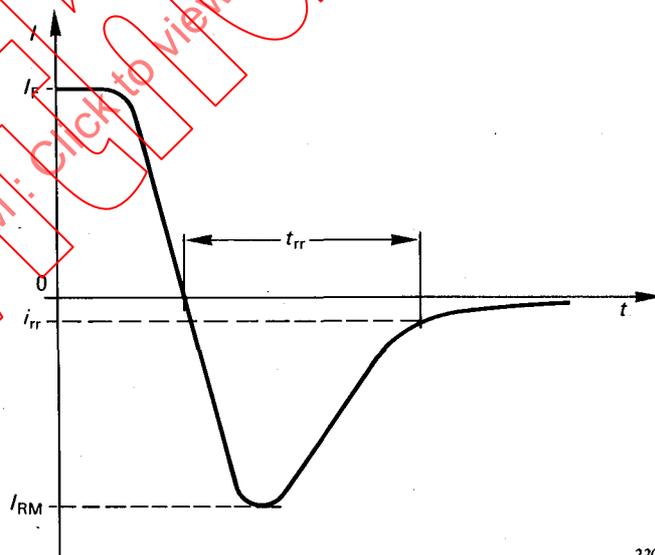
e) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Le générateur de courant continu fournit à la diode le courant direct spécifié I_F .

On applique à la diode des impulsions fournies par un générateur G; on augmente leur amplitude jusqu'à ce qu'on atteigne le courant inverse de pointe I_{RM} spécifié.

Le temps de recouvrement inverse t_{rr} est l'intervalle de temps qui existe entre l'instant où le courant s'annule et l'instant où le courant est réduit (après avoir atteint I_{RM}) au courant de recouvrement spécifié i_{rr} (voir figure 5).



220/80

FIGURE 5

f) *Conditions spécifiées*

— Température ambiante ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{ref}).

— Courant direct (I_F).

The pulse width should be larger than $3 t_{rr}$ max.

Attenuators should have a characteristic impedance of 50Ω unless otherwise specified, should have an attenuation higher than or equal to 6 dB and should be able to carry d.c.

The time constant $R_L C_L$ should be lower than $1/10 t_{rr}$ max., unless otherwise specified, with:

R_L = real part of the total impedance, as seen by the diode;

C_L = total capacitance of the circuit including the diode.

C should be high compared with t_{rr} max./ R_L .

The impedance Z_i of the current generator should be greater than R_L .

d) *Precautions to be observed*

No special precaution.

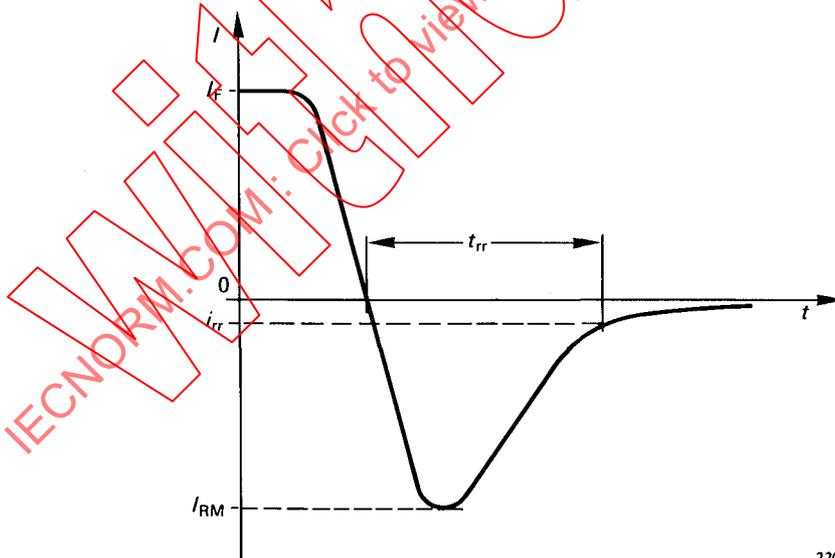
e) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The current generator delivers the specified forward current I_F to the diode.

Pulses, delivered by generator G, are applied to the diode; the magnitude of the pulses is increased until the specified peak reverse current I_{RM} is reached.

The reverse recovery time t_{rr} is the time interval between the instant at which the current passes through zero and the instant when the current is reduced from I_{RM} to the specified recovery current i_{rr} (see Figure 5).



220/80

FIGURE 5

f) *Specified conditions*

— Ambient or reference-point temperature (t_{amb} , t_{ref}).

— Forward current (I_F).

- Peak reverse current (I_{RM}).
- Reverse recovery current (i_{rr}).
- Example of specified conditions: $I_F = 10 \text{ mA}$
 $I_{RM} = 10 \text{ mA}$
 $i_{rr} = 1 \text{ mA}$

Page 25 of IEC Publication 147-2B

5. Detector efficiency

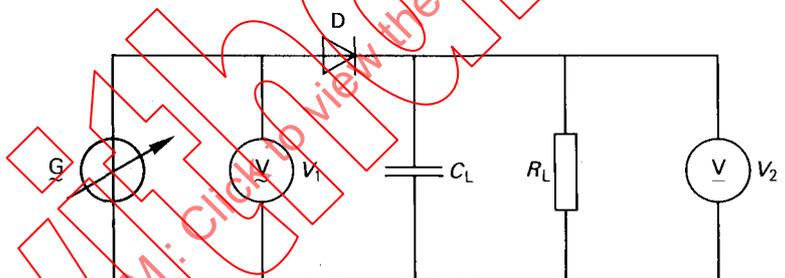
Replace the whole clause by the following sub-clauses:

5.1 Detector voltage efficiency η_v

a) Purpose

To measure the detector voltage efficiency of a signal diode under specified conditions.

b) Circuit diagram



221/80

D = diode being measured

FIGURE 6

c) Circuit description and requirements

G is a low-impedance generator.

V is a r.m.s. reading voltmeter.

The value of R_L should be high compared with the value of the output impedance of the generator and the value of the forward impedance of the diode.

d) Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

The generator is adjusted to give the specified r.m.s. value of V_1 .

Lire V_2 sur le voltmètre; calculer le rendement de détection à partir de l'expression suivante:

$$\eta_v = \frac{V_2}{V_1\sqrt{2}} (\times 100\%)$$

e) *Conditions spécifiées*

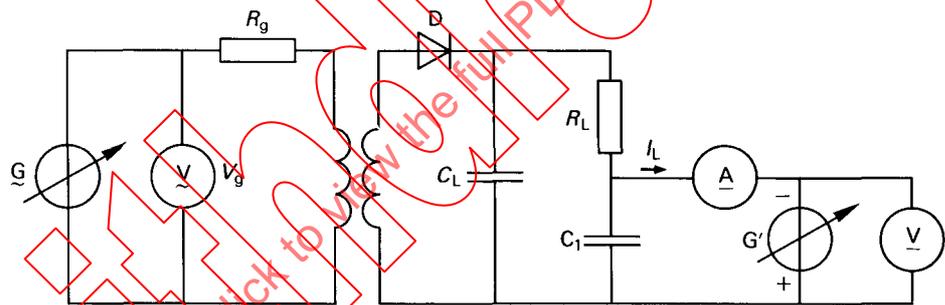
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Fréquence de mesure (généralement 100 MHz).
- Paramètres du circuit (R_L et C_L).
- Tension V_1 (valeur efficace).

5.2 *Rendement de détection en puissance η_p*

a) *But*

Mesurer le rendement de détection en puissance d'une diode de signal dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma*



222/80

D = diode en mesure

FIGURE 7

c) *Description et exigences du circuit*

G est un générateur à faible impédance.

V_g est un voltmètre électronique.

Le transformateur doit avoir de faibles pertes et la valeur de la résistance de pertes équivalente doit être incluse dans R_g .

Le transformateur doit avoir un rapport de transformation tel que l'impédance R_g soit adaptée à R_L .

La valeur de R_L doit être élevée par rapport à celle de l'impédance directe de la diode. La constante de temps $C_L R_L$ doit être grande par rapport à l'inverse de la fréquence de mesure.

Le condensateur C_1 doit présenter un court-circuit à la fréquence de mesure.

V_2 is read from the voltmeter and the detector voltage efficiency is calculated using the expression:

$$\eta_k = \frac{V_2}{V_1\sqrt{2}} (\times 100\%)$$

e) *Specified conditions*

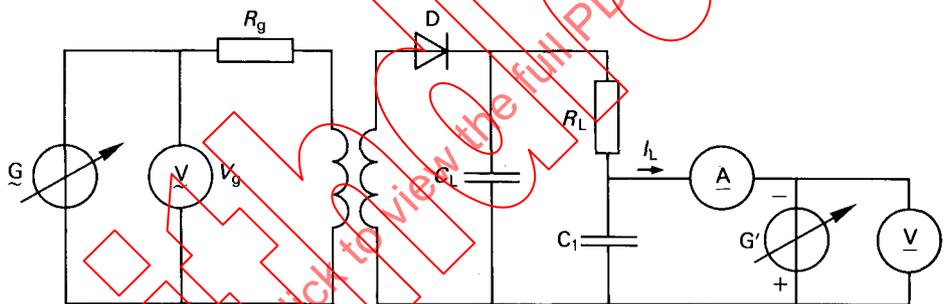
- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Measurement frequency (usually 100 MHz).
- Circuit parameters (R_L and C_L).
- Voltage V_1 (r.m.s. value).

5.2 *Detector power efficiency η_p*

a) *Purpose*

To measure the detector power efficiency of a signal diode under specified conditions.

b) *Circuit diagram*



D = diode being measured

FIGURE 7

c) *Circuit description and requirements*

G is a low-impedance generator.

V is an electronic voltmeter.

The transformer should have a low loss, and the equivalent value of the loss resistance should be included in R_g .

The turns ratio of the transformer should be such as to ensure impedance matching between R_g and R_L .

The value of R_L should be high compared with the value of the forward impedance of the diode. The time constant $C_L R_L$ should be large compared to the reciprocal of the measurement frequency.

Capacitor C_1 should provide a short circuit at the measurement frequency.

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler le générateur de tension alternative à zéro et le générateur de tension continue aux conditions de polarisation directe spécifiées. Lire le courant I_{L1} sur l'ampèremètre continu A.

Régler le générateur de tension alternative à la valeur efficace spécifiée V_g et mesurer la nouvelle valeur I_{L2} sur l'ampèremètre.

Calculer le rendement de détection en puissance à partir de l'expression suivante:

$$\eta_p = \frac{4(I_{L2} - I_{L1})^2 \cdot R_L \cdot R_g}{V_g^2} (\times 100\%)$$

e) Conditions spécifiées

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Fréquence (f) et tension (V_g) de mesure.
- Conditions de polarisation en continu.
- Paramètres du circuit (R_L et C_L).
- Impédance du générateur (R_g).

SECTION DEUX — DIODES DE TENSION DE RÉFÉRENCE ET DIODES RÉGULATRICES DE TENSION

Pages 32 à 38 de la Publication 147-2B de la CEI

Remplacer les articles 1, 2 et 3 existants par les suivants:

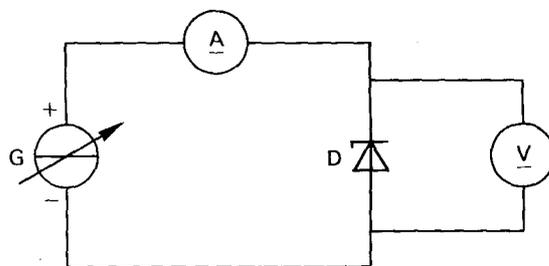
1. Tension de régulation V_z

1.1 Tension de régulation (méthode en courant continu)

a) But

Mesurer la tension de régulation correspondant à un courant de régulation spécifié.

b) Schéma



223/80

D = diode en mesure

FIGURE 8

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The a.c. voltage generator is set to zero, and the d.c. voltage generator is set to give the specified forward bias conditions. The current I_{L1} is read from the d.c. ammeter A.

