

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 147-2A

Première édition — First edition

1969

Premier 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

First supplement to Publication 147-2 (1963)

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

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60147-2A:1969

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 147-2A

Première édition — First edition

1969

Premier complément à la Publication 147-2 (1963)

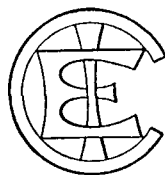
Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs
et principes généraux des méthodes de mesure

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

First 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

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

CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS

SECTION TROIS – DIODES DE REDRESSEMENT

Articles

1. Caractéristiques électriques	6
2. Mesures thermiques.....	12
3. Précautions relatives aux mesures thermiques	18
4. Diodes de redressement à avalanche	20

CHAPITRE III: THYRISTORS

SECTION UN – THYRISTORS TRIODES BLOQUÉS EN INVERSE

Introduction	20
1. Caractéristiques électriques	20
2. Mesures thermiques.....	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

SECTION THREE – RECTIFIER DIODES

Clause

1. Electrical characteristics	7
2. Thermal measurements	13
3. Precautions relative to thermal measurements	19
4. Avalanche rectifier diodes	21

CHAPTER III: THYRISTORS

SECTION ONE – REVERSE BLOCKING TRIODE THYRISTORS

Introduction	21
1. Electrical characteristics	21
2. Thermal measurements	33

With IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60747-2A:1969

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PREMIER COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 147-2 (1963)

VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES DISPOSITIFS A 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 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 publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 47 de la C E I: Dispositifs à semiconducteurs et microcircuits intégrés.

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

Quatre projets ont été utilisés pour la présente publication. L'article 1 du chapitre I résulte de travaux qui ont été commencés lors d'une réunion tenue à Interlaken en 1961, et un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1963.

Les articles 2 et 3 du chapitre I résultent de travaux qui ont été commencés lors d'une réunion tenue à Philadelphie en 1964, et ont été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1966. Les travaux relatifs à l'article 4 du chapitre I ont commencé lors d'une réunion tenue à Tokyo en 1965. Un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1966, tandis que le chapitre III – section un – résulte de travaux qui ont été commencés lors d'une réunion tenue à Bad Kreuznach en 1963; un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1964.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de tout ou d'une partie de ce complément:

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Australie	Pologne
Autriche	République Populaire de Chine
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes
Israël	Soviétiques
Italie	Yougoslavie

Le Comité national allemand a voté contre la publication de l'article 4 du chapitre I. Le Comité national suisse a voté contre la publication des articles 2, 3 et 4 du chapitre I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRST 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 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 Publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 47, Semiconductor Devices and Integrated Microcircuits.

It constitutes the first supplement to Part 2, General Principles of Measuring Methods, IEC Publication 147. Part 1, dealing with Essential Ratings and Characteristics, is issued as IEC Publication 147-1.

Four different drafts were used for this Supplement. Clause 1 of Chapter I results from the work started at a meeting held in Interlaken in 1961, and was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1963.

Clauses 2 and 3 of Chapter I result from the work, started at a meeting held in Philadelphia in 1964, and a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1966. Work on Clause 4 of Chapter I started at a meeting held in Tokyo in 1965. A draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1966, while Chapter III – Section One – results from work started at a meeting held in Bad Kreuznach in 1963, and was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1964.

The following countries voted explicitly in favour of publication of all or part of this Supplement:

Australia	Netherlands
Austria	People's Republic of China
Belgium	Poland
Canada	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	Yugoslavia
Korea (Republic of)	

The German National Committee voted against the publication of Clause 4 of Chapter I. The Swiss National Committee voted against the publication of Clauses 2, 3 and 4 of Chapter I.

CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS

SECTION TROIS: DIODES DE REDRESSEMENT

1. Caractéristiques électriques

1.1 Précautions générales

1.1.1 Précautions générales pour les mesures en courant continu

Pour la mesure de la caractéristique directe d'une diode de redressement à semiconducteurs, la qualité de la source de courant continu n'est pas considérée comme importante, pourvu que le taux d'ondulation crête à crête soit inférieur à 10%.

Pour la mesure de la caractéristique inverse, le taux d'ondulation crête à crête de la source de tension ne devra pas excéder 1%. On devra prendre grand soin d'éviter que la valeur limite de tension de la diode de redressement puisse être dépassée par une tension transitoire quelconque.

1.1.2 Précautions générales pour les mesures en courant alternatif

On peut inclure des diodes dans les circuits de la source afin de protéger les amplificateurs de l'oscilloscope des impulsions demi-onde indésirables.

Quand on effectue des mesures de faibles courants inverses, il peut être nécessaire de prendre des précautions convenables pour éviter de recueillir des parasites, par exemple à l'aide d'un transformateur à écran et d'une mise à la masse convenable. On devra aussi veiller à éviter les capacités parasites.

De plus, on s'attachera soigneusement à maintenir l'inductance résiduelle aussi faible que possible, spécialement pour les dispositifs à fort courant.

1.1.3 Conditions de température

On devra spécifier les conditions de température pour toutes les mesures de caractéristiques électriques décrites ci-après.

Les mesures doivent être effectuées seulement après que l'équilibre thermique a été atteint.

1.2 Courant inverse

1.2.1 Méthode en courant continu

La figure 1 correspond à un circuit fondamental pour la mesure du courant inverse.

La tension inverse spécifiée est appliquée, une résistance de protection étant placée en série avec la diode; le courant inverse est mesuré sous des conditions spécifiées.

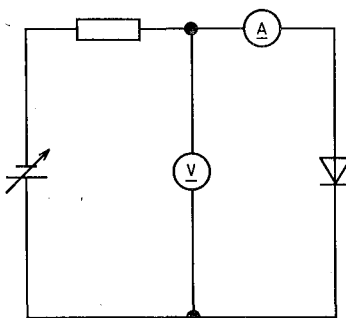


FIG. 1. — Circuit de mesure du courant inverse (méthode en courant continu).

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

SECTION THREE: RECTIFIER DIODES

1. Electrical characteristics

1.1 General precautions

1.1.1 General precautions for d.c. measurements

For the measurement of the forward characteristic of a semiconductor rectifier diode, the quality of the source of direct current is not considered to be important, provided that the peak-to-peak ripple is less than 10%.

For the measurement of the reverse characteristic, the peak-to-peak ripple of the voltage source should not exceed 1% and particular care should be taken to ensure that the voltage ratings of the rectifier diode are not exceeded due to any voltage transients.

1.1.2 General precautions for a.c. measurements

Diodes may be included in source circuits in order to protect the amplifiers in the oscilloscope from unwanted half-cycle pulses.

Where low reverse currents are being measured, it may be necessary to take suitable precautions to avoid pick-up, e.g. a screened transformer and suitable earthing. Care should also be taken to avoid stray capacitances.

