

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 147-3

Première édition — First edition

1970

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

Troisième partie: Méthodes de mesure de référence

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

Part 3: Reference methods of measurement



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60147-3:1970

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 147-3

Première édition — First edition

1970

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

Troisième partie: Méthodes de mesure de référence

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

Part 3: Reference methods of measurement



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 Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS	
SECTION UN – GUIDE POUR LES MÉTHODES DE MESURE DE RÉFÉRENCE	
Principes guides pour le choix des méthodes de référence	8
SECTION DEUX – CONDITIONS THERMIQUES DES MESURES ÉLECTRIQUES DE RÉFÉRENCE	
1. Introduction	10
2. Conditions thermiques lorsque la mesure de référence de la caractéristique entraîne une dissipation de puissance négligeable dans le dispositif	10
3. Conditions thermiques lorsque la mesure de référence de la caractéristique entraîne une dissipation de puissance non négligeable dans le dispositif	12
4. Dispositifs de mode A	12
5. Dispositifs de mode C	14
6. Dispositifs de mode F	16
7. Dispositifs de mode mixte	16
CHAPITRE II: TRANSISTORS	
1. Généralités	18
2. Courant résiduel collecteur-base (courant inverse) I_{CBO}	20
3. Courant résiduel émetteur-base (courant inverse) I_{EBO}	22
4. Tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}	22
4.1 Méthode en courant continu	22
4.2 Méthode en impulsions (<i>à l'étude</i>)	24
5. Tension de saturation émetteur-base V_{BEsat}	24
6. Tension directe base-émetteur V_{BE}	26
7. Valeur statique du rapport de transfert direct du courant en montage émetteur commun h_{21E} (<i>à l'étude</i>)	28
8. Rapport de transfert direct du courant en petits signaux, en montage émetteur commun h_{21e} et en basse fréquence	28
9. Paramètres de commutation(<i>à l'étude</i>)	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

Clause

CHAPTER I: GENERAL

SECTION ONE – GUIDE FOR REFERENCE METHODS OF MEASUREMENT

Guiding principles in selecting reference methods	9
---	---

SECTION TWO – THERMAL CONDITIONS OF ELECTRICAL REFERENCE MEASUREMENTS

1. Introduction	11
2. Thermal conditions when the reference measurement of the characteristic causes a negligible power dissipation in the device	11
3. Thermal conditions when the reference measurement of the characteristic causes a significant power dissipation in the device	13
4. Mode A devices	13
5. Mode C devices	15
6. Mode F devices	17
7. Mixed mode devices	17

CHAPTER II: TRANSISTORS

1. General	19
2. Collector-base cut-off current (reverse current) I_{CBO}	21
3. Emitter-base cut-off current (reverse current) I_{EBO}	23
4. Collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}	23
4.1 D. C. method	23
4.2 Pulse method (<i>under consideration</i>)	25
5. Base-emitter saturation voltage V_{BEsat}	25
6. Base-emitter forward voltage V_{BE}	27
7. Static value of common-emitter forward current transfer ratio h_{21E} (<i>under consideration</i>)	29
8. Small-signal common-emitter forward current transfer ratio h_{21e} at low frequencies (<i>under consideration</i>)	29
9. Switching parameters (<i>under consideration</i>)	29

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

Troisième partie: Méthodes de mesure de référence

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. 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 cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 47 de la C.E.I. : Dispositifs à semi-conducteurs et circuits intégrés.

Elle constitue la troisième partie d'une recommandation générale sur les valeurs limites et les caractéristiques essentielles des dispositifs à semi-conducteurs et principes généraux des méthodes de mesure.

La première partie, traitant des valeurs limites et caractéristiques essentielles, a fait l'objet de la Publication 147-1 de la C.E.I. La deuxième partie, traitant des principes généraux des méthodes de mesure, a fait l'objet de la Publication 147-2 de la C.E.I.

Un projet de la section un du Chapitre I a été discuté lors de la réunion tenue à Philadelphie en 1964, à la suite de laquelle un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1966.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de la section un du Chapitre I:

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Canada	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Union des Républiques
France	Socialistes Soviétiques
Israël	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 3: Reference methods of measurement

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

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

It constitutes Part 3 of the Recommendation on Essential Ratings and Characteristics of Semiconductor Devices and General Principles of Measuring Methods.

Part 1, Essential Ratings and Characteristics, is issued as IEC Publication 147-1; Part 2, General Principles of Measuring Methods, is issued as IEC Publication 147-2.

A draft of Section One of Chapter I was discussed at the meeting held in Philadelphia in 1964, as a result of which a new draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1966.

The following countries voted explicitly in favour of the publication of Section One of Chapter I:

Australia	Netherlands
Belgium	Poland
Canada	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United States of America
Italy	
Japan	

Un projet de la section deux du Chapitre I fut discuté lors de la réunion tenue à Bad Kreuznach en 1963, à la suite de laquelle un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1965.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de la section deux du Chapitre I:

Allemagne	Israël
Australie	Japon
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Royaume-Uni
Canada	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Yougoslavie

Les travaux relatifs au Chapitre II ont débuté à la suite de discussions par correspondance qui ont eu lieu après la réunion tenue à Philadelphie en 1964. Un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1967.