The a.c. voltage generator is set to the specified r.m.s. voltage V_g and the new value I_{L2} is read from the ammeter.

The detector power efficiency is calculated using the expression:

$$\eta_p = \frac{4(I_{L2} - I_{L1})^2 \cdot R_L \cdot R_g}{V_g^2} (\times 100\%)$$

e) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Measurement frequency (f) and voltage (V_g).
- D.C. bias conditions.
- Circuit parameters (R_L and C_L).
- Generator impedance (R_g).

SECTION TWO — VOLTAGE REFERENCE DIODES AND VOLTAGE REGULATOR DIODES

Pages 33 to 39 of IEC Publication 147-2B

Replace the existing Clauses 1, 2 and 3 by the following:

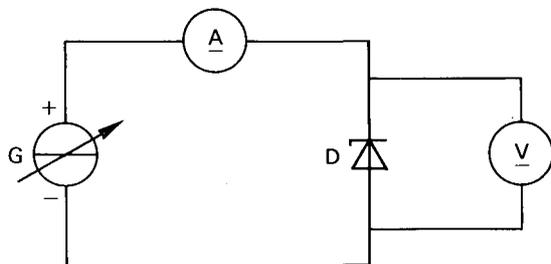
1. **Working voltage V_Z**

1.1 *Working voltage (d.c. method)*

a) *Purpose*

To measure the working voltage corresponding to a specified working current.

b) *Circuit diagram*



223/80

D = diode being measured

FIGURE 8

c) *Description et exigences du circuit*

Pour la tension de régulation, le voltmètre V doit avoir une résistance élevée par rapport à la résistance de la diode.

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster le courant continu de régulation à la valeur spécifiée I_Z indiquée par l'ampèremètre A et mesurer la tension de régulation aux bornes de la diode.

e) *Conditions spécifiées*

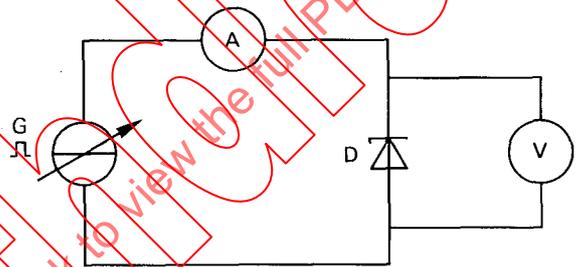
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant de régulation (I_Z).
- Conditions de montage y compris la longueur des connexions, s'il y a lieu.

1.2 *Tension de régulation (méthode en impulsions)*

a) *But*

Mesurer en impulsions la tension de régulation correspondant à un courant de régulation spécifié.

b) *Schéma*



224/80

D = diode en mesure

FIGURE 9

c) *Description et exigences du circuit*

G est un générateur d'impulsions en courant.

A est un ampèremètre de lecture de pointe.

V est un voltmètre de lecture de pointe.

Le voltmètre V doit avoir une grande résistance par rapport à la résistance différentielle de la diode pour la tension de régulation.

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Augmenter la tension de sortie du générateur d'impulsions jusqu'à ce que l'ampèremètre indique le courant de régulation spécifié. Le voltmètre indique la tension de régulation aux bornes de la diode.

c) *Circuit description and requirements*

The voltmeter V should have a high resistance compared with the resistance of the diode at the working voltage.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The working d.c. current is set to the specified value I_Z as read on ammeter A, and the working voltage across the diode is measured.

e) *Specified conditions*

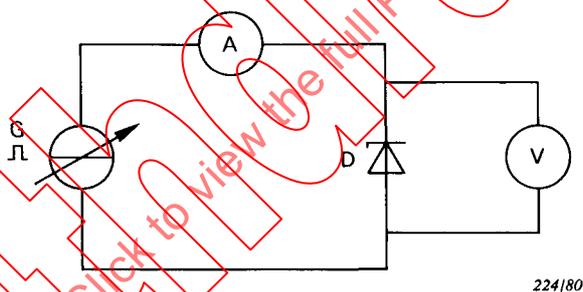
- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Working current (I_Z).
- Mounting conditions including length of leads, if necessary.

1.2 *Working voltage (pulse method)*

a) *Purpose*

To measure the working voltage corresponding to a specified working current under pulse conditions.

b) *Circuit diagram*



D = diode being measured

FIGURE 9

c) *Circuit description and requirements*

G is a pulse current generator.

A is a peak-reading ammeter.

V is a peak-reading voltmeter.

The voltmeter V should have a high resistance compared with the differential resistance of the diode at the working voltage.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The output of the pulse generator is increased until the specified working current is indicated on the ammeter. The working voltage across the diode is then read from the voltmeter.

e) Conditions spécifiées

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant de régulation (I_Z).
- Largeur des impulsions et facteur d'utilisation (t_p , δ), de préférence: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2\%$.

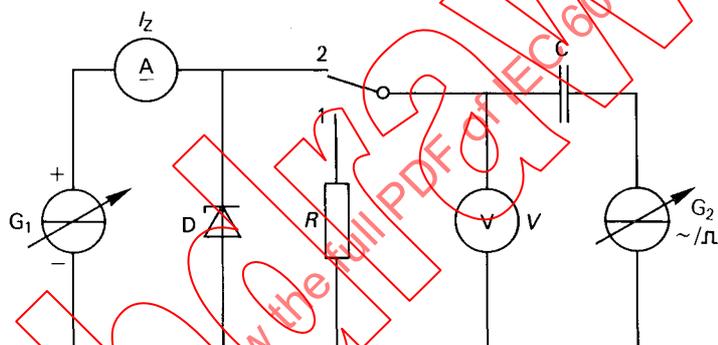
2. Résistance différentielle r_z

2.1 Résistance différentielle (méthode en courant continu)

a) But

Mesurer la résistance différentielle correspondant à un courant de régulation spécifié.

b) Schéma



225180

D = diode en mesure

FIGURE 10

c) Description et exigences du circuit

V est un voltmètre efficace ou de lecture de pointe.

C est un condensateur de blocage.

G_2 est un générateur de courant, alternatif ou impulsions.

L'impédance du voltmètre doit être grande par rapport à la résistance différentielle mesurée.

La valeur efficace du courant alternatif ne doit pas dépasser 10% de la valeur du courant continu de fonctionnement; ou bien, dans le cas d'un générateur de courant en impulsions, la valeur pointe à pointe ne devra pas dépasser 30% de la valeur du courant continu de régulation. R doit être approximativement égale à la résistance différentielle de la diode.

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster le générateur de courant continu pour obtenir la valeur spécifiée du courant de régulation I_Z .

e) Specified conditions

- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Working current (I_Z).
- Pulse width and duty cycle of pulses (t_p , δ), preferably: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2\%$.

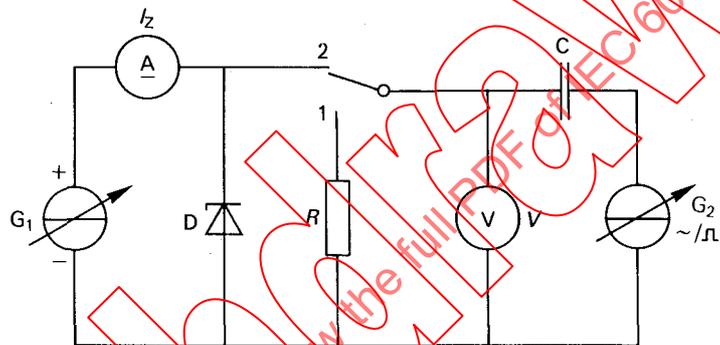
2. Differential resistance r_z

2.1 Differential resistance (d.c. method)

a) Purpose

To measure the differential resistance at a specified working current.

b) Circuit diagram



225/80

D = diode being measured

FIGURE 10

c) Circuit description and requirements

V is a r.m.s. or peak-reading voltmeter.

C is a blocking capacitor.

G_2 is an alternating or pulse current generator.

The voltmeter impedance should be high compared with the differential resistance being measured.

The r.m.s. value of the alternating current should not be greater than 10% of the direct working current value; alternatively, for a pulse current generator, the peak-to-peak value should not exceed 30% of the direct working current value. R should be approximately equal to the differential resistance of the diode.

d) Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

The direct current generator is adjusted to give the specified value of the working current I_Z .

Le commutateur étant en position 1, ajuster le générateur de courant G_2 de manière que la valeur indiquée par le voltmètre soit:

$$V_1 = RI_Z$$

où I_Z est la valeur efficace spécifiée du courant alternatif en petits signaux (par exemple 10% du courant continu de régulation).

Le commutateur étant en position 2, on obtient une deuxième lecture V_2 . Calculer la résistance différentielle à partir de l'expression suivante:

$$r_z = \frac{V_2}{I_Z} = \frac{V_2}{V_1} R$$

e) *Conditions spécifiées*

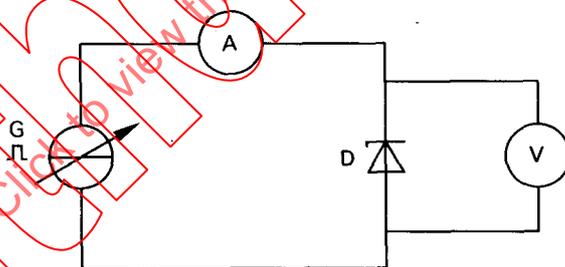
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant de régulation (I_Z).
- Fréquence de mesure (si elle diffère de 1 kHz).
- Conditions de montage y compris la longueur des connexions, s'il y a lieu.

2.2 *Résistance différentielle (méthode en impulsions)*

a) *But*

Mesurer en impulsions la résistance différentielle correspondant à un courant de régulation spécifié.

b) *Schéma*



224/80

D = diode en mesure

FIGURE 11

c) *Description et exigences du circuit*

G est un générateur d'impulsions en courant.

A est un ampèremètre à lecture de pointe.

V est un voltmètre à lecture de pointe.

La tension de régulation V_Z est mesurée pour deux valeurs du courant de régulation I_{ZL} et I_{ZH} , dont la moyenne est égale au courant de régulation spécifié I_Z .

La différence entre I_{ZL} et I_{ZH} ne devra pas dépasser 30% de I_Z . Cependant, puisque la différence de tension à mesurer est faible par rapport à la tension de régulation, la tension doit être mesurée par une méthode précise à impédance élevée.

With the switch in position 1, the constant current generator G_2 is adjusted until the reading of the voltmeter is:

$$V_1 = RI_Z$$

where I_Z is the r.m.s. value of the specified small-signal alternating current (e.g. 10% of the direct working current).

With the switch in position 2, a second reading V_2 is obtained. The differential resistance is calculated using the expression:

$$r_z = \frac{V_2}{I_Z} = \frac{V_2}{V_1} R$$

e) *Specified conditions*

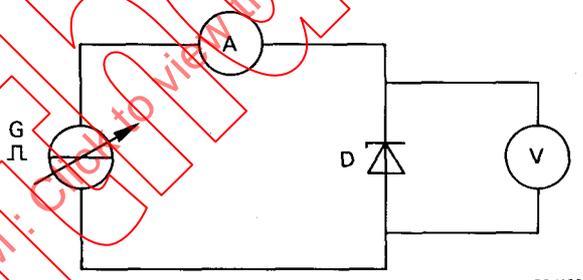
- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Working current (I_Z).
- Measurement frequency (if different from 1 kHz).
- Mounting conditions including length of leads, if necessary.