In addition, particular care should be taken to keep residual inductance as low as possible, especially for high current devices.

1.1.3 Temperature conditions

For all measurements of electrical characteristics described below, the conditions of temperature should be specified.

The measurements should be performed only after thermal equilibrium has been reached.

1.2 Reverse current

1.2.1 D.C. method

The basic circuit for the measurement of the reverse current is shown in Figure 1.

The specified reverse voltage is applied through a protective resistor and the reverse current is measured under specified conditions.

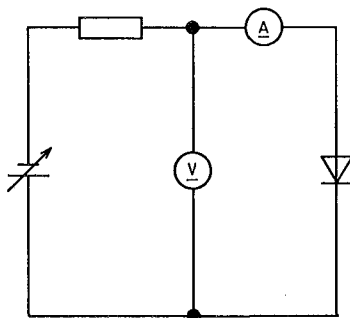
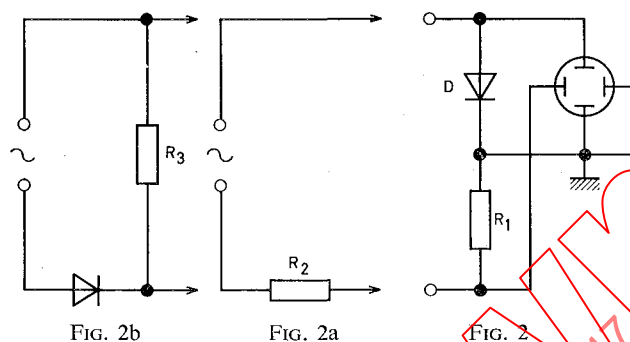


FIG. 1. — Circuit for the measurement of reverse current (d.c. method).

1.2.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 2 correspond à un circuit fondamental pour la mesure du courant inverse instantané. On peut utiliser une source de puissance soit à forte impédance, soit à faible impédance, comme indiqué respectivement dans les figures 2a et 2b. La courbe courant-tension est présentée sur un oscilloscope.



D = diode mesurée
R₂ = forte résistance
R₃ = faible résistance

FIG. 2. — Circuit de mesure du courant inverse (méthode de l'oscilloscope).

Dans la figure 2a, la source de tension est mise en série avec une résistance R₂ qui limite les courants direct et inverse à la même valeur.

Dans la figure 2b, la source de tension en série avec une diode est branchée aux bornes d'une résistance shunt R₃.

1.3 Tension directe

1.3.1 Méthode en courant continu

La figure 3 correspond à un circuit fondamental pour la mesure de la tension directe. Le courant direct spécifié est établi dans la diode et la chute de tension directe aux bornes de la diode est mesurée dans des conditions spécifiées.

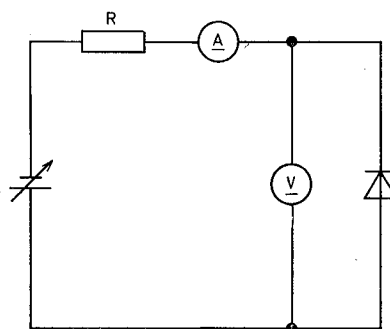
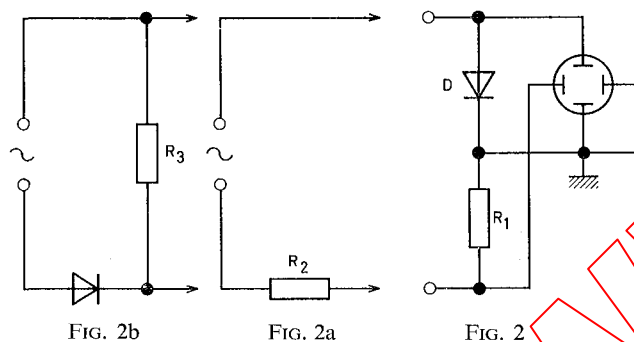


FIG. 3. — Circuit de mesure de la tension directe (méthode en courant continu).

1.2.2 Oscilloscope method

The basic circuit for the measurement of instantaneous values of reverse current is shown in Figure 2. Either a high-impedance or a low-impedance power supply may be used, as shown in Figures 2a and 2b respectively. The voltage-current curve is displayed on an oscilloscope.



D = diode under test
 R_2 = resistor, high resistance
 R_3 = resistor, low resistance

FIG. 2. — Circuit for the measurement of reverse current (oscilloscope method).

In Figure 2a, a voltage source is connected in series with a limiting resistor R_2 which limits the forward and reverse currents to the same value.

In Figure 2b, a voltage source in series with a diode is connected across a shunting resistor R_3 .

1.3 Forward voltage

1.3.1 D.C. method

The basic circuit for the measurement of the forward voltage is shown in Figure 3. The specified forward current is applied through the diode, and the forward voltage drop across the diode terminals is measured under specified conditions.

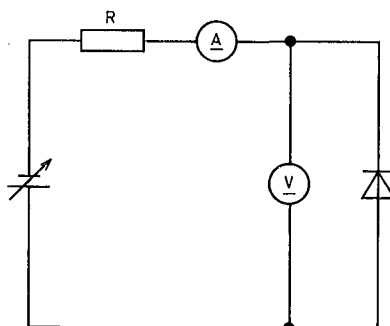
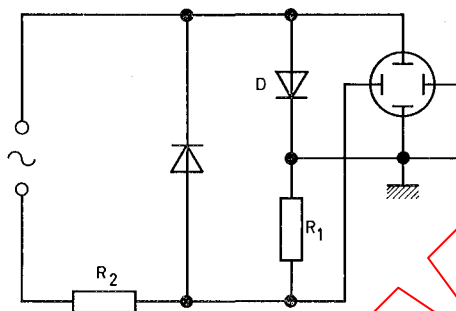


FIG. 3. — Circuit for the measurement of forward voltage (d.c. method).

1.3.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 4 correspond à un circuit fondamental pour la mesure de la tension directe instantanée. Un courant sinusoïdal, simple alternance, traverse la diode mesurée dans le sens direct et la courbe tension-courant est présentée sur un oscilloscope.

On devra prendre soin d'éviter l'instabilité thermique.



D = diode mesurée
R₂ = faible résistance

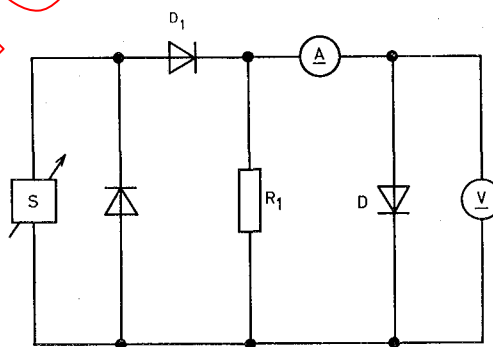
FIG. 4. — Circuit de mesure de la tension directe (méthode de l'oscilloscope).