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

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Royaume-Uni
Canada	Suède
Danemark	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	

A draft of Section Two of Chapter I was discussed at the meeting held in Bad Kreuznach in 1963 as a result of which a new draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1965.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Section Two of Chapter I:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Sweden
Canada	Switzerland
Denmark	Turkey
Finland	United Kingdom
Germany	United States of America
Israel	Yugoslavia

Work on Chapter II started from discussions by correspondence which took place after the meeting held in Philadelphia in 1964. A new draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1967.

The following countries voted explicitly in favour of the publication of Chapter II:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Poland
Canada	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Turkey
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Israel	United States of America
Italy	

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

Troisième Partie: Méthodes de mesure de référence

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

SECTION UN – GUIDE POUR LES MÉTHODES DE MESURE DE RÉFÉRENCE

Principes guides pour le choix des méthodes de référence

Toutes les fois que cela sera possible, pour chaque caractéristique, il devra exister une seule méthode de référence, qui devra être acceptée en accord avec la procédure normale de la CEI.

La méthode choisie devra être celle présentant une précision et une reproductibilité suffisantes.

Les tolérances devront être acceptées par les différents Comités nationaux, mais devront être en accord avec toute tolérance pouvant être déduite par le calcul.

Dans le cas où l'on mesure une grandeur qui dérive dans le temps, il faut indiquer la précision qu'aurait la mesure appliquée à un élément ne dérivant pas.

La méthode choisie devra être telle qu'elle permette d'imposer les conditions électriques, climatiques et mécaniques, et ceci dans des tolérances acceptables.

Pour toutes les méthodes de mesure de référence, la précision escomptée devra être indiquée pour la méthode à température ambiante ou celle de la température du point de référence ou pour les deux méthodes.

Le domaine d'utilisation dans lequel la méthode de référence peut être employée, en restant dans les tolérances spécifiées, doit être indiqué.

Note. – En choisissant des méthodes satisfaisant aux exigences ci-dessus, on devra prendre en considération les points suivants:

- a) Les méthodes donnant un résultat direct sont préférables.
- b) Toutes les méthodes devront répondre aux exigences de la Publication 147-1 de la CEI. Quand des limitations doivent être imposées au domaine des conditions de référence, ces limitations doivent être indiquées.
- c) Les méthodes de référence seront décrites en se référant aux «conditions de référence» au lieu des «conditions spécifiées» employées dans la Publication 147-1 de la CEI.
Les conditions de mesure de référence devront, autant que possible, être rendues égales aux valeurs spécifiées.
- d) L'application de ces méthodes devra se faire suivant les règles de l'art.
- e) On devra pouvoir se procurer facilement les composants et les appareils de mesure nécessaires pour la mesure, lesquels devront présenter une précision adéquate.

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

Part 3: Reference methods of measurement

CHAPTER I: GENERAL

SECTION ONE – GUIDE FOR REFERENCE METHODS OF MEASUREMENT

Guiding principles in selecting reference methods

Whenever possible, for each characteristic, there should be only one basic method which should be accepted according to normal IEC procedure.

The method chosen should have a sufficient accuracy and reproducibility.

The tolerances must be agreed to by the various National Committees, but should be consistent with any tolerance which can be deduced by computation.

It is the accuracy of the method itself, independent of any device drift which may occur, which has to be specified.

The method chosen should be one which permits the necessary control of the electrical and environmental conditions to be maintained within an acceptable tolerance.

For all reference methods of measurement, the expected accuracy should be indicated for the ambient or reference point temperature method or both.

The range of operating conditions over which the reference method can be used within the specified tolerance must be stated.

Note. – In choosing methods to comply with the above requirements, the following points should be taken into consideration:

- a) Methods giving a direct answer are preferable.
- b) All methods should fulfil the requirements of IEC Publication 147-1. When limitations have to be imposed on the range of reference conditions, these must be stated.
- c) The reference methods will be described as “reference conditions” instead of “specified values” used in IEC Publication 147-1.
The reference conditions of measurement should be, in so far as possible, made equal to the specified values.
- d) Methods should conform to good engineering practice.
- e) All components and measuring instruments required for the measurement should be readily available, and should have an adequate accuracy.

SECTION DEUX – CONDITIONS THERMIQUES DES MESURES ÉLECTRIQUES DE RÉFÉRENCE

1. Introduction

Les recommandations suivantes pour imposer les conditions thermiques devront être observées chaque fois qu'elles seront requises par la méthode de mesure de référence d'une caractéristique électrique. Une telle imposition est généralement nécessaire lorsque la caractéristique à mesurer est très sensible à la température et lorsque la méthode de mesure provoque une augmentation non négligeable de la température de la jonction.

Deux cas généraux peuvent se présenter en pratique, à savoir :

1. La méthode de mesure n'entraîne qu'une dissipation de puissance négligeable dans le dispositif.
2. La méthode de mesure entraîne une dissipation de puissance non négligeable dans le dispositif.