2.2 *Differential resistance (pulse method)*

a) *Purpose*

To measure the differential resistance at a specified working current under pulse conditions.

b) *Circuit diagram*



D = diode being measured

FIGURE 11

c) *Circuit description and requirements*

G is a pulse current generator.

A is a peak-reading ammeter.

V is a peak-reading voltmeter.

The working voltage V_Z is measured at two values of working current I_{ZL} and I_{ZH} , the average of which is the specified working current I_Z .

The difference between I_{ZL} and I_{ZH} should not exceed 30% of I_Z . However, since the voltage difference to be measured is small relative to the working voltage, an accurate high-impedance method of measuring voltage must be used.

d) *Exécution*

Régler avec soin la température à la valeur spécifiée et l'y maintenir pendant la mesure.

Mesurer la tension de régulation V_{ZL} au courant de régulation le plus bas I_{ZL} . Mesurer la tension de régulation V_{ZH} au courant de régulation le plus élevé I_{ZH} .

Calculer la résistance différentielle à partir de l'expression suivante:

$$r_z = \frac{V_{ZH} - V_{ZL}}{I_{ZH} - I_{ZL}}$$

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant de régulation (I_Z).
- Largeur des impulsions et facteur d'utilisation (t_p , δ), de préférence: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2\%$.

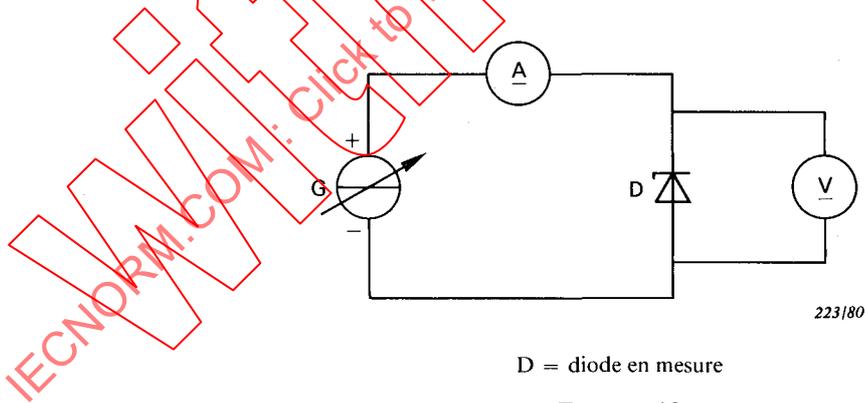
3. Coefficient de température de la tension de régulation α_{VZ}

3.1 Coefficient de température de la tension de régulation (méthode en courant continu)

a) *But*

Mesurer le coefficient de température de la tension de régulation correspondant à un courant de régulation spécifié dans une gamme de températures spécifiée.

b) *Schéma*



c) *Description et exigences du circuit*

On mesure la tension de régulation V_Z à deux températures spécifiées T_1 et T_2 .

Cependant, puisque la différence de tension à mesurer est faible par rapport à la tension de régulation, la tension doit être mesurée par une méthode précise à impédance élevée.

De plus, il peut être nécessaire d'utiliser des contacts séparés pour mesurer le courant et la tension.

d) *Measurement procedure*

The temperature must be accurately set to the specified value and controlled during the measurement.

The working voltage V_{ZL} is measured at the lower working current I_{ZL} . The working voltage V_{ZH} is measured at the higher working current I_{ZH} .

The differential resistance is calculated using the expression:

$$r_z = \frac{V_{ZH} - V_{ZL}}{I_{ZH} - I_{ZL}}$$

e) *Specified conditions*

— Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).

— Working current (I_Z).

— Pulse width and duty cycle (t_p , δ), preferably: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2\%$.

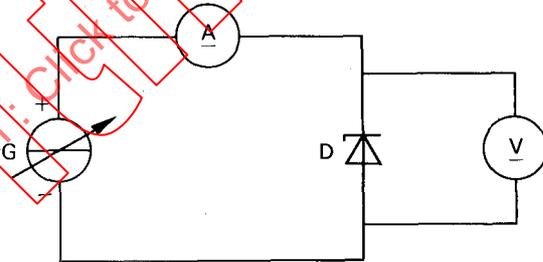
3. **Temperature coefficient of working voltage α_{vz}**

3.1 *Temperature coefficient of working voltage (d.c. method)*

a) *Purpose*

To measure the temperature coefficient of working voltage at a specified working current and over a specified temperature range.

b) *Circuit diagram*



223/80

D = diode being measured

FIGURE 12

c) *Circuit description and requirements*

The working voltage V_Z is measured at two specified temperatures T_1 and T_2 .

However, since the voltage difference to be measured is small relative to the working voltage, an accurate high-impedance method of measuring voltage must be used.

In addition, separate current-carrying and voltage-measuring contacts may need to be used.

d) *Exécution*

Mesurer la tension de régulation correspondant au courant de régulation spécifié I_Z lu sur l'ampèremètre A, pour deux valeurs spécifiées T_1 et T_2 de la température (température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence); ces températures doivent être réglées avec soin et contrôlées pendant la mesure.

Calculer le coefficient de température à partir de l'expression suivante:

$$\alpha_{VZ} = \frac{100 (V_{Z2} - V_{Z1})}{(T_2 - T_1) V_{Z1}} \text{ (en pour-cent par degrés Celsius)}$$

où:

V_{Z1} est la tension mesurée à la température la plus basse T_1 , et

V_{Z2} est la tension mesurée à la température la plus élevée T_2

e) *Conditions spécifiées*

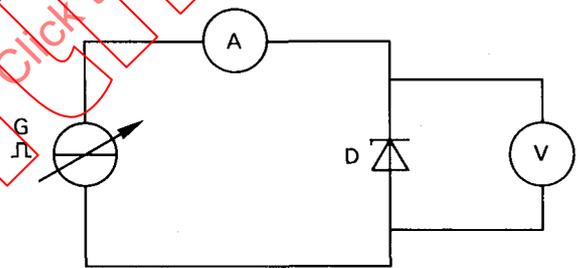
- Températures ambiantes, températures de boîtier ou températures d'un point de référence (T_1 et T_2).
- Courant de régulation (I_Z).
- Conditions de montage y compris la longueur des connexions, si nécessaire.

3.2 *Coefficient de température de la tension de régulation (méthode en impulsions)*

a) *But*

Mesurer en impulsions le coefficient de température de la tension de régulation correspondant à un courant de régulation spécifié, dans une gamme de températures spécifiée.

b) *Schéma*



224/80

D = diode en mesure

FIGURE 13

c) *Description et exigences du circuit*

G est un générateur d'impulsions en courant.

A est un ampèremètre à lecture de pointe.

V est un voltmètre à lecture de pointe.

On mesure la tension de régulation V_Z conformément à la méthode en impulsions décrite dans le paragraphe 1.2, à deux températures spécifiées T_1 et T_2 .

d) *Measurement procedure*

For a specified working current I_Z as read from ammeter A, the working voltage is measured at two specified values of ambient, case or reference-point temperatures, T_1 and T_2 , that must be accurately set and controlled during the measurement.

The temperature coefficient is calculated using the expression:

$$\alpha_{VZ} = \frac{100 (V_{Z2} - V_{Z1})}{(T_2 - T_1) V_{Z1}} \text{ (in per cent per Celsius degrees)}$$

where:

V_{Z1} is the voltage measured at the lower temperature T_1 , and

V_{Z2} is the voltage measured at the higher temperature T_2

e) *Specified conditions*

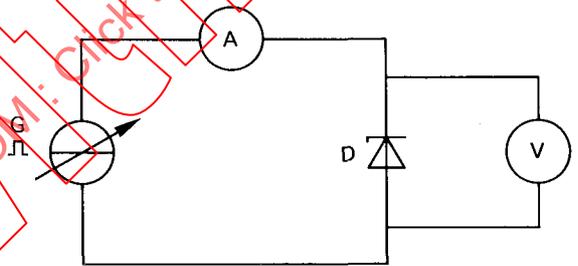
- Ambient, case or reference-point temperatures (T_1 and T_2).
- Working current (I_Z).
- Mounting conditions, including length of leads, if necessary.

3.2 *Temperature coefficient of working voltage (pulse method)*

a) *Purpose*

To measure the temperature coefficient of working voltage at a specified working current and over a specified temperature range, under pulse conditions.

b) *Circuit diagram*



224/80

D = diode being measured

FIGURE 13

c) *Circuit description and requirements*

G is a pulse current generator.

A is a peak-reading ammeter.

V is a peak-reading voltmeter.

The working voltage V_Z is measured in accordance with the pulse method described in Sub-clause 1.2, at two specified temperatures T_1 and T_2 .

Cependant, puisque la différence de tension à mesurer est faible par rapport à la tension de régulation, la tension doit être mesurée par une méthode précise à impédance élevée.

De plus, il peut être nécessaire d'utiliser des contacts séparés pour mesurer le courant et la tension.

d) *Exécution*

Pour un courant de régulation spécifié I_z lu sur l'ampèremètre A, mesurer la tension de régulation pour deux valeurs T_1 et T_2 de la température ambiante, de la température de boîtier ou de la température d'un point de référence; ces températures doivent être réglées avec soin et contrôlées pendant la mesure.

Calculer le coefficient de température à partir de l'expression suivante:

$$\alpha_{VZ} = \frac{100 (V_{Z2} - V_{Z1})}{(T_2 - T_1) V_{Z1}} \text{ (en pour-cent par degré Celsius)}$$

où:

V_{Z1} est la tension mesurée à la température la plus basse T_1 , et

V_{Z2} est la tension mesurée à la température la plus élevée T_2 .

e) *Conditions spécifiées*

- Températures ambiantes, températures de boîtier ou températures d'un point de référence (T_1 et T_2).
- Courant de régulation (I_z).
- Largeur des impulsions et facteur d'utilisation (t_p , δ), de préférence: $t_p = 300 \mu\text{s}$, $\delta \leq 2\%$.

However, since the voltage difference to be measured is small relative to the working voltage, an accurate high-impedance method of measuring voltage must be used.

In addition, separate current-carrying and voltage-measuring contacts may need to be used.

d) Measurement procedure

For a specified working current I_Z as read from ammeter A, the working voltage is measured at two specified values of ambient, case or reference-point temperatures, T_1 and T_2 , that must be accurately set and controlled during the measurement.

The temperature coefficient is calculated using the expression:

$$\alpha_{VZ} = \frac{100 (V_{Z2} - V_{Z1})}{(T_2 - T_1) V_{Z1}} \text{ (in per cent per Celsius degrees)}$$

where:

V_{Z1} is the voltage measured at the lower temperature T_1 , and

V_{Z2} is the voltage measured at the higher temperature T_2 .

e) Specified conditions

- Ambient, case or reference-point temperatures (T_1 and T_2).
- Working current (I_Z).
- Pulse width and duty cycle of pulses (t_p, δ), preferably: $t_p = 300 \mu\text{s}$, $\delta \leq 2\%$.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60147-2M:1980

Page 10 de la Publication 147-2 de la CEI et page 6 de la Publication 147-2C de la CEI

Remplacer le titre existant du chapitre II par le suivant:

CHAPITRE II: TRANSISTORS BIPOLAIRES

Pages 10 à 14 de la Publication 147-2 de la CEI

Remplacer les articles 1, 2, 3, 4, 5 et 6 existants par les suivants:

1. Généralités

Dans cette publication, les polarités des générateurs représentés dans les circuits sont applicables aux dispositifs NPN. Cependant, ces circuits peuvent être adaptés pour les dispositifs PNP en changeant les polarités des alimentations et des appareils de mesure.