1.4 Tension directe moyenne

La figure 5 correspond à un circuit fondamental pour la mesure de la tension directe moyenne.

L'impédance de la source de courant réglable doit être suffisamment élevée pour que le courant direct traversant la diode mesurée ait une forme d'onde demi-sinusoïdale.

La tension directe moyenne est indiquée à l'aide d'un voltmètre à cadre mobile, la mesure étant faite dans des conditions spécifiées.



D = diode mesurée
S = source de courant ajustable, à impédance élevée

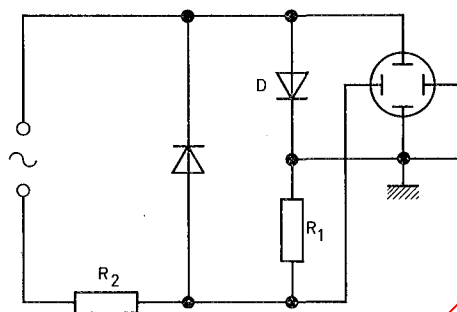
La résistance R₁ et la diode D₁ sont choisies de telle sorte que, lorsque la diode à mesurer et D₁ sont polarisées en inverse, la quasi totalité de la tension de polarisation est appliquée aux bornes de D₁.

FIG. 5. — Circuit de mesure de la tension directe moyenne.

1.3.2 Oscilloscope method

The basic circuit for the measurement of instantaneous forward voltage is shown in Figure 4. A half-sine wave current is applied to the diode under test in the forward direction, and the voltage-current curve is displayed on an oscilloscope.

Care should be taken to avoid thermal instability.



D = diode under test

R₂ = resistor, low resistance

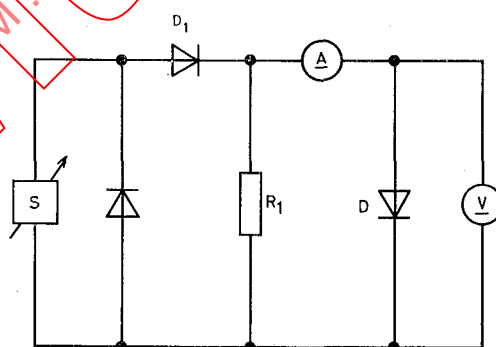
FIG. 4. — Circuit for the measurement of forward voltage (oscilloscope method).

1.4 Average forward voltage

The basic circuit for the measurement of average forward voltage is shown in Figure 5.

The impedance of the adjustable current source should be sufficiently high to ensure that half-sine wave forward current flows through the diode under test.

The average forward voltage is indicated by a moving coil meter, the measurement being made under specified conditions.



D = diode under test

S = adjustable high impedance current source

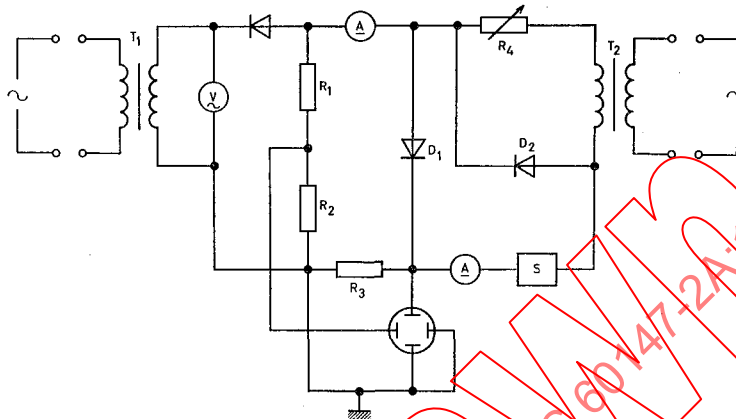
R₁ and D₁ are chosen to ensure that, when the diode under test and D₁ are reversed biased, nearly all the bias is developed across D₁.

FIG. 5. — Circuit for the measurement of average forward voltage.

1.5 Courant inverse avec dissipation causée par le courant direct

Le circuit fondamental pour la mesure du courant inverse, avec dissipation due au courant direct, reproduisant les conditions d'utilisation (montage dit de «puissance fictive») est représenté par la figure 6. La jonction est échauffée par le passage du courant d'utilisation pendant les demi-alternances en direct. La température du boîtier ou de l'ambiance est maintenue à la valeur spécifiée.

La courbe tension-courant est présentée sur un oscilloscope.



D₁ = diode mesurée

D₂ = diode d'équilibrage (du même type que la diode mesurée)

T₁ = transformateur haute tension à faible débit

T₂ = transformateur basse tension à fort débit

S = commutateur électronique ou électromécanique avec un angle de conduction compris entre 130° et 180° durant la demi-période de conduction de D₁. Le courant de fuite à travers le commutateur ouvert doit être faible par rapport au courant inverse de la diode en essai

R₄ = résistance variable réglée pour fournir la valeur nécessaire de la puissance dissipée

FIG. 6. — Circuit de mesure du courant inverse avec dissipation causée par le courant direct.

2. Mesures thermiques

2.1 Température du point de référence

2.1.1 Pour les dispositifs dans lesquels un trou a été percé dans le boîtier par le fabricant à cet effet, la température du boîtier sera mesurée à l'aide d'un thermocouple introduit dans ce trou. Le thermocouple ne devra pas avoir une section d'un diamètre supérieur à 0,25 mm. La jonction du thermocouple devra être réalisée par brasage plutôt que par soudure ou torsion. La sonde sera enfoncée dans le trou et celui-ci sera alors refermé par matage juste au-dessus de la sonde.

2.1.2 Pour les autres dispositifs, la température au point de référence sera mesurée à l'aide d'un élément sensible à la température, ayant une capacité thermique négligeable, qui sera scellé, soudé, agrafé ou maintenu rigidement sur le boîtier de la diode de redressement de façon à présenter une résistance thermique négligeable.

2.2 Résistance thermique et impédance thermique transitoire

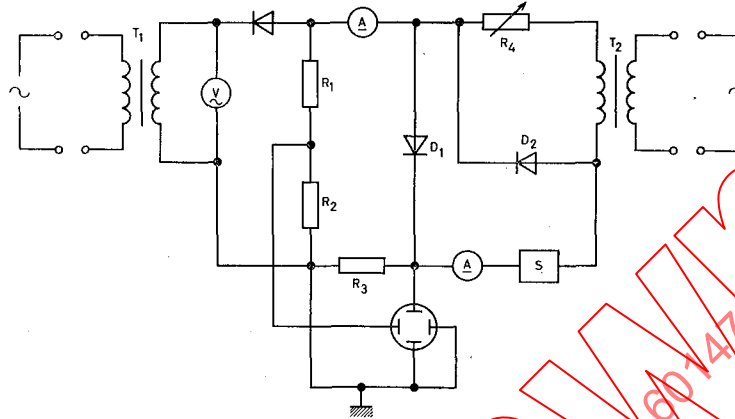
2.2.1 Introduction

La mesure de la résistance thermique et de l'impédance thermique transitoire est basée sur l'emploi d'un paramètre sensible à la température servant d'indicateur de la température virtuelle de la jonction. La tension à l'état passant du thyristor ou la chute de tension directe d'une diode de redressement, pour une valeur de courant égale à un petit pourcentage de la valeur limite de celui-ci, est normalement employée comme paramètre sensible à la température.