Les techniques à utiliser dans chacun de ces cas sont décrites dans les articles 4 à 7 ci-dessous.

2. Conditions thermiques lorsque la mesure de référence de la caractéristique entraîne une dissipation de puissance négligeable dans le dispositif

Cet article s'applique à tous les dispositifs, quel que soit le refroidissement prévu, pourvu que la puissance dissipée pendant la mesure électrique n'ait qu'un effet négligeable.

Cette condition est réalisée :

- a) soit lorsque la méthode de mesure en régime permanent de la caractéristique entraîne une dissipation de puissance négligeable dans le dispositif ;
- b) soit lorsqu'il est possible d'utiliser une méthode par impulsions, ces dernières étant suffisamment brèves pour que la puissance moyenne dissipée par le dispositif ait un effet négligeable.

Compte tenu de l'impédance thermique entre la jonction et le boîtier ou la jonction et l'ambiance, un délai suffisamment long devra être observé pour être sûr que la jonction soit à la température spécifiée imposée, avant de mesurer la valeur de la caractéristique, c'est-à-dire pour qu'on ait approximativement :

$$t_{\text{jonction}} = t_{\text{boîtier}} = t_{\text{ambiance}}$$

Note. — Si l'on choisit une méthode par impulsions, il convient de s'assurer qu'aucun phénomène transitoire électrique ou thermique n'affecte la précision de la mesure.

SECTION TWO – THERMAL CONDITIONS OF ELECTRICAL REFERENCE
MEASUREMENTS

1. **Introduction**

The following recommendations for the control of thermal conditions should be observed whenever such control is required by the reference method for an electrical characteristic. This control will usually be needed when the characteristic being measured is very temperature sensitive and when the method involves a significant rise in the junction temperature.

Two general cases may occur in practice, namely:

1. The method of measurement involves negligible power dissipation in the device.
2. The method of measurement involves a significant power dissipation in the device

The techniques to be used in each of these cases are described in Clauses 4 to 7 below.

2. **Thermal conditions when the reference measurement of the characteristic causes a negligible power dissipation in the device**

This clause applies to all devices, however cooled, provided the power dissipated during the electrical measurement has negligible effect.

This condition is realized whenever:

- a) the method of measurement of the characteristic is a steady-state method which causes a negligible power dissipation in the device; or
- b) it is possible to use a pulse method in which the duration of the pulses is sufficiently short so that the mean power dissipation in the device has negligible effect.

Taking into account the thermal impedance between junction and case or junction and ambient, a sufficiently long delay shall be allowed to be sure that the junction is at the prescribed specified temperature, before measuring the value of the characteristic, i. e. in order to have approximately:

$$t_{\text{junction}} = t_{\text{case}} = t_{\text{ambient}}$$

Note. – If a pulse method is chosen, it must be ensured that there are no electrical or thermal transient phenomena which may affect the accuracy of the measurement.

3. **Conditions thermiques lorsque la mesure de référence de la caractéristique entraîne une dissipation de puissance non négligeable dans le dispositif**

Cet article s'applique à tous les dispositifs, quel que soit le refroidissement prévu, si la puissance dissipée dans le dispositif pendant la mesure électrique n'est pas négligeable.

Les dispositifs peuvent être divisés en trois catégories, comme il est indiqué ci-dessous :

- Les dispositifs de mode A, qui sont des dispositifs conçus pour fonctionner dans des conditions de refroidissement naturel, et qui sont mesurés par rapport à une température ambiante
- Les dispositifs de mode C, qui sont des dispositifs conçus pour fonctionner dans des conditions de refroidissement naturel, mais pour lesquels les caractéristiques sont mesurées par rapport à la température d'un point de référence spécifié situé sur le dispositif.
- Les dispositifs de mode F, qui sont des dispositifs conçus pour fonctionner dans des conditions de refroidissement forcé, et pour lesquels les caractéristiques sont mesurées par rapport à des conditions spécifiées du fluide de refroidissement.

Les dispositifs de modes A et F constituent deux catégories de dispositifs à température ambiante spécifiée (voir Publication 147-0 de la CEI).

Les dispositifs de mode C sont équivalents aux dispositifs à température de boîtier spécifiée (voir Publication 147-0 de la CEI).

On devra utiliser l'une des méthodes de stabilisation de la température de mesure décrites aux articles 4, 5 ou 6 ci-dessous. La méthode choisie devra être conforme à celle recommandée par la méthode de mesure de référence relative à cette caractéristique.

4. **Dispositifs de mode A**

Ce sont des dispositifs conçus pour fonctionner avec un refroidissement naturel, dans lesquels l'évacuation de la chaleur est réalisée par radiation et convection libre dans l'air calme, et par conduction par les fils de sortie.

Ces dispositifs ne sont généralement pas conçus pour utiliser d'autres moyens de refroidissement tels qu'ailettes, agrafes de fixation, etc. (mais voir toutefois l'article 7).

Exemples: diodes de faible puissance et transistors de faible puissance.

3. **Thermal conditions when the reference measurement of the characteristic causes a significant power dissipation in the device**

This clause applies to all devices, however cooled, if the power dissipation in the device is significant during the electrical measurement.