2. Courant résiduel collecteur-base I_{CBO} (méthode en courant continu)

On mesure le courant résiduel collecteur-base de la même manière que le courant résiduel collecteur-émetteur (voir article 17, page 68), mais en intervertissant les bornes émetteur et base. On laisse l'émetteur en circuit ouvert.

3. Courant résiduel émetteur-base I_{EBO} (méthode en courant continu)

On mesure le courant résiduel émetteur-base de la même manière que le courant résiduel collecteur-émetteur (voir article 17, page 68), sauf que l'émetteur est relié à l'ampèremètre et la base à la ligne commune. On laisse le collecteur en circuit ouvert.

4. Tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}

4.1 Tension de saturation collecteur-émetteur (méthode en courant continu)

a) But

Mesurer la tension de saturation collecteur-émetteur d'un transistor dans des conditions spécifiées.

Page 11 of IEC Publication 147-2 and page 7 of IEC Publication 147-2C

Replace the existing title of Chapter II by the following:

CHAPTER II: BIPOLAR TRANSISTORS

Pages 11 to 15 of IEC Publication 147-2

Replace the existing Clauses 1, 2, 3, 4, 5 and 6 by the following:

1. General

The polarities of the generators shown in the circuits in this publication are applicable to NPN devices. However, these circuits can be adapted for PNP devices by changing the polarities of the meters and the power supplies.

2. Collector-base cut-off current I_{CBO} (d.c. method)

The collector-base cut-off current is measured in the same way as the collector-emitter cut-off current (see Clause 17, page 69), except that the emitter and base terminals are interchanged. The emitter is left open-circuit.

3. Emitter-base cut-off current I_{EBO} (d.c. method)

The emitter-base cut-off current is measured in the same way as the collector-emitter cut-off current (see Clause 17, page 69), except that the emitter is connected to the ammeter and the base is connected to the common line. The collector is left open-circuit.

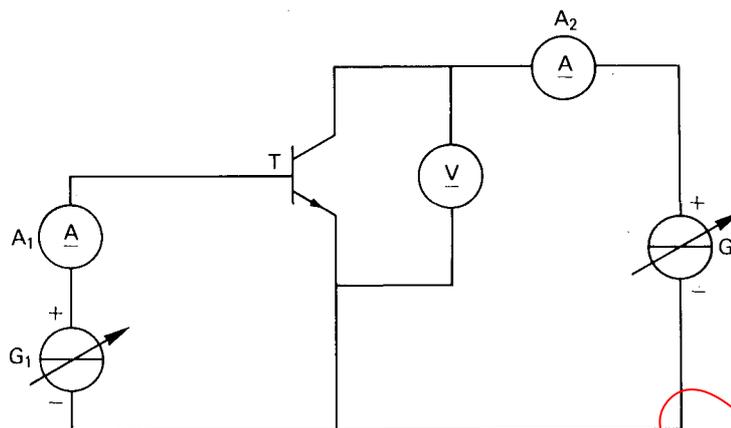
4. Collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}

4.1 Collector-emitter saturation voltage (d.c. method)

a) Purpose

To measure the collector-emitter saturation voltage of a transistor under specified conditions.

b) Schéma



T = transistor en mesure

FIGURE 14

c) Précautions à prendre

Comme il y a risque que la puissance maximale P_{\max} puisse être dépassée, il est important de suivre l'ordre indiqué dans l'exécution.

Il peut être nécessaire de modifier le circuit de mesure en connectant, par exemple, un circuit limiteur de tension aux bornes du générateur G_2 .

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster le courant de base à la valeur spécifiée lue sur l'ampèremètre A_1 .

Ajuster le courant collecteur à la valeur spécifiée lue sur l'ampèremètre A_2 .

Mesurer la tension de saturation collecteur-émetteur sur le voltmètre V.

e) Conditions spécifiées

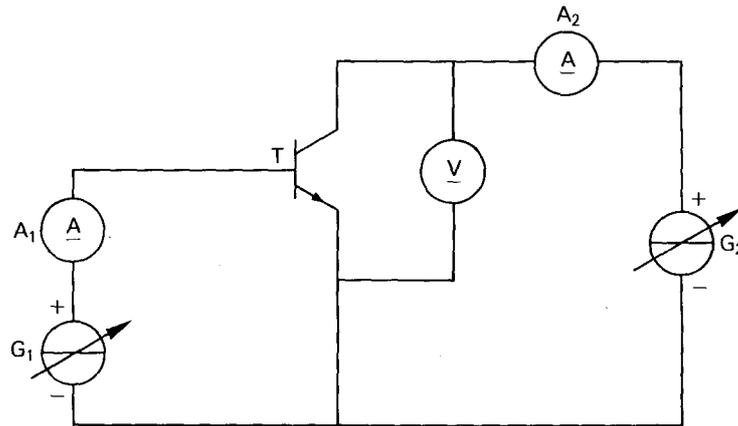
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant de base (I_B).
- Courant collecteur (I_C).

4.2 Tension de saturation collecteur-émetteur (méthode en impulsions)

a) But

Mesurer en impulsions la tension de saturation collecteur-émetteur d'un transistor.

b) *Circuit diagram*



226/80

T = transistor being measured

FIGURE 14

c) *Precautions to be observed*

Because of the risk that the maximum power dissipation P_{\max} could be exceeded, it is important to follow the order of the measurement procedure.

It may be necessary to modify the measurement circuit, for example by connecting a voltage limiting circuit across the generator G_2 .

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The base current is adjusted to the specified value read on ammeter A_1 .

The collector current is adjusted to the specified value read on ammeter A_2 .

The collector-emitter saturation voltage is measured on voltmeter V.

e) *Specified conditions*

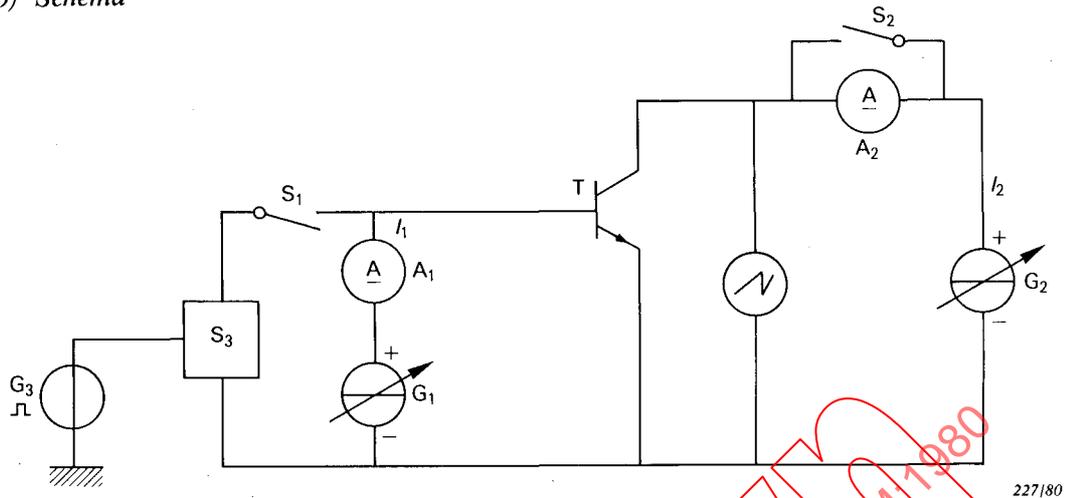
- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Base current (I_B).
- Collector current (I_C).

4.2 *Collector-emitter saturation voltage (pulse method)*

a) *Purpose*

To measure the collector-emitter saturation voltage of a transistor under pulse conditions.

b) Schéma



T = transistor en mesure

FIGURE 15

c) Description et exigences du circuit

L'interrupteur électronique S_3 est normalement fermé, il n'est ouvert que quand des impulsions lui sont appliquées par le générateur d'impulsions G_3 .

La valeur de la résistance interne du générateur de courant constant G_1 doit être beaucoup plus grande que l'impédance d'entrée du transistor en mesure.

La valeur de la résistance interne du générateur à courant constant G_2 doit être beaucoup plus grande que la valeur de V_{CEsat}/I_C .

d) Précautions à prendre

Le temps de réponse aux variations de charge des générateurs de courant continu doit être inférieur à la période de fonctionnement du transistor en mesure.

La largeur des impulsions et le facteur d'utilisation spécifiés du générateur d'impulsions doivent être suffisamment petits de façon à ne causer aucune dissipation de chaleur appréciable dans le transistor en mesure.

La tension maximale fournie par le générateur de courant continu G_2 ne doit pas dépasser la tension de claquage collecteur-émetteur du transistor.

e) Exécution

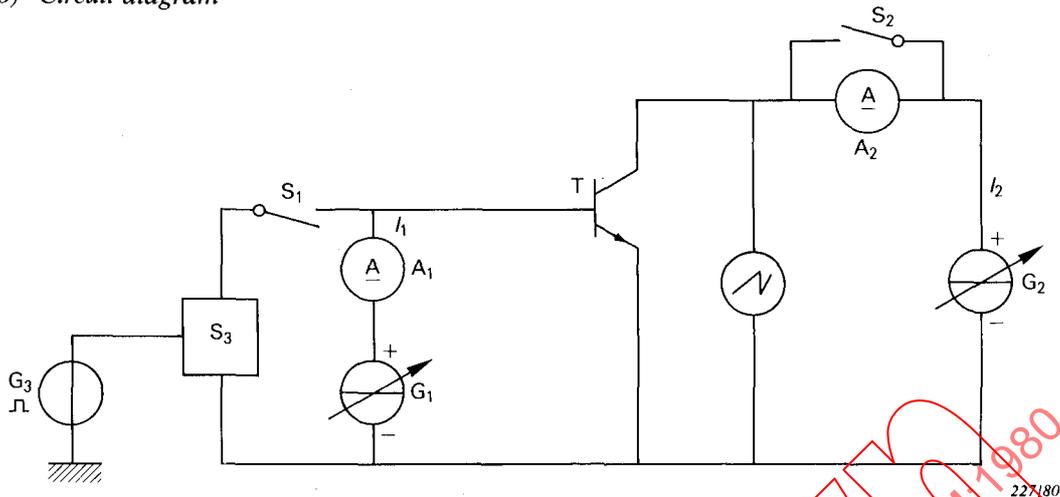
Régler la température à la valeur spécifiée.

L'interrupteur S_1 étant ouvert, le transistor n'étant pas dans le support de mesure, les bornes émetteur et base étant court-circuitées, régler le générateur de courant G_1 jusqu'à ce que l'indication de l'ampèremètre A_1 soit égale à la valeur spécifiée I_B .

L'interrupteur S_2 étant ouvert, le transistor n'étant pas dans le support de mesure, les bornes émetteur et collecteur étant court-circuitées, régler le générateur de courant G_2 jusqu'à ce que l'indication de l'ampèremètre A_2 soit égale à la valeur spécifiée I_C .

Le transistor en mesure étant dans le support de mesure, les interrupteurs S_1 et S_2 étant fermés et l'interrupteur S_3 actionné par G_3 , la valeur de V_{CEsat} correspond à la valeur de tension de la partie plate de la forme d'onde pendant la période de fonctionnement observée sur l'oscilloscope.

b) Circuit diagram



T = transistor being measured

FIGURE 15

c) Circuit description and requirements

The electronic switch S_3 is normally closed, and opened only when pulses are applied to it by pulse generator G_3 .