1.5 Reverse current with dissipation due to forward current

The basic circuit for the measurement of reverse current with dissipation due to forward current, as obtained under working conditions (cheater circuit conditions), is shown in Figure 6. The junction is heated by the operating current flowing through it during the forward half-waves. The case or the ambient temperature should be maintained at the specified value.

The voltage-current curve is displayed on an oscilloscope.



- D₁ = diode under test
- D₂ = balancing diode (of the same type as the diode under test)
- T₁ = transformer providing high voltage and low current
- T₂ = transformer providing low voltage and high current
- S = electronic or electro-mechanical switch with conduction angle between 130° and 180° during the forward conductive half cycle of D₁. The leakage current across the open switch must be small in comparison with the reverse current of the diode under test
- R₄ = variable resistor adjusted to provide the required value of power dissipation

FIG. 6. — Circuit for the measurement of reverse current with dissipation due to forward current.

2. Thermal measurements

2.1 Reference point temperature

- 2.1.1 For devices where a hole has been drilled by the manufacturer for this purpose, the temperature of the case is measured by means of a thermocouple inserted into this hole. The thermocouple should not have a section of a diameter greater than 0.25 mm. The thermocouple bead should be formed by welding rather than by soldering or twisting. The bead is inserted into the hole which is, then, closed over the thermocouple bead by tapping the metal at the edges of the hole (peened closed).
- 2.1.2 For other devices, the temperature at the reference point is measured by means of a temperature-sensitive element having negligible thermal capacitance, which is cemented, soldered, clamped or held rigidly against the case of the device so as to ensure a negligible thermal resistance.

2.2 Thermal resistance and transient thermal impedance

2.2.1 Introduction

The measurement of thermal resistance and transient thermal impedance is based on the use of a temperature-sensitive parameter as an indicator of virtual junction temperature. The on-state voltage of the thyristor, or the forward voltage of a rectifier diode, at a small percentage of rated current is normally used as the temperature-sensitive parameter.

La précision de cette méthode n'est pas spécifiée. Cependant, des précautions adéquates telles que celles mentionnées ci-après doivent être prises.

2.2.2 Résistance thermique

La résistance thermique est donnée par :

$$R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{P_2 - P_1}$$

où :

R_{th} = résistance thermique

T = température du point de référence

P = puissance dissipée

La puissance P_1 est appliquée et la température du point de référence T_1 est mesurée en utilisant des valeurs de puissance et de température à l'intérieur des valeurs limites du dispositif. La puissance P_1 est coupée, afin de permettre la mesure de la température virtuelle (de jonction), au moyen de la tension à l'état passant ou de la chute de tension directe (ou au moyen d'un autre paramètre sensible à la température) avec un courant de référence circulant immédiatement après la coupure de P_1 .

La puissance P_2 est alors appliquée et le dispositif chauffé à l'extérieur jusqu'à ce que la même température virtuelle (de jonction) soit atteinte. T_2 est alors mesurée.

Note. — La puissance appliquée peut être continue ou à une fréquence suffisamment élevée pour que les fluctuations de la température virtuelle (de jonction) soient négligeables. La mesure de la tension à l'état passant ou de la chute de tension directe doit être faite dans un temps après l'interruption de puissance tel que les transitoires non thermiques aient décru, mais avant que le changement de température virtuelle (de jonction) soit significatif.

2.2.3 Impédance thermique transitoire

On prépare une courbe d'étalonnage du dispositif en mesurant la tension à l'état passant, ou la chute de tension directe, pour la valeur choisie du courant de mesure en fonction de la température virtuelle (de jonction); pour cela, on fait varier extérieurement la température du dispositif, par exemple au moyen d'un bain d'huile.

Dans le cas des thyristors, des discontinuités montrées par la courbe B de la figure 7, page 16, indiquent une commutation partielle qui devra être corrigée en choisissant une valeur plus élevée du courant de mesure.

On peut employer un circuit de mesure tel que celui de la figure 8, page 16, pour obtenir les données requises pour le calcul de la courbe caractéristique de l'impédance thermique transitoire. Après avoir fait circuler le courant de chauffage, et après avoir attendu que l'équilibre thermique soit atteint, on mesure et on note la puissance dissipée dans le dispositif. On coupe alors la source de courant de chauffage, et on note la tension à l'état passant ou la chute de tension directe correspondant au courant de mesure, en fonction du temps comme indiqué sur la figure 9, page 18. On peut effectuer cela en photographiant la trace de l'oscilloscope. La mesure peut être répétée pour différentes vitesses de balayage de l'oscilloscope, afin de mesurer convenablement la tension à l'état passant ou la chute de tension directe pour tout le domaine de temps. On doit contrôler la température du point de référence en fonction du temps. Comme ce changement est relativement petit et lent, un dispositif de mesure à thermistance ou à thermocouple peut être utilisé.

La courbe de la tension à l'état passant ou la chute de tension directe en fonction du temps peut être convertie en courbe de la température virtuelle (de jonction) en fonction du temps, au moyen de la courbe d'étalonnage.

The accuracy of this method is not specified. However, adequate precautions should be taken as outlined below.

2.2.2 Thermal resistance

The thermal resistance is calculated from:

$$R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{P_2 - P_1}$$

where:

R_{th} = thermal resistance

T = reference point temperature

P = power dissipation

Power P_1 is applied, and the reference point temperature T_1 is measured, using values of power and temperature within the device ratings. The power P_1 is interrupted to permit measurement of the virtual (junction) temperature, by means of the on-state voltage or forward voltage (or by means of another suitable temperature-sensitive parameter) with a reference current flowing, immediately after the interruption of P_1 .

Power P_2 is then applied, and the device is heated externally until the same value of virtual (junction) temperature is obtained. T_2 is then measured.

Note. — The power applied should be either continuous or of a sufficiently high frequency so that the fluctuation of the virtual (junction) temperature is negligible. The measurement of on-state voltage or forward voltage should be made at a time following the power interruption(s) such that the non-thermal transients have decayed, but before the change of virtual (junction) temperature is significant.

2.2.3 Transient thermal impedance

A calibration curve is prepared for the device by measuring the on-state voltage or forward voltage at the selected value of measuring current, as a function of virtual (junction) temperature, by varying the device temperature externally, e.g., by means of an oil bath.