Devices may be divided into three categories as follows:

- Mode A devices, i.e. devices designed to operate with natural cooling conditions and measured with reference to an ambient temperature.
- Mode C devices, i.e. devices designed to operate with natural cooling conditions, but for which the characteristics are measured with respect to the temperature of a specified reference point on the device.
- Mode F devices, i.e. devices designed to operate under forced cooling conditions, and for which the characteristics are measured with reference to specified cooling fluid conditions.

Mode A and Mode F devices are two categories of ambient rated devices (see IEC Publication 147-0).

Mode C devices are equivalent to case rated devices (see IEC Publication 147-0).

One of the methods of stabilizing the temperature of measurement as outlined in Clauses 4, 5 or 6 should be used. The method selected should be in accordance with that recommended by the reference method of measurement for the characteristic.

4. **Mode A devices**

These are devices designed to operate with natural cooling, in which heat is removed by radiation and free convection in still air, and by conduction through the leads.

These devices are not designed normally for use with other cooling means such as fins, fastening clips, etc. (but see Clause 7).

Examples: low-power diodes and low-power transistors.

Les conditions ambiantes de refroidissement de ces dispositifs sont définies par :

- le montage du dispositif et son orientation par rapport à la verticale;
- la longueur, l'épaisseur et le matériau constitutif des fils de sorties;
- la constitution du milieu environnant (volume, état de surface, température, etc.).

Les caractéristiques sont établies par le fabricant avec référence à la température t_{amb} de l'air ambiant à la pression atmosphérique normale.

Les mesures seront effectuées dans une chambre de dimensions appropriées comportant des parois non réfléchissantes, et construite de façon qu'aucune région dans laquelle les dispositifs peuvent être placés ne soit chauffée par rayonnement direct.

La chambre doit pouvoir maintenir, dans toutes les régions dans lesquelles les dispositifs peuvent être placés, une température avec une tolérance de $\pm 2^\circ\text{C}$, ou inférieure à cette valeur si cela est requis, par rapport à une température spécifiée.

Il est permis d'effectuer un léger brassage de l'air contenu dans la chambre, sous réserve qu'on ne refroidisse pas les dispositifs, et pourvu que les mêmes résultats puissent être obtenus dans une chambre plus grande n'utilisant que la convection normale.

Les dispositifs seront suspendus par leurs fils de sorties. Le contact de fixation sur chacun des fils de sorties sera réalisé à une distance du boîtier qui ne soit pas inférieure à la longueur minimale spécifiée des fils de sorties.

La température ambiante t_{amb} sera mesurée sous le boîtier à une distance de celui-ci égale à cinq fois environ son diamètre, cette distance ne devant pas être inférieure à 10 mm.

Note. – On fait remarquer que la reproductibilité des mesures pour les dispositifs de mode A est étroitement liée à la structure de la chambre.

5. Dispositifs de mode C

Ce sont des dispositifs conçus pour fonctionner avec un refroidissement naturel, dans lesquels l'évacuation de chaleur est obtenue surtout par conduction vers un radiateur qui ne fait pas normalement partie intégrante du dispositif.

Exemples: diodes de redressement de moyenne puissance et transistors de puissance dont le boîtier est muni d'un embout fileté ou auxquels peut être adapté une bride ou un collier de fixation.

Les caractéristiques sont fixées par le fabricant avec référence à la température t_{case} d'un point de référence spécifié sur le boîtier ou sur l'embase.

The ambient conditions of cooling of these devices are defined by:

- the mounting of the device and its orientation with respect to a vertical line;
- the length, the thickness and the material of the leads;
- the nature of the surroundings (volume, surface conditions, temperature, etc.).

The characteristics are established by the manufacturer relative to the temperature t_{amb} of the ambient air at normal atmospheric pressure.

The measurements are carried out in a chamber of suitable dimensions with non-reflective walls, so constructed that no region where the devices may be placed is heated by direct radiation.

The chamber shall be capable of maintaining, in any region where the devices may be placed, a temperature which is within a tolerance of ± 2 °C, or less if required, of a specified temperature.

It is permissible to stir gently the air inside the chamber, provided that this does not cool the devices, and provided that the same results would be obtained in a larger chamber having only normal convection.

The devices shall be suspended by their leads. The connection to every lead shall be made at a distance from the envelope not less than the specified minimum length of the leads.

The ambient temperature t_{amb} shall be measured below the case of any device at a distance from this case equal to about five times its diameter, but not less than 10 mm.

Note. – It is emphasized that the reproducibility of measurements for mode A devices depends largely on the chamber design.

5. **Mode C devices**

These are devices designed to operate with natural cooling, in which the heat is removed principally by conduction to a heat sink which is not normally an integral part of the device.

Examples: medium power rectifier diodes and power transistors in which the case is provided with a threaded stud, or to which a fastening collar or strap may be attached.

The characteristics are established by the manufacturer relative to the temperature t_{case} of a specified reference point on the case or on the base.