The value of the internal resistance of the constant-current generator G_1 should be much greater than the input impedance of the transistor being measured.

The value of the internal resistance of the constant-current generator G_2 should be greater than the value of V_{CEsat}/I_C .

d) Precautions to be observed

The time for the direct-current generators to respond to changes in load should be less than the "on" period of the transistor being measured.

The specified width and duty cycle of the pulse generator should be so small that no significant heat dissipation occurs in the transistor being measured.

The maximum voltage supplied by direct current generator G_2 should not exceed the collector-emitter breakdown voltage of the transistor.

e) Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

With the switch S_1 open, with no transistor in the measurement socket and with a short circuit inserted between emitter and base terminals, the current generator G_1 is adjusted until the reading of ammeter A_1 is equal to the specified value I_B .

With the switch S_2 open, with no transistor in the measurement socket, and with a short circuit inserted between emitter and collector terminals, the current generator G_2 is adjusted until the reading of ammeter A_2 is equal to the specified value I_C .

With the transistor being measured in the measurement socket, the switches S_1 and S_2 closed, and the switch S_3 operated by G_3 , the value of the steady voltage of the flat part of the waveform in the "on" period as observed on the oscilloscope is V_{CEsat} .

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant de base (I_B).
- Courant collecteur (I_C).
- Largeur des impulsions et facteur d'utilisation (t_p , δ), de préférence: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2\%$.

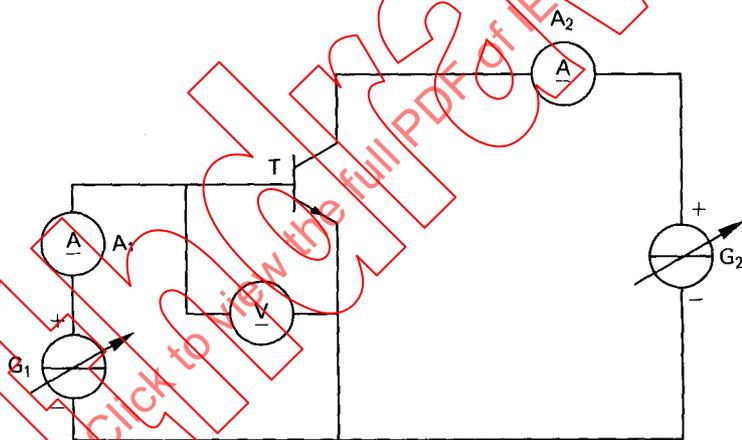
5. Tension de saturation base-émetteur V_{BEsat}

5.1 Tension de saturation base-émetteur (méthode en courant continu)

a) But

Mesurer la tension de saturation base-émetteur d'un transistor dans des conditions spécifiées.

b) Schéma



228/80

T = transistor en mesure

FIGURE 16

c) Précautions à prendre

On peut avoir des difficultés à parvenir aux conditions électriques spécifiées et, dans certains cas, il y a un risque que la dissipation maximale du transistor soit dépassée. Il est donc important de suivre l'ordre indiqué dans l'exécution.

Il peut être nécessaire de modifier le circuit de mesure en y ajoutant, par exemple, un circuit limiteur de tension aux bornes du générateur G_2 .

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster le courant de base à la valeur spécifiée lue sur l'ampèremètre A_1 .

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Base current (I_B).
- Collector current (I_C).
- Pulse width and duty cycle of pulses (t_p , δ), preferably: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2\%$.

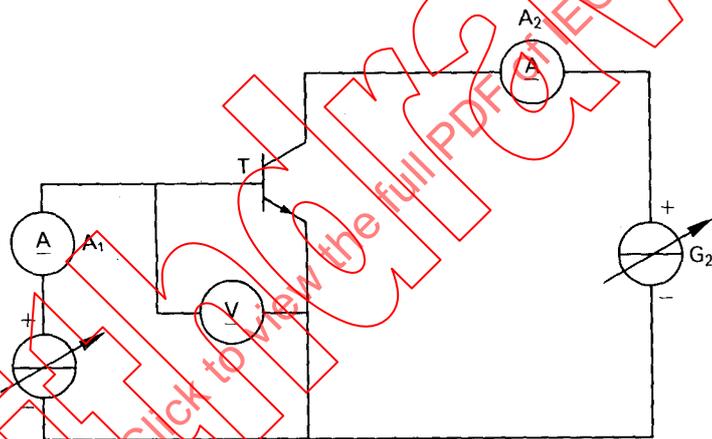
5. **Base-emitter saturation voltage** V_{BEsat}

5.1 *Base-emitter saturation voltage (d.c. method)*

a) *Purpose*

To measure the base-emitter saturation voltage of a transistor under specified conditions.

b) *Circuit diagram*



228/80

T = transistor being measured

FIGURE 16

c) *Precautions to be observed*

Difficulty may be experienced in setting up the specified electrical conditions and, in some cases, there is a risk that the maximum dissipation of the transistor may be exceeded. Therefore, it is important to follow the order of the measurement procedure.

It may be necessary to modify the measurement circuit, for example by connecting a voltage limiting circuit across the generator G_2 .

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The base current is adjusted to the specified value read on ammeter A_1 .

Ajuster le courant collecteur à la valeur spécifiée lue sur l'ampèremètre A_2 .

Mesurer la tension de saturation base-émetteur sur le voltmètre V .

e) *Conditions spécifiées*

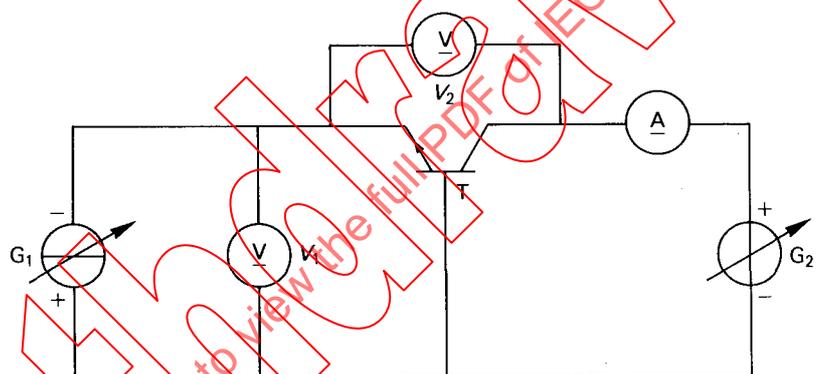
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant de base (I_B).
- Courant collecteur (I_C).

6. Tension base-émetteur V_{BE} (méthode en courant continu)

a) *But*

Mesurer la tension base-émetteur d'un transistor dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma*



229/80

T = transistor en mesure

FIGURE 17

c) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster les générateurs de tension variable G_1 et G_2 jusqu'à ce que le voltmètre V_2 indique la tension collecteur-émetteur spécifiée et que l'ampèremètre A indique le courant collecteur spécifié.

Le voltmètre V_1 indique la valeur de la tension base-émetteur.

d) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Courant collecteur (I_C).
- Tension collecteur-émetteur (V_{CE}).

The collector current is adjusted to the specified value read on ammeter A_2 .

The base-emitter saturation voltage is measured on voltmeter V .

e) *Specified conditions*

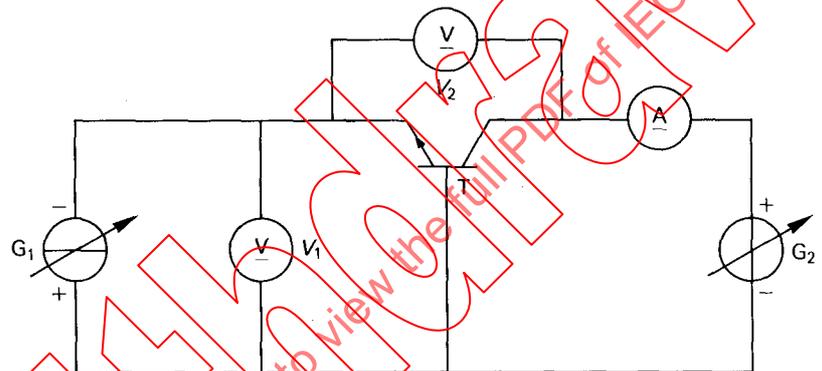
- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Base current (I_B).
- Collector current (I_C).

6. **Base-emitter voltage V_{BE} (d.c. method)**

a) *Purpose*

To measure the base-emitter voltage of a transistor under specified conditions.

b) *Circuit diagram*



229/80

T = transistor being measured

FIGURE 17

c) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The outputs of the variable generators G_1 and G_2 are adjusted until the specified collector-emitter voltage is read from voltmeter V_2 and the specified collector current is read from ammeter A .

The base-emitter voltage is read from voltmeter V_1 .

d) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Collector current (I_C).
- Collector-emitter voltage (V_{CE}).

8. Capacité de sortie en montage base commune (C_{22b} ou C_{ob})

Remplacer l'article existant, ainsi que les paragraphes 8.1 et 8.2 de la Publication 147-2C de la CIEI, par le texte suivant:

a) But

Mesurer la capacité de sortie d'un transistor dans des conditions spécifiées.

Deux méthodes sont indiquées:

- méthode 1, en utilisant un pont dipôle;
- méthode 2, en utilisant un pont tripôle. Cette méthode convient particulièrement pour la mesure précise de faibles capacités de sortie.

Dans la méthode 1, le pont doit pouvoir laisser passer le courant de polarisation continu, tandis que dans la méthode 2 (pont tripôle), cela n'est pas nécessaire.

8.1 Méthode 1: pont dipôle

b) Schéma

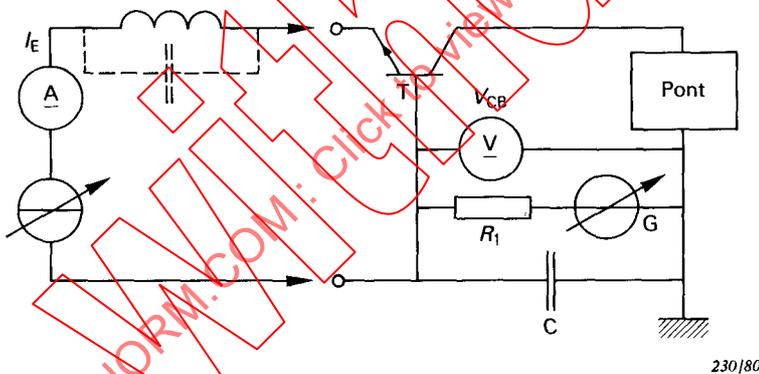


FIG. 18a. — Transistor avec borne de base reliée au boîtier.

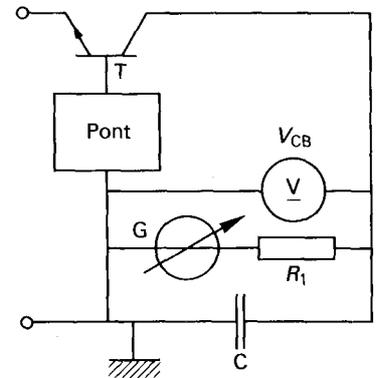


FIG. 18b. — Transistor avec borne collecteur reliée au boîtier.

c) Description et exigences du circuit

Le pont doit être capable de laisser passer le courant collecteur requis sans altérer la précision de la mesure. On peut aussi brancher une inductance aux bornes du pont. Le condensateur C doit présenter un court-circuit à la fréquence de mesure. Un circuit de polarisation est branché entre les bornes émetteur et base si l'on désire mesurer la capacité dans des conditions autres qu'émetteur en l'air.