In the case of thyristors, discontinuities as shown in curve B of Figure 7, page 17, indicate partial switching which should be corrected by selecting a higher value of measuring current.

A measuring circuit as shown in Figure 8, page 17, may be used to obtain the data required for calculating the transient thermal impedance characteristic curve. After applying the heating current and waiting until thermal equilibrium is established, the power dissipated in the device is measured and recorded. The heating current supply is then interrupted, and the on-state voltage or forward voltage corresponding to the measuring current supply is recorded as a function of time, as shown in Figure 9, page 19. This may be accomplished by photographing the oscilloscope trace. The measurement may be repeated at different oscilloscope sweep rates in order to measure adequately the on-state voltage or forward voltage over the entire time range. Reference point temperature should be monitored as a function of time. Since this change is relatively small and slow, a thermistor or thermocouple measuring system may be used.

The curve of on-state voltage or forward voltage as a function of time can be converted to virtual (junction) temperature versus time by means of the calibration curve.

L'impédance thermique transitoire est alors calculée comme suit:

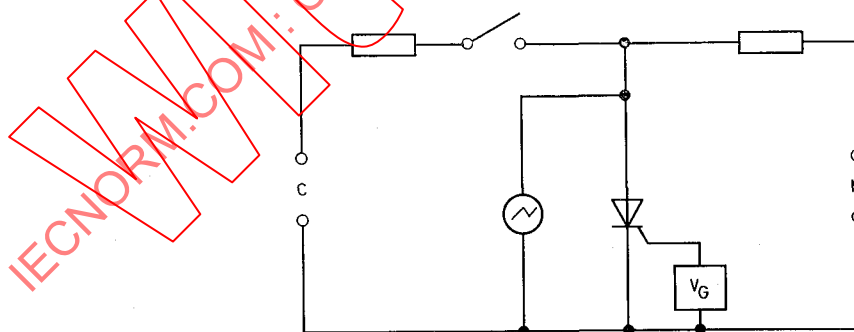
$$Z_{(th)t} = \frac{(T_1 - T_2) - (T_1' - T_2')}{P}$$

où:

- T_1 = la température virtuelle (de jonction) au moment de l'interruption du courant de chauffage
- T_1' = la température virtuelle (de jonction) au temps t après l'interruption du courant de chauffage
- P = puissance dissipée dans le dispositif
- T_2 = température du point de référence au moment de l'interruption du courant de chauffage
- T_2' = température du point de référence au temps t après l'interruption du courant de chauffage
- $Z_{(th)t}$ = impédance thermique transitoire au temps t



FIG. 7. — Courbe d'étalonnage: tension à l'état passant en fonction de la température virtuelle (de jonction).



C = source de courant de chauffage

M = source de courant de mesure

Note. — Le dispositif mesuré peut être, soit un thyristor, soit une diode de redressement.

FIG. 8. — Circuit de mesure.

The transient thermal impedance is calculated as follows:

$$Z_{(th)t} = \frac{(T_1 - T_2) - (T_1' - T_2')}{P}$$

where:

T_1 = the virtual (junction) temperature at the time of the heating-current interruption

T_1' = virtual (junction) temperature at time t after the heating-current interruption

P = power dissipated in the device

T_2 = reference point temperature at the time of the heating-current interruption

T_2' = reference point temperature at time t after the heating-current interruption

$Z_{(th)t}$ = transient thermal impedance at time t

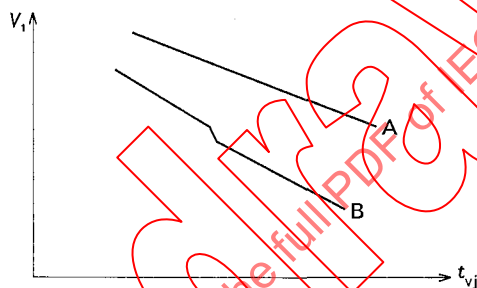
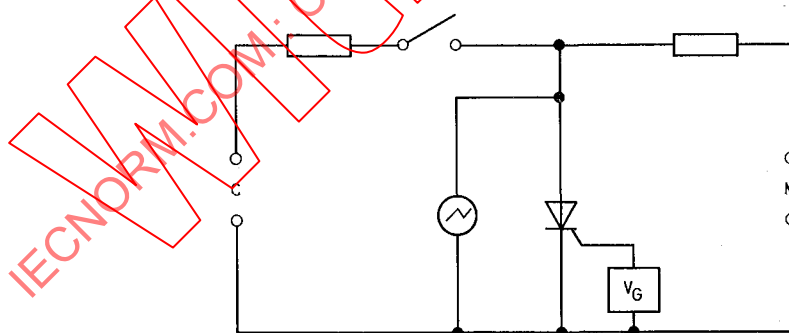


FIG. 7. — Calibration curve: on-state voltage versus virtual (junction) temperature.

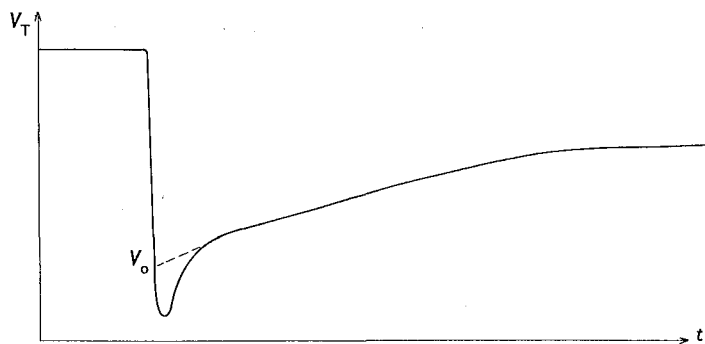


C = heating-current supply

M = measuring current supply

Note. — The device being measured may be either a thyristor or rectifier diode.

FIG. 8. — Measurement circuit.



t = temps — échelle log.
 V_T = tension à l'état passant

FIG. 9. — Courbe de la tension à l'état passant.



t = temps — échelle log.

FIG. 10. — Courbe de l'impédance thermique transitoire.

La figure 10 montre la forme d'une courbe type d'impédance thermique transitoire.

3. Précautions relatives aux mesures thermiques

Les difficultés de ces méthodes de mesure sont dues à l'ambiguïté existant dans la détermination de la valeur de la température virtuelle (de jonction) au moment de l'interruption du courant.

Des tensions transitoires non thermiques se produisent par suite des porteurs de charge en excédent qui sont présents après l'interruption du courant de chauffage. Cette difficulté peut être évitée en extrapolant la courbe de la tension à l'état passant ou de la chute de tension directe en fonction du temps, depuis un instant pour lequel on sait qu'il y a équilibre des charges dans le dispositif jusqu'à l'instant zéro. Cet instant (pour lequel il y a équilibre) peut être estimé à partir d'observations de la durée de vie des porteurs ou en effectuant les mesures à différents niveaux de puissance, et en notant le temps le plus court pour lequel la température virtuelle (de jonction) est une fonction linéaire de la dissipation de puissance. La partie en pointillés sur la courbe de la tension à l'état passant de la figure 9 illustre l'extrapolation jusqu'à ce point marqué V_0 .