Les mesures seront faites dans des conditions telles que la résistance thermique boîtier-ambiance soit aussi faible que possible par rapport à la résistance thermique jonction-boîtier.

Par exemple, cette condition peut être réalisée en montant le dispositif dans une grosse masse de métal contrôlée thermostatiquement, ou en le montant dans un bain d'huile contrôlé thermostatiquement.

6. Dispositifs de mode F

Ce sont des dispositifs conçus pour fonctionner obligatoirement avec un refroidissement forcé, et ayant des ailettes de refroidissement ou d'autres accessoires similaires fournis comme partie intégrante du dispositif.

Exemple: diodes de redressement de forte puissance.

Les conditions de refroidissement dépendent des facteurs suivants:

- le type de fluide (air, fréon, eau, huile, etc.);
- la position et l'orientation du dispositif par rapport à l'écoulement du fluide;
- la température en un point spécifié en face du dispositif dans le cours de l'écoulement;
- la vitesse et la pression du fluide à l'entrée.

Les caractéristiques sont fixées par le fabricant avec référence aux conditions de refroidissement ci-dessus précisées.

Les mesures seront faites en observant strictement ces conditions.

7. Dispositifs de mode mixte

Certains dispositifs de mode A peuvent ultérieurement être munis d'une agrafe de fixation ou d'une ailette. Comme la majeure partie de la chaleur dissipée par le dispositif est ainsi évacuée par conduction vers cette agrafe ou cette ailette, le dispositif doit être alors traité comme un dispositif de mode C.

Les dispositifs de mode C peuvent être aussi spécifiés selon la méthode décrite pour les dispositifs de mode F et doivent alors être mesurés suivant cette méthode.

Measurements shall be carried out under such conditions that the case-ambient thermal resistance is as small as possible, compared with the junction-case thermal resistance.

For example, this condition may be achieved by mounting the device in a large mass of metal which is thermostatically controlled, or by mounting it in an oil bath which is thermostatically controlled.

6. **Mode F devices**

These are devices designed to operate with compulsory forced cooling, and having cooling fins or other similar accessories for cooling supplied as an integral part of the device.

Example: high-power rectifier diodes.

The conditions of cooling depend on the following:

- the type of fluid (air, freon, water, oil, etc.);
- the position and orientation of the device relative to the flow of the fluid;
- the temperature of a specified point in front of the device in the path of the flow;
- the velocity and pressure of the fluid at the inlet.

The characteristics are established by the manufacturer relative to the conditions of cooling specified above.

Measurements shall be carried out in strict compliance with these conditions.

7. **Mixed mode devices**

Some Mode A devices can be provided subsequently with a fin or with a fastening clip. Since the major part of the heat dissipated by the device is then removed by conduction towards this clip or this fin, the device should then be treated as a Mode C device.

Mode C devices can be specified also in accordance with the method described for Mode F devices, and should then be measured accordingly.

CHAPITRE II: TRANSISTORS

1. Généralités

1.1 Introduction

Les polarités des sources d'alimentation indiquées dans cette recommandation sont applicables aux dispositifs PNP. Cependant, les circuits peuvent être adaptés aux dispositifs NPN en changeant les polarités des sources d'alimentation et des appareils de mesure.

Les termes: précision, répétabilité et reproductibilité, ainsi que les définitions correspondantes, qui sont utilisés dans cette recommandation, sont encore à l'étude.

1.2 Exigences et précautions générales

Les précautions générales données dans la Publication 147-0 de la CEI (section quatre) s'appliquent toujours, sauf spécification contraire.

Les conditions de mesures pour ces méthodes de référence doivent être, autant que possible, les mêmes que celles spécifiées dans les données publiées:

- a) Quand des limites doivent être imposées au domaine des conditions de mesure pour lequel la méthode de référence est applicable, ces limites sont indiquées dans le paragraphe auquel elles s'appliquent.
- b) Afin d'obtenir des résultats précis et reproductibles, les précautions suivantes doivent être observées:

Quand le paramètre dépend beaucoup de la température, la température ambiante ou la température du point de référence doit être mesurée avec précision et imposée entre des limites étroites.

Pour les mesures de courant, les erreurs dues aux ampèremètres doivent être inférieures à:

- ± 1% pour les courants supérieurs à 1 μA
- ± 3% pour les courants de 0,1 μA à 1 μA
- ± 5% pour les courants de 10 nA à 0,1 μA
- ± 10% pour les courants de 1 nA à 10 nA

La résistance interne des ampèremètres doit être telle que la chute de tension ne soit pas supérieure à 2% de la tension de mesure.

La précision des voltmètres doit être supérieure à $\pm 1\%$.

Pour toute mesure, on doit prendre soin de s'assurer que la dissipation maximale du dispositif à mesurer n'est pas dépassée. Dans le cas où une méthode en courant continu entraîne une dissipation importante, la méthode par impulsions doit être utilisée.

Pour tout dispositif traversé par des courants appréciables, on devra utiliser des contacts séparés pour le passage du courant et pour la mesure des tensions. Les appareils de mesure utilisés pour mesurer les paramètres de tension du dispositif doivent être connectés aussi près que possible des bornes du dispositif.