8. Common-base output capacitance (C_{22b} or C_{ob})

Replace the existing clause, as well as Sub-clauses 8.1 and 8.2 of IEC Publication 147-2C, by the following:

a) Purpose

To measure the output capacitance of a transistor under specified conditions.

Two methods are given:

- method 1, using a two-terminal bridge;
- method 2, using a three-terminal bridge. This method is particularly appropriate for the accurate measurement of small output capacitances.

In method 1, the bridge must be able to pass the d.c. bias current, whereas in method 2 (three-terminal bridge), this is not required.

8.1 Method 1: two-terminal bridge

b) Circuit diagram

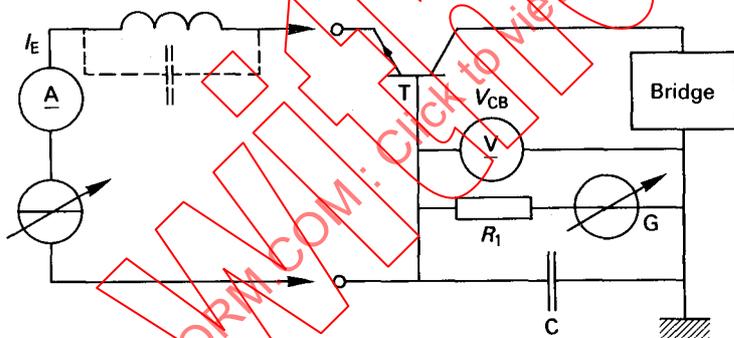


FIG. 18a. — Transistor with base terminal connected to case.

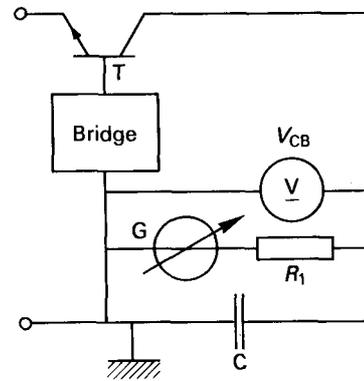


FIG. 18b. — Transistor with collector terminal connected to case.

c) Circuit description and requirements

The bridge should be capable of carrying the required collector current without affecting the accuracy of measurement. Alternatively, an inductor could be connected across the bridge terminals. Capacitor C should provide a short circuit at the measurement frequency. A bias circuit is connected between the emitter and the base terminals if measurement of capacitance for conditions other than open-emitter is required.

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler à zéro l'indication du capacimètre, le circuit de mesure étant branché.

Insérer le transistor en mesure dans le support de mesure et, les conditions de polarisation spécifiées étant appliquées, mesurer la capacité de sortie.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Tension collecteur-base (V_{CB}).
- Courant émetteur (I_E), généralement nul.
- Fréquence de mesure (f), si elle est différente de 1 MHz.
- Conditions de montage du transistor, s'il y a lieu.

8.2 *Méthode 2: pont tripôle*

b) *Schéma*

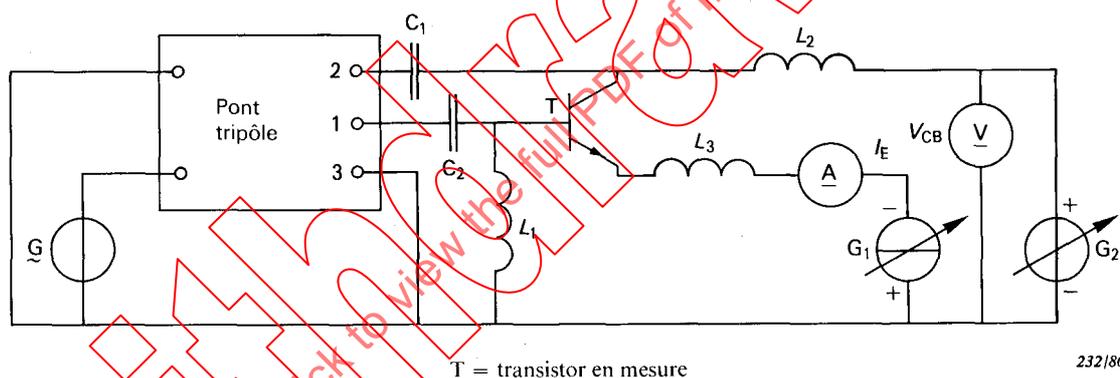


FIG. 19. — Circuit de base pour la mesure de C_{22b} utilisant un pont tripôle.

c) *Description et exigences du circuit*

Le pont tripôle doit pouvoir effectuer la mesure de la capacité entre les bornes 1 et 2 indépendamment de l'impédance qui existe entre l'une de ces bornes et les blindages réunis à la borne de masse (3).

Les condensateurs C_1 et C_2 doivent présenter un court-circuit à la fréquence de mesure. Les inductances L_1 , L_2 et L_3 doivent avoir une forte impédance à la fréquence de mesure.

La figure montre le cas où il est impossible ou indésirable de laisser passer le courant continu dans le pont. Si le pont peut laisser passer le courant de polarisation requis sans altérer la précision de la mesure, le circuit peut être simplifié de telle sorte que le courant continu de polarisation soit fourni à travers les bornes du pont.

Si le courant émetteur spécifié est nul, on supprime le circuit de polarisation émetteur.

Si le transistor en mesure est un dispositif à quatre bornes (le boîtier métallique est isolé électriquement des trois autres bornes), la quatrième borne (boîtier) doit être reliée à la borne de terre du pont.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The bridge is adjusted to obtain a zero reading with the measurement circuit connected.

The transistor being measured is inserted into the measurement socket and, with specified bias conditions applied, the output capacitance is measured.

e) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Collector-base voltage (V_{CB}).
- Emitter current (I_E), usually zero.
- Measurement frequency (f), if different from 1 MHz.
- Mounting conditions of the transistor, if necessary.

8.2 *Method 2: three-terminal bridge*

b) *Circuit diagram*

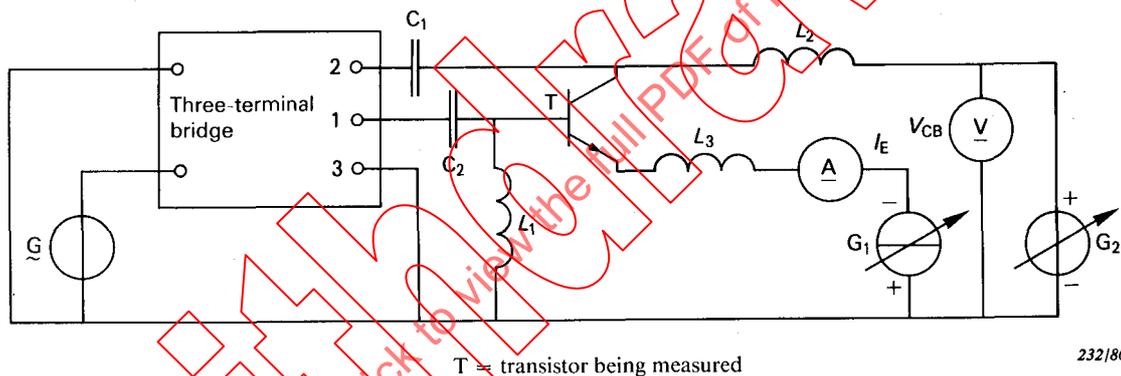


FIG. 19. — Basic circuit for the measurement of C_{22b} using a three-terminal bridge.

c) *Circuit description and requirements*

The three-terminal bridge should be capable of providing a measurement of the capacitance between terminals 1 and 2 independent of any impedance present between either terminal and the grounded guard terminal (3).

Capacitors C_1 and C_2 should provide a short circuit at the measurement frequency. Inductors L_1 , L_2 and L_3 should have a high impedance at the measurement frequency.

The figure shows the case for which it is impossible or undesirable to pass direct current through the bridge. If the bridge is capable of carrying the required bias current without affecting the accuracy of measurement, the circuit can be simplified so that the direct current bias is supplied through the bridge terminals.

If the emitter current is specified as zero, the emitter bias circuit is omitted.

If the transistor being measured is a four-terminal device (the metallic case is isolated electrically from the three other terminals), the fourth terminal (case) should be connected to the ground terminal of the bridge.

d) *Précautions à prendre*

Les capacités parasites doivent être réduites le plus possible.

Un plan de référence du dispositif doit être défini pour la mesure et le blindage des fils du dispositif doit s'étendre à ce plan.

La méthode de montage du transistor doit être spécifiée et très détaillée pour obtenir des résultats précis et reproductibles. Par exemple, le support de mesure doit être spécifié de telle façon que la mesure de la capacité soit indépendante de la longueur des fils du transistor et que la capacité résultante se réfère au plan de référence de mesure.

e) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler le pont à la fréquence de mesure et le régler pour obtenir une indication nulle avec le circuit en place mais sans transistor dans le support d'essai.

Insérer le transistor en mesure dans le support d'essai et mesurer la capacité de sortie, les conditions de polarisation spécifiées étant appliquées, en équilibrant le pont.

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Tension collecteur-base (V_{CB}).
- Courant émetteur (I_E), généralement nul.
- Fréquence de mesure (f), si elle diffère de 1 MHz.
- Plan de référence de mesure.
- Conditions de montage, s'il y a lieu.

Page 34 de la Publication 147-2C de la CEI

14. Paramètres haute fréquence

Page 36 de la même publication, remplacer le titre et le texte du paragraphe 14.2 par les suivants:

14.2 Fréquence de transition f_T

a) *But*

Mesurer la fréquence de transition d'un transistor dans des conditions spécifiées.

d) *Precautions to be observed*

Stray capacitances should be reduced as much as possible.

For the measurement, a plane of reference of the device must be defined and the screening of the device leads extended to this plane.

The method of mounting the transistor should be specified in considerable detail if accurate and reproducible results are to be obtained. For example, a measurement socket should be specified such that the capacitance measurement is independent of the lead length of the transistor, and so that the resulting capacitance is referred to the reference plane of measurement.

e) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The bridge is set to the specified measurement frequency and, with the circuit connected and with no transistor in the measurement socket, the bridge is adjusted to obtain a zero reading.

The transistor being measured is then inserted into the measurement socket and, with the specified bias conditions applied, the output capacitance is determined by balancing the bridge.

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Collector-base voltage (V_{CB}).
- Emitter current (I_E), usually zero.
- Measurement frequency (f), if different from 1 MHz.
- Reference plane of measurement.
- Mounting conditions, if necessary.