Une autre source de transitoires non thermiques dans la caractéristique de la tension à l'état passant ou chute de tension directe est la chute brusque du champ magnétique autour du dispositif quand on coupe le courant de chauffage. Un exemple de l'importance de ce problème est donné par les thyristors ayant des courants de 10 A ou plus et montés dans des boîtiers comportant un matériau magnétique entourant le conducteur. Des temps de décroissance de l'ordre de $\frac{1}{2}$ ms à 1 ms ont été observés à cause de ce phénomène.

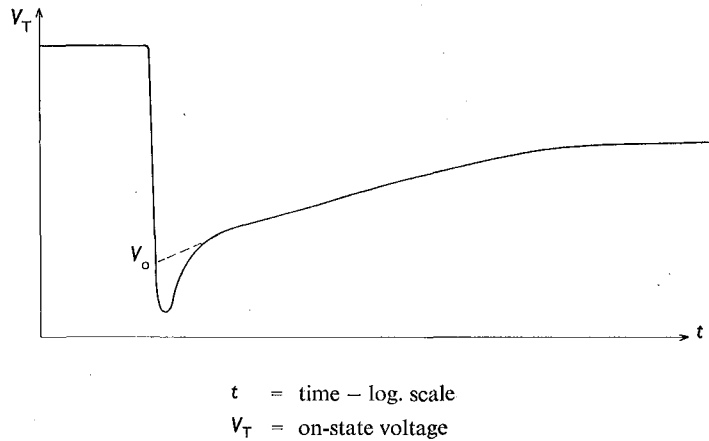


Fig. 9. — On-state voltage curve.

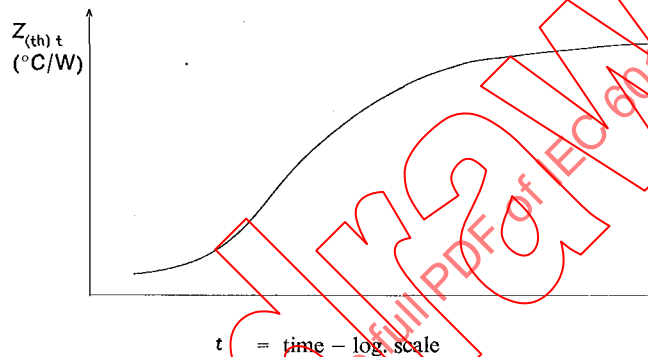


Fig. 10. — Transient thermal impedance curve.

Figure 10 illustrates the shape of a typical transient thermal impedance curve.

3. Precautions relative to thermal measurements

Difficulties with these methods of measurement are due to ambiguity in determining the value of the virtual (junction) temperature at the time of the current interruption.

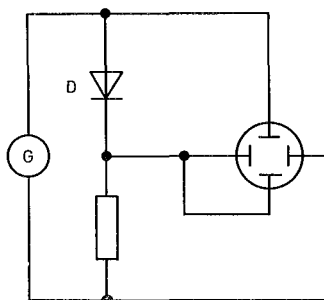
Non-thermal voltage transients occur due to the excess charge carriers present after the heating-current is interrupted. This difficulty can be avoided by extrapolating the on-state voltage or forward voltage versus time curve back to zero time, from a time at which the device is known to be in charge equilibrium. This time can be estimated from carrier life time observation, or by performing the measurements at different power levels and noting the shortest time for which the virtual (junction) temperature is a linear function of power dissipation. The dotted portion of the on-state voltage curve in Figure 9 illustrates the extrapolation to this point shown as V_o .

Another source of non-thermal transients in the on-state voltage or forward voltage characteristic is the collapse of the magnetic field around the device when the heating-current is interrupted. The importance of this problem is shown, for example, when currents of 10 A or more are used with thyristors housed in packages having a magnetic material encircling the conductor. Decay times of the order of $\frac{1}{2}$ ms to 1 ms have been observed due to this phenomenon.

4. Diodes de redressement à avalanche

4.1 Tension de claquage (méthode de l'oscilloscope)

Le circuit utilisé est montré sur la figure 11.



D = diode mesurée
G = générateur

FIG. 11. — Circuit de mesure de la tension de claquage (méthode de l'oscilloscope).

Note. — Le générateur doit fournir soit une impulsion rectangulaire ayant un temps de croissance et une largeur spécifiés, soit, lorsque c'est applicable, une onde demi-sinusoïdale. Cette dernière peut être obtenue à l'aide d'un transformateur réglable avec une diode en série dans l'enroulement secondaire.

On applique la forme d'onde de tension à la diode de redressement à avalanche à mesurer, la caractéristique tension-courant apparaissant sur un oscilloscope. On augmente la tension jusqu'à ce qu'on atteigne la tension de claquage.

On devra prendre soin qu'aucune dissipation de puissance inverse récurrente importante ne se produise.

Pendant cette mesure, la valeur limite de la puissance en inverse en surcharge accidentelle ne doit pas être dépassée.

CHAPITRE III: THYRISTORS

SECTION UN — THYRISTORS TRIODES BLOQUÉS EN INVERSE

Introduction

Ces recommandations s'appliquent aux thyristors triodes bloqués en inverse. Le terme «thyristor triode bloqué en inverse» a été abrégé dans le texte en «thyristor».

Dans ces recommandations, les polarités des sources d'alimentation des circuits sont applicables aux thyristors P. Cependant, ces circuits peuvent être adaptés pour les thyristors N en changeant les polarités des sources d'alimentation et des appareils de mesure, et aussi des bornes d'anode et de cathode.

1. Caractéristiques électriques

1.1 Précautions générales

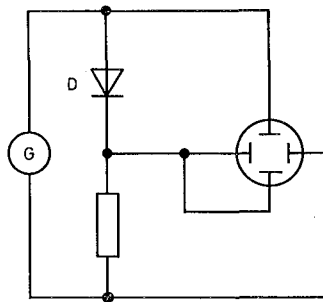
1.1.1 Précautions générales pour les mesures en courant continu

Pour les mesures des caractéristiques directes des thyristors, la qualité de la source de courant continu n'est pas considérée comme importante, pourvu que le taux d'ondulation crête à crête soit inférieur à 10%.

4. Avalanche rectifier diodes

4.1 Breakdown voltage (oscilloscope method)

The circuit to be used is shown in Figure 11.



D = diode under test
G = generator

FIG. 11. — Circuit for the measurement of breakdown voltage (oscilloscope method).