S'il est nécessaire, les dispositifs doivent être protégés des rayonnements électromagnétique et optique, ainsi que des radiations radioactives, pendant la mesure.

CHAPTER II: TRANSISTORS

1. General

1.1 Introduction

The polarities of the sources shown in this Recommendation are applicable to PNP devices. However the circuits can be adapted for NPN devices by changing the polarities of the meters and the sources.

The terms: accuracy, repeatability and reproducibility, with their associated definitions, which are used in this Recommendation, are still under consideration.

1.2 General requirements and precautions

The general precautions given in IEC Publication 147-0 (Section Four) still apply, unless otherwise specified.

The conditions of measurement for these reference methods should be, as far as possible, the same as those specified in the published data:

- a) Where limitations have to be imposed on the range of measurement conditions for which the reference method is applicable, these are given in the sub-clause to which they apply.
- b) In order to achieve accurate and reproducible results, the following precautions should be observed:

Where the parameter is very temperature dependent, the ambient or reference point temperature must be accurately measured and controlled within a close tolerance.

For current measurements, the errors due to ammeters should be less than:

- ± 1% for currents above 1 μA
- ± 3% for currents from 0.1 μA to 1 μA
- ± 5% for currents from 10 nA to 0.1 μA
- ± 10% for currents from 1 nA to 10 nA

The internal resistance of ammeters should not cause a voltage drop greater than 2% of any relevant voltage.

The accuracy of the voltmeters should be better than $\pm 1\%$.

For any measurement, care must be taken to ensure that the maximum dissipation of the device being measured is not exceeded. In the case where a d.c. method would involve a high power dissipation, the alternative pulse method should be used.

For any device carrying appreciable currents, separate current carrying and voltage measuring contacts should be used. Meters used to measure voltage parameters of the device should be connected as near to the terminals of the device as possible.

If necessary, devices should be protected from all electromagnetic, optical, and radioactive radiations, while being measured.

Quand on utilise des alimentations à haute tension, il peut être nécessaire de prendre des précautions pour protéger le dispositif pendant l'insertion dans le circuit, en utilisant des diodes ou des interrupteurs de protection.

Pour le montage du circuit de mesure, on doit prendre soin d'éviter les oscillations parasites, en particulier quand on mesure des transistors pour hautes fréquences.

- 1.3 Raisons qui déterminent l'utilisation des méthodes de mesure de référence en continu et en impulsions
A l'étude.

2. Courant résiduel collecteur-base (courant inverse) I_{CBO}

- 2.1 Le circuit à utiliser pour cette mesure est indiqué par la figure 1.

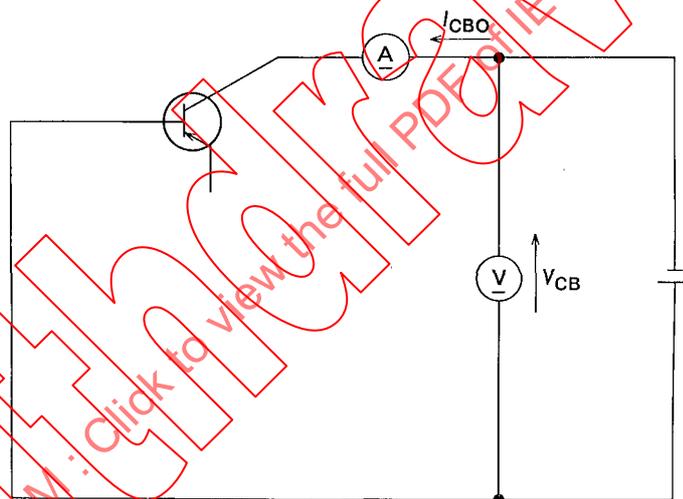


FIG. 1. — Circuit pour la mesure de I_{CBO} .

Ce paramètre dépend beaucoup de la température. Pour effectuer des mesures de référence, les dispositifs à température ambiante spécifiée doivent être traités comme les dispositifs à température de boîtier spécifiée, en imposant la température du boîtier avec une précision meilleure que $\pm 0,5$ °C, par exemple en les immergeant dans un bain d'huile. Pour les dispositifs à température de boîtier spécifiée ou à refroidissement forcé, la température du point de référence doit être imposée à moins de $\pm 0,5$ °C.

Une précision plus grande peut être atteinte si la température du point de référence peut être imposée avec une tolérance plus faible.

Where high voltage supplies are used, precautions may need to be taken to protect the device during insertion into the circuit by using diodes or switches.

Care must be taken in the construction of the measurement circuit to avoid parasitic oscillations, particularly when measuring high-frequency transistors.

1.3 *Reasons governing the use of static and pulse reference methods of measurement*

Under consideration.