Page 35 of IEC Publication 147-2C

14. **High-frequency parameters**

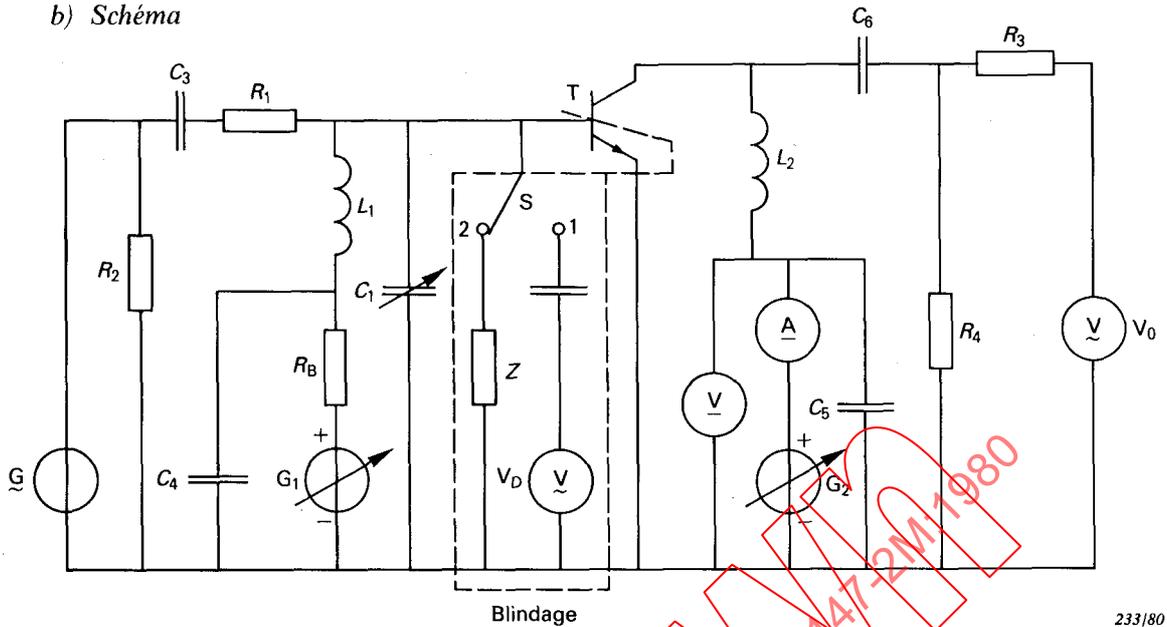
Page 37 of the same publication, replace the title and the text of Sub-clause 14.2 by the following:

14.2 *Transition frequency f_T*

a) *Purpose*

To measure the transition frequency of a transistor under specified conditions.

b) Schéma



T = transistor en mesure

FIGURE 20

c) Description et exigences du circuit

V_0 est un voltmètre électronique.

V_D est un détecteur de signal.

La valeur de R_1 doit être grande par rapport à celle de l'impédance d'entrée du transistor.

La valeur de R_2 est choisie de façon à adapter l'impédance caractéristique du générateur.

R_3 est l'impédance interne du voltmètre V_0 et sa valeur doit être grande par rapport à celle de R_4 .

La valeur de R_4 doit être petite par rapport à l'impédance de sortie du transistor.

La valeur de R_B doit être grande par rapport à V_{BE}/I_B .

L_1 et L_2 doivent avoir une impédance élevée à la fréquence de mesure et l'impédance de L_2 doit être au moins 100 fois supérieure à celle de R_4 .

Les capacités C_4 et C_5 doivent présenter un court-circuit à la fréquence de mesure. Les capacités C_3 et C_6 doivent avoir une impédance faible par rapport à celles de R_1 et R_4 .

d) Précautions à prendre

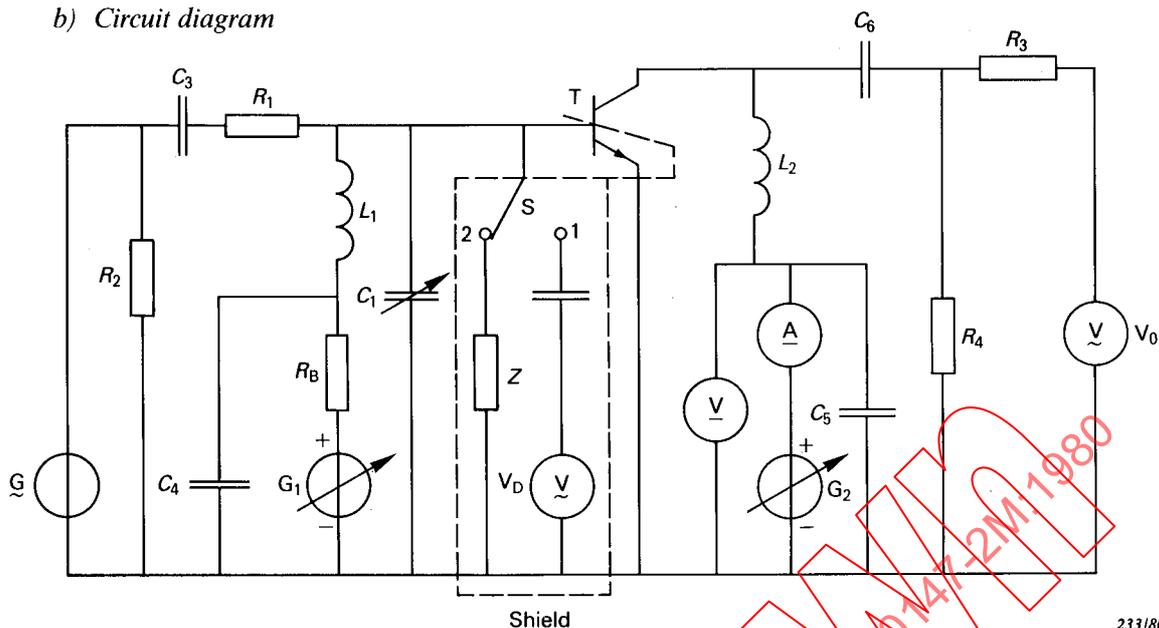
- i) Eviter autant que possible les capacités parasites entre les bornes base et émetteur du transistor.

Aux très hautes fréquences, il peut être nécessaire d'accorder ces capacités parasites de la manière suivante:

Le transistor étant enlevé, brancher un détecteur de signal V_D de forte impédance d'entrée entre la base et la masse (position 1 du commutateur S).

Régler le condensateur C_1 jusqu'à ce que le détecteur indique la résonance parallèle de L_1 et C_1 plus les capacités parasites.

b) Circuit diagram



T = transistor being measured

FIGURE 20

c) Circuit description and requirements

V_0 is an electronic voltmeter.

V_D is a signal detector.

The value of R_1 is large compared with the input impedance of the transistor.

The value of R_2 is chosen to match the characteristic impedance of the generator.

R_3 is the internal impedance of the voltmeter V_0 and should be of large value compared with that of R_4 .

The value of R_4 must be small compared with the output impedance of the transistor.

The value of R_5 should be large compared with V_{BE}/I_B .

L_1 and L_2 should have a high impedance at the measurement frequency and the impedance of L_2 should be at least 100 times greater than R_4 .

Capacitances C_4 and C_5 should present a short circuit at the measurement frequency. Capacitances C_3 and C_6 should have a low impedance compared with R_1 and R_4 .

d) Precautions to be observed

- i) Stray capacitance shunting the base-emitter terminals of the transistor must be avoided as much as possible.

At very high frequencies, it may be necessary to tune out such stray capacitance, which is done as follows:

With the transistor removed, a signal detector V_D of high input impedance is connected between the base and earth (position 1 of switch S).

The capacitor C_1 is then adjusted until parallel resonance of L_1 and C_1 plus the stray capacitance occurs as indicated on the detector.

Remplacer alors le détecteur par une impédance Z ayant une valeur égale à l'impédance du détecteur, en mettant le commutateur sur la position 2.

- ii) Éviter particulièrement les inductances parasites dans le conducteur émetteur.
- iii) La transmission des signaux de mesure entre la base et le collecteur, sans passer par l'intermédiaire du transistor, doit être évitée par un blindage, comme le montre le schéma.

On peut effectuer l'essai suivant pour avoir la confirmation que le blindage entre les bornes de base et de collecteur du support est efficace:

Le transistor étant enlevé, on insère entre les bornes d'émetteur et de base du support une résistance approximativement égale à l'impédance d'entrée du transistor. La borne de collecteur du support est laissée en circuit ouvert.

La lecture obtenue doit être suffisamment faible pour ne pas influencer la précision de la mesure.

- iv) Si le transistor en mesure est un dispositif à quatre sorties (y compris le cas d'un boîtier métallique isolé électriquement des trois autres sorties), la connexion de la quatrième sortie doit être effectuée comme il est spécifié.

e) *Exécution*

Les générateurs de tension de base et de collecteur G_1 et G_2 étant mis à zéro, court-circuiter les bornes de base et de collecteur du support.

Le générateur G étant ajusté à la fréquence de mesure spécifiée, régler sa tension de sortie de façon à obtenir sur le voltmètre électronique de sortie V_0 la plus faible valeur de mesure $V_{0(1)}$ qui soit compatible avec un rapport signal/bruit satisfaisant.

Enlever le court-circuit et insérer le transistor à mesurer dans le support de mesure.

Ajuster les générateurs de tension de collecteur et de base G_1 et G_2 à tour de rôle jusqu'à ce que les conditions de polarisation spécifiées soient appliquées au transistor, en prenant soin de ne pas dépasser les valeurs limites du transistor durant le réglage.

Régler les conditions de température aux valeurs spécifiées et effectuer les réglages de polarisation nécessaires.

Le réglage du générateur demeurant inchangé, relever la valeur $V_{0(2)}$ sur le voltmètre électronique de sortie.

Calculer la fréquence de transition à partir de l'expression suivante:

$$f_T = f \frac{V_{0(2)}}{V_{0(1)}}$$

où f est la fréquence de mesure.

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Fréquence de mesure (f).
- Tension collecteur-émetteur (V_{CE}).
- Courant collecteur (I_C).

The detector is then replaced by an impedance Z having a value equal to the detector impedance, by changing the position of switch S to 2.

- ii) It is particularly important that stray inductance in the emitter lead is avoided.
- iii) Transmission of the measuring signals between base and collector without passing through the transistor must be avoided by screening as shown in the circuit.

The following test may be used to confirm that the screening between the base and collector sockets is adequate:

The transistor is removed and a resistor having a value approximately equal to the input impedance of the transistor is inserted between the base and emitter sockets. The collector socket is left open-circuit.

The reading obtained should be so low that it does not influence the accuracy of the measurement.

- iv) If the transistor being measured is a four-terminal device (including the case of a metal case which is isolated electrically from the three other terminals), the electrical connection to the fourth terminal should be made as specified.

e) *Measurement procedure*

With the collector and base voltage generators G_1 and G_2 set to zero, a short circuit is inserted between the base and collector sockets.

With the signal generator G tuned to the specified measurement frequency, the signal generator output is adjusted to give the lowest convenient reading $V_{0(1)}$ on the output electronic voltmeter V_0 compatible with adequate signal-to-noise ratio.

The short circuit is removed. The transistor to be measured is then inserted into the test socket.

The collector and base voltage generators G_1 and G_2 respectively are adjusted in sequence until the specified bias conditions are applied to the device, care being taken not to exceed the device ratings during adjustment.

Temperature conditions are set to the specified values, and any necessary adjustments are made to the bias conditions.

With the same signal generator conditions, the reading $V_{0(2)}$ on the output electronic voltmeter is noted.

The transition frequency is calculated using the expression:

$$f_T = f \frac{V_{0(2)}}{V_{0(1)}}$$

where f is the frequency of the measurement.

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Measurement frequency (f).
- Collector-emitter voltage (V_{CE}).
- Collector current (I_C).