Note. — The generator should provide either a rectangular pulse having a specified rise time and pulse width, or, where applicable, a half sine wave. The latter may be achieved by using a variable transformer having a diode in series with the secondary winding.

The voltage waveform is applied to the avalanche rectifier diode under test, the voltage-current characteristic being displayed on the oscilloscope. The voltage is increased until the breakdown voltage is reached.

Care should be taken to avoid any significant recurrent reverse power dissipation.

The reverse surge power rating must not be exceeded during this measurement.

CHAPTER III: THYRISTORS

SECTION ONE — REVERSE BLOCKING TRIODE THYRISTORS

Introduction

These recommendations apply to reverse blocking triode thyristors. The term “reverse blocking triode thyristor” has been abbreviated in the text to “thyristor”.

The polarities of the sources shown in the circuits in these recommendations are applicable to P-gate thyristors. However, the circuits can be adapted for N-gate thyristors by changing the polarities of the meters and the sources, and also of the anode and cathode terminals.

1. Electrical characteristics

1.1 General precautions

1.1.1 General precautions for d.c. measurements

For the measurements of the forward characteristics of thyristors, the quality of the source of direct current is not considered to be important, provided that the peak-to-peak ripple is less than 10%.

Pour les mesures des caractéristiques inverses, le taux d'ondulation crête à crête de la source de tension ne devra pas dépasser 1%, et on devra prendre grand soin d'éviter que les valeurs limites de tension des thyristors puissent être dépassées par une tension transitoire quelconque.

1.1.2 Précautions générales pour les mesures en courant alternatif

On peut inclure des diodes dans les circuits de la source afin de protéger les amplificateurs de l'oscilloscope des impulsions demi-onde indésirables.

Quand on effectue des mesures de faibles courants inverses, il peut être nécessaire de prendre des précautions convenables pour éviter de recueillir des parasites, par exemple à l'aide d'un transformateur à écran et d'une mise à la masse convenable. On devra aussi veiller à éviter les capacités parasites.

De plus, on s'attachera soigneusement à maintenir l'inductance résiduelle aussi faible que possible, spécialement pour les dispositifs à fort courant.

1.1.3 Conditions de température

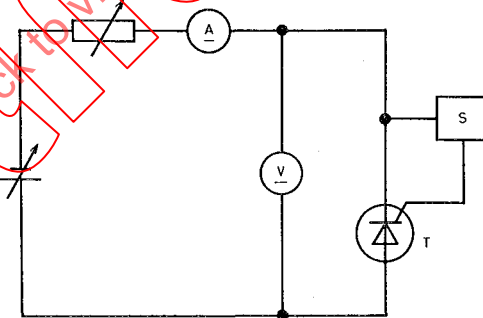
On devra spécifier les conditions de température pour toutes les mesures de caractéristiques électriques décrites ci-après.

Les mesures doivent être effectuées seulement après que l'équilibre thermique a été atteint.

1.2 Tension à l'état passant

1.2.1 Méthode en courant continu

La tension à l'état passant peut être mesurée dans le circuit indiqué par la figure 12. Le courant direct spécifié est établi après que le thyristor a commuté à l'état passant et la tension entre les bornes d'anode et de cathode est mesurée dans des conditions spécifiées de polarisation et d'impédance du circuit de gâchette.



T = thyristor mesuré

S = source de polarisation de gâchette

FIG. 12. — Circuit de mesure de la tension à l'état passant (méthode en courant continu).

1.2.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 13a, page 24, correspond à un circuit utilisant une source de tension sinusoïdale simple alternance pour la mesure de la tension directe instantanée à l'état passant dans des conditions spécifiées de polarisation et d'impédance du circuit de gâchette. Le courant parcourt le thyristor dans le sens direct, le thyristor étant à l'état passant. La courbe tension-courant est présentée sur l'oscilloscope comme indiqué sur la figure 13b, page 24.

For the measurements of the reverse characteristics, the peak-to-peak ripple of the voltage source should not exceed 1% and particular care should be taken to ensure that the voltage ratings of the thyristors are not exceeded due to any voltage transients.

1.1.2 General precautions for a.c. measurements

Diodes may be included in source circuits in order to protect the amplifiers in the oscilloscope from unwanted half-cycle pulses.

Where low reverse currents are being measured, it may be necessary to take suitable precautions to avoid pick-up, e.g. a screened transformer and suitable earthing. Care should also be taken to avoid stray capacitances.

In addition, particular care should be taken to keep residual inductance as low as possible, especially for high current devices.

1.1.3 Temperature conditions

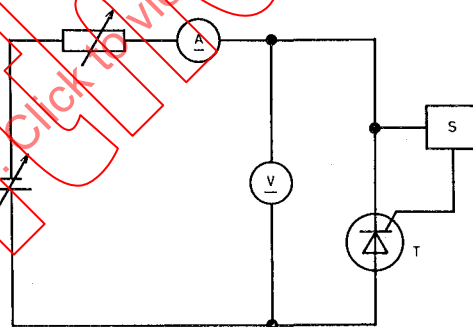
For all measurements of electrical characteristics described below, the conditions of temperature should be specified.

The measurements should be performed only after thermal equilibrium is reached.

1.2 On-state voltage

1.2.1 D.C. method

On-state voltage can be measured in the circuit shown in Figure 12. The specified forward current is set after the thyristor switches to the on-state and the voltage between the anode and cathode terminals is measured under specified conditions of bias and impedance of the gate circuit.



T = thyristor under test
S = gate biasing source

FIG. 12. — Circuit for the measurement of on-state voltage (d.c. method).

1.2.2 Oscilloscope method

Figure 13a, page 25, shows a circuit for the measurement of instantaneous on-state voltage, using a half-sine wave voltage supply for specified conditions of bias and impedance of the gate circuit. The current is applied through the thyristor in the forward direction while the thyristor is in the on-state and the voltage-current curve as displayed on the oscilloscope is shown in Figure 13b, page 25.

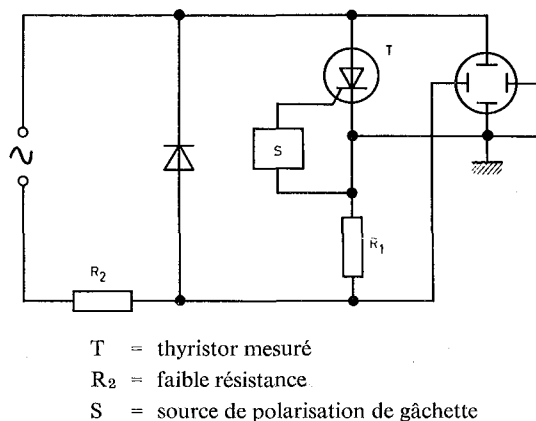


FIG. 13a. — Circuit de mesure de la tension à l'état passant (méthode de l'oscilloscope).