2. **Collector-base cut-off current (reverse current) I_{CBO}**

2.1 The circuit to be used for this measurement is shown in Figure 1.

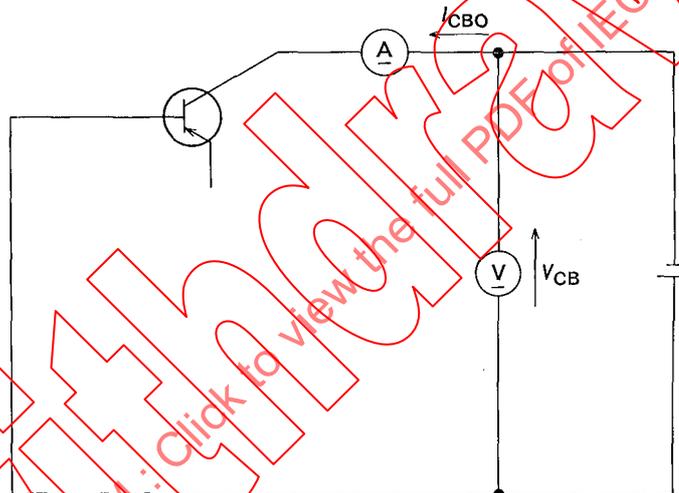


FIG. 1. — Circuit for measurement of I_{CBO} .

This parameter is very temperature dependent. For the purpose of making reference measurements, ambient rated devices should be treated as case-rated devices by controlling the case temperature to an accuracy better than $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, for example by immersing them in an oil bath. For case-rated or forced cooled devices, the temperature of the reference point should be controlled to within $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A higher accuracy can be achieved if the reference point temperature can be controlled to a smaller tolerance.

- 2.2 La précision annoncée au paragraphe 2.4 sera atteinte seulement si la mesure est effectuée au-dessous de la région de claquage. Ceci peut être vérifié en faisant deux mesures, la première à 1,05 fois la tension spécifiée V et la deuxième à la tension spécifiée V .

Les valeurs mesurées de I_{CBO} aux deux valeurs V et 1,05 V ne doivent pas différer de plus de 20%.

Note. — La tension spécifiée V doit être inférieure à 0,9 fois la valeur limite de la tension inverse maximale collecteur-base.

- 2.3 Pour certains transistors, la valeur de I_{CBO} peut être instable pendant un certain temps après l'application de la tension spécifiée V . Dans de tels cas, on devra spécifier un intervalle de temps convenable entre le moment d'application de la tension et le moment de la lecture de I_{CBO} .
- 2.4 Les précisions suivantes devraient être obtenues:

Domaine de courant	Précision	Limitations principales
1 nA à 10 nA	± 30%	Bruit, contrôle de la température, imprécisions des appareils de mesure
Supérieur à 10 nA	± 25%	Contrôle de la température, imprécisions des appareils de mesure

2.5 *Répétabilité*

Dans certains cas, il peut exister une dérive de I_{CBO} , cas pour lesquels aucune valeur significative ne peut être donnée pour la répétabilité du résultat. Si I_{CBO} ne dérive pas, une répétabilité de ± 15% devrait être possible.

3. **Courant résiduel émetteur-base (courant inverse) I_{EBO}**

Le courant résiduel émetteur-base est mesuré de la même manière que le courant résiduel collecteur-base, sauf que les bornes émetteur et collecteur sont permutées.

La précaution relative au fonctionnement au-dessous de la région de claquage est particulièrement importante pour la mesure de I_{EBO} . (Voir paragraphe 2.2).

4. **Tension de saturation collecteur-émetteur V_{CESat}**

4.1 *Méthode en courant continu*

- 4.1.1 Le circuit à utiliser pour cette mesure est indiqué par la figure 2, page 24.

- 2.2 The accuracy predicted in Sub-clause 2.4 will only be achieved if the measurement is carried out below the breakdown region. This may be verified by making two measurements, the first at 1.05 times the specified voltage V and the second at the specified voltage V .

The measured values of I_{CBO} at the two values of V and 1.05 V should not differ by more than 20%.

Note. — The specified voltage V should be less than 0.9 times the rated maximum collector-base reverse voltage.

- 2.3 With some transistors, the value of I_{CBO} may be unstable for a period after applying the specified voltage V . In such instances, a suitable time interval between applying the voltage and taking the reading of I_{CBO} should be specified.

- 2.4 The following accuracies should be achieved:

Current range	Accuracy	Main limitations
1 nA to 10 nA	$\pm 30\%$	Noise, temperature control, meter inaccuracies
Greater than 10 nA	$\pm 25\%$	Temperature control, meter inaccuracies

2.5 *Repeatability*

In some cases, there may be drifting of I_{CBO} , in which case no meaningful value can be given for the repeatability of the result. When I_{CBO} does not drift, a repeatability of $\pm 15\%$ should be possible.

3. **Emitter-base cut-off current (reverse current) I_{EBO}**

The emitter-base cut-off current is measured in the same way as the collector-base cut-off current, except that the emitter and collector terminals are interchanged.

The precaution with respect to operation below the breakdown region is particularly important for the measurement of I_{EBO} . (See Sub-clause 2.2).

4. **Collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}**

4.1 *D.C. method*

- 4.1.1 The circuit to be used for this measurement is shown in Figure 2, page 25.