Ajouter le paragraphe suivant:

14.7 Paramètres s

14.7.1 Paramètres de réflexion d'entrée (s_{11}) et de sortie (s_{22})

a) But

Mesurer les paramètres s_{11} et s_{22} des transistors à une fréquence spécifiée.

b) Schéma

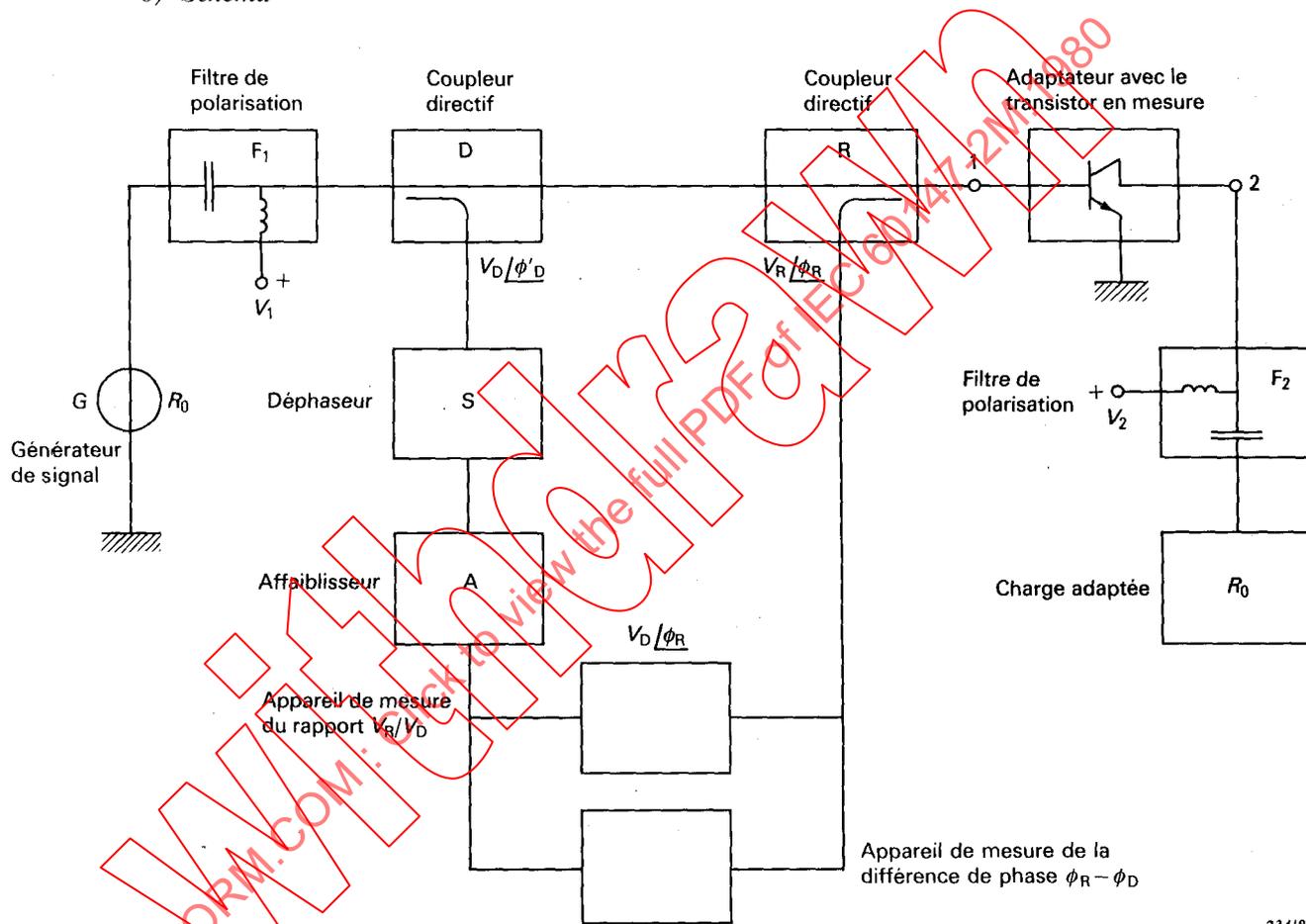


FIG. 21. — Schéma synoptique du circuit pour la mesure des paramètres s_{11} et s_{22} .

c) Description et exigences du circuit

Les méthodes spécifiées ci-dessous sont valables pour les transistors bipolaires (NPN et PNP) et pour les transistors unipolaires (à canal N et à canal P, à déplétion et à enrichissement), quel que soit le montage réalisé.

Le circuit indiqué est valable pour les transistors NPN en montage émetteur commun. Pour les autres types de transistors et/ou pour d'autres configurations, les polarités des tensions de polarisation et le sens des courants doivent être modifiés en conséquence.

Add the following sub-clause:

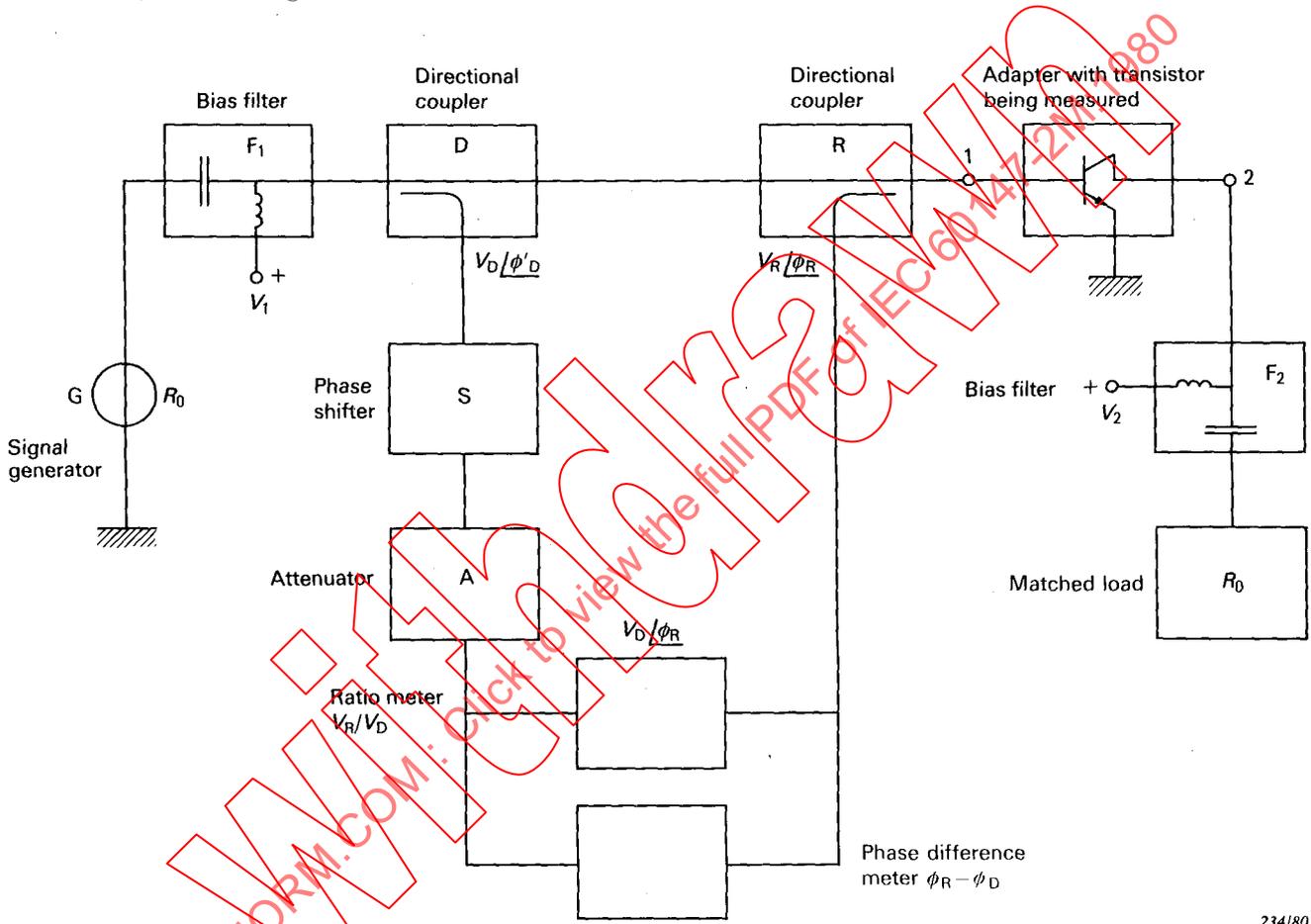
14.7 Scattering parameters

14.7.1 Input (s_{11}) and output (s_{22}) reflection parameters

a) Purpose

To measure transistor parameters s_{11} and s_{22} at a specified frequency.

b) Circuit diagram



234/80

FIG. 21. — Block diagram of the circuit for the measurement of s_{11} and s_{22} parameters.

c) Circuit description and requirements

The methods specified below refer both to bipolar (NPN and PNP) and unipolar (N-channel and P-channel, both depletion and enhancement type) transistors for any type of configuration.

The circuit shown is valid for NPN transistors in the common-emitter configuration. For other types of transistors and/or configurations, the polarities of bias voltage and current are changed appropriately.

Deux méthodes de mesure sont possibles avec le circuit indiqué dans la figure 21, page 56:

- A) *méthode à lecture directe*, quand les appareils mesurant le rapport des tensions et la différence de phase sont à lecture directe. Dans cette méthode, l'affaiblisseur (atténuateur) A et le déphaseur S ne sont pas nécessaires et, pour des mesures effectuées à une seule fréquence, ils doivent être réglés pour qu'on lise une valeur minimale de A_0 (si possible 0 dB) et de S_0 (si possible 0°);
- B) *méthode de zéro*, lorsqu'on ne dispose pas d'appareils de mesure étalonnés du rapport des tensions et de la différence de phase.

d) *Précautions à prendre*

Les conditions en petits signaux doivent être maintenues; voir le paragraphe 2.4 de la Publication 147-2 de la CEI.

Les adaptateurs des transistors doivent être tels que les connecteurs ou les transitions entre différents types de guides d'ondes, s'il en est besoin, ne donnent pas lieu à une désadaptation appréciable, avec un découplage adéquat entre les lignes d'entrée et celles de sortie.

Pour l'adaptateur, on doit donner un dessin et indiquer le plan de référence.

Les lignes reliées aux bornes 1 et 2, y compris celles situées dans l'adaptateur, doivent avoir une impédance caractéristique égale à l'impédance de référence purement résistive choisie pour la mesure de la matrice des s . La résistance de charge doit aussi avoir la même valeur. L'affaiblissement des lignes doit être négligeable et les coupleurs directifs doivent avoir une directivité adéquate.

Si les signaux provenant des bornes de D et de R sont de trop faible amplitude pour la sensibilité des appareils de mesure, on peut insérer deux amplificateurs ayant des caractéristiques identiques dans les deux lignes aboutissant à ces bornes.

Si les appareils de mesure du rapport V_R/V_D et de la différence de phase (ou le détecteur de zéro) ne peuvent être utilisés à la fréquence de mesure, on peut insérer deux mélangeurs ayant des caractéristiques identiques et attaqués par un même oscillateur local dans les deux lignes venant des bornes de D et de R, pour effectuer un changement de fréquence.

Lorsqu'on utilise des amplificateurs ou des mélangeurs incorporés, on doit prendre soin que le fonctionnement ait lieu dans une gamme linéaire. Il est donc souhaitable d'utiliser la procédure décrite en e.1) ci-dessous ou d'utiliser la méthode de zéro décrite en e.2).

Les filtres de polarisation doivent être tels que la désadaptation des lignes soit la plus faible possible.

S'il existe une connexion séparée reliée au boîtier, celle-ci doit être mise à la masse, sauf indication contraire.

e) *Exécution*

e.1) *Méthode par lecture directe*

V_1 étant nul et le transistor retiré, mettre un court-circuit entre les bornes d'entrée de l'adaptateur (point 1) dans le plan de référence où s'effectue la mesure.

Dans ces conditions, l'appareil de mesure du rapport des tensions doit être réglé pour lire 1 et le phasemètre pour lire 180° .