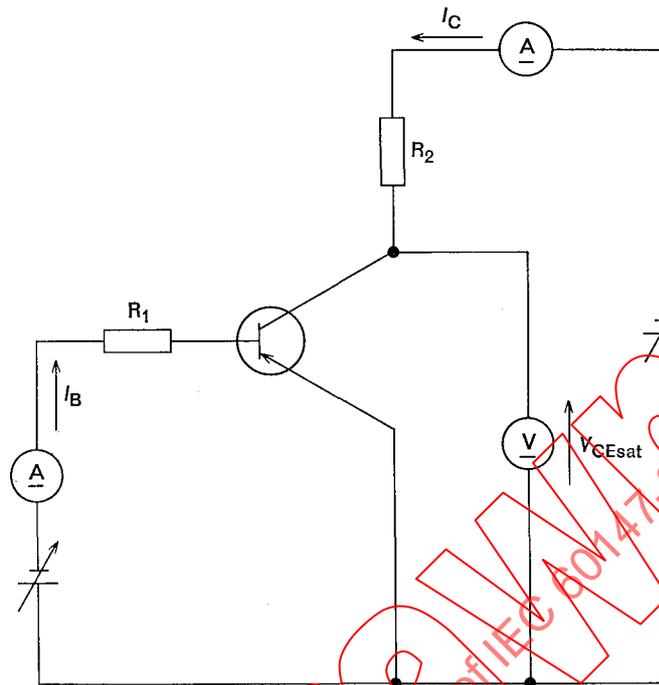


FIG. 2. — Circuit fondamental pour la mesure de la tension de saturation collecteur-émetteur.

- 4.1.2 I_C et I_B sont ajustés aux valeurs spécifiées au moyen de sources réglables à tension élevée, chacune étant en série avec une résistance de valeur élevée.
- 4.1.3 La précision annoncée ci-dessous peut être obtenue seulement si le transistor fonctionne dans un état de saturation suffisant. En cas de doute, on peut faire une vérification en augmentant la valeur de I_B de 10% et en maintenant I_C constant; la valeur mesurée de V_{CEsat} ne doit alors pas varier de plus de 10%.
- 4.1.4 La résistance interne du voltmètre doit être supérieure à :

$$\frac{100 V_{CEsat}}{I_C}$$

ou: V_{CEsat} est la valeur maximale spécifiée pour le type de transistor mesuré.

Une précision de $\pm 10\%$ devrait être obtenue.

4.2 Méthode par impulsions

A l'étude.

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

La tension de saturation émetteur-base est mesurée dans les mêmes conditions en courant continu que celles utilisées pour la mesure de V_{CEsat} (voir paragraphe 4.1).

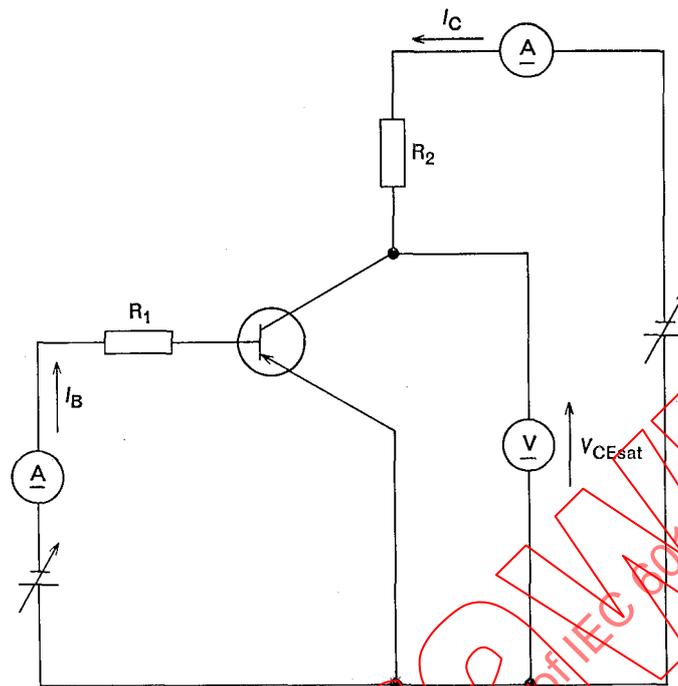


FIG. 2. — Basic circuit for the measurement of collector-emitter saturation voltage.

- 4.1.2 I_C and I_B are adjusted to the specified values by means of adjustable high-voltage sources, each in series with a resistor of high value.
- 4.1.3 The accuracy predicted below may be achieved only if the transistor is operated sufficiently in saturation. In case of doubt, a check may be made by increasing the value of I_B by 10%, holding I_C constant; the measured value of V_{CEsat} should then not change by more than 10%.
- 4.1.4 The internal resistance of the voltmeter should be greater than:

$$\frac{100 V_{CEsat}}{I_C}$$

where: V_{CEsat} is the maximum value specified for the type of transistor being measured.

An accuracy of $\pm 10\%$ should be achieved.

4.2 Pulse method

Under consideration.

5. Base-emitter saturation voltage V_{BEsat}

The base-emitter saturation voltage is measured under the same d.c. conditions as used for the measurement of V_{CEsat} (see Sub-clause 4.1).