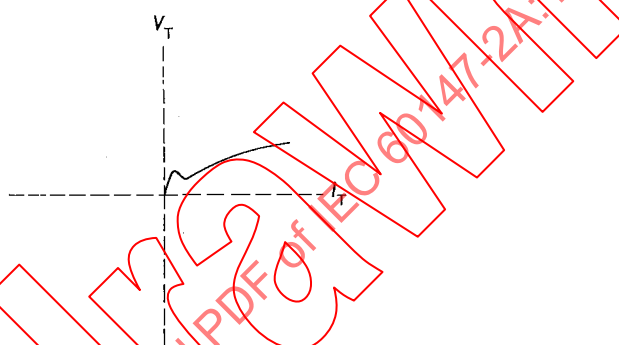


FIG. 13b. — Courbe de la tension à l'état passant en fonction du courant direct.

1.3 Courant à l'état bloqué

1.3.1 Méthode en courant continu

Le courant à l'état bloqué peut être mesuré dans le circuit correspondant à la figure 14.

La tension directe spécifiée est appliquée avec incorporation dans le circuit d'une résistance de protection R, et le courant à l'état bloqué est mesuré dans des conditions spécifiées de polarisation et d'impédance du circuit de gâchette.

La résistance de protection R doit être suffisamment grande pour protéger l'appareil de mesure de courant et le dispositif que l'on mesure, pour le cas où ce dernier commuterait à l'état passant.

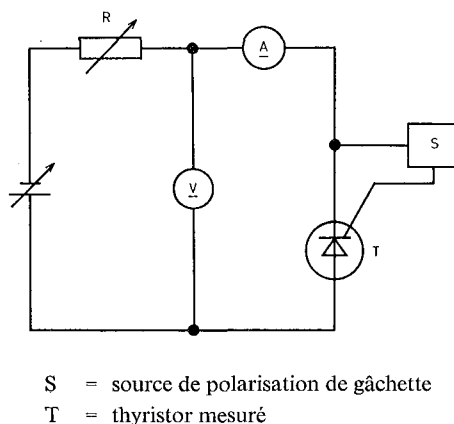


FIG. 14. — Circuit de mesure du courant à l'état bloqué (méthode en courant continu).

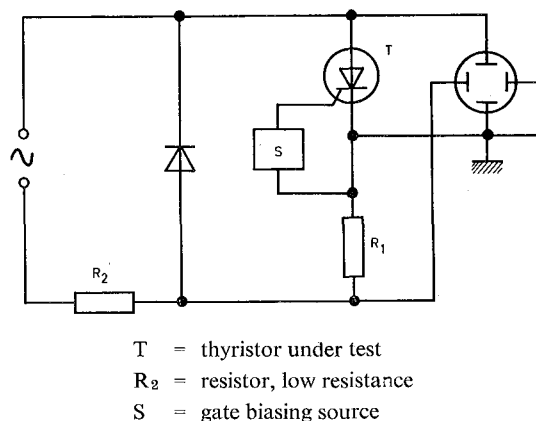


FIG. 13a. — Circuit for the measurement of on-state voltage (oscilloscope method).

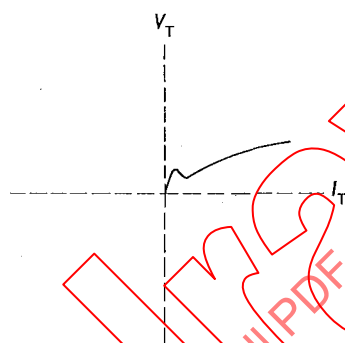


FIG. 13b. — Graphic representation of on-state voltage versus forward current characteristic.

1.3 Off-state current

1.3.1 D.C. method

Off-state current can be measured in the circuit shown in Figure 14.

The specified forward voltage is applied through the protective resistor R and the off-state current is measured under specified conditions of bias and impedance of the gate circuit.

The protective resistor R must be sufficiently large to protect the current meter and the device being measured, in case the device should switch to the conducting state.

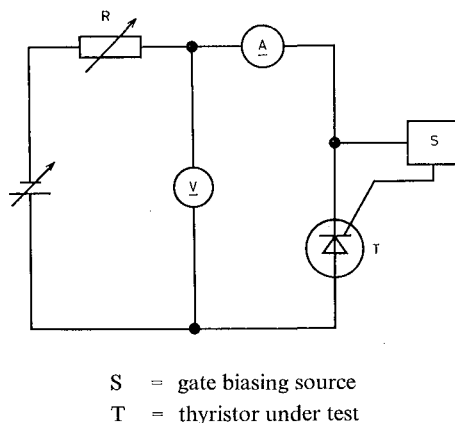
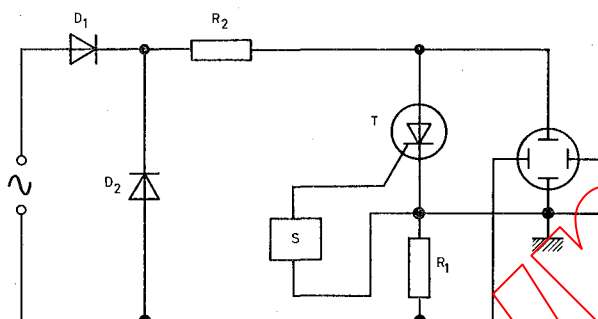


FIG. 14. — Circuit for the measurement of off-state current (d.c. method).

1.3.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 15 correspond à un circuit pour la mesure des valeurs instantanées du courant direct à l'état bloqué pour des conditions spécifiées de polarisation et d'impédance du circuit de gâchette. La courbe courant-tension est présentée sur un oscilloscope.

De grandes précautions doivent être prises en blindant l'équipement.



- T = thyristor mesuré
- R₂ = résistance de protection
- D₁ / D₂ = l'emploi de ces diodes dans ce circuit est facultatif
- S = source de polarisation de gâchette

FIG. 15. — Circuit de mesure du courant à l'état bloqué (méthode de l'oscilloscope).

1.4 Courant inverse

Les méthodes décrites au paragraphe 1.3 pour la mesure du courant direct peuvent être utilisées pour la mesure du courant inverse par intervention des connexions de cathode et d'anode.

1.5 Courant et tension d'amorçage par la gâchette

1.5.1 Méthode en courant continu

Le courant et la tension d'amorçage par la gâchette peuvent être mesurés dans le circuit correspondant à la figure 16a, page 28.

La tension continue spécifiée V est appliquée dans le sens direct. La tension entre les bornes de gâchette et de cathode est augmentée progressivement à partir de zéro jusqu'à ce que le thyristor soit commuté à l'état passant et que la tension entre les bornes d'anode et de cathode diminue brusquement.

La tension entre les bornes de gâchette et de cathode et le courant de gâchette nécessaires pour amorcer le thyristor sont respectivement la tension et le courant d'amorçage par la gâchette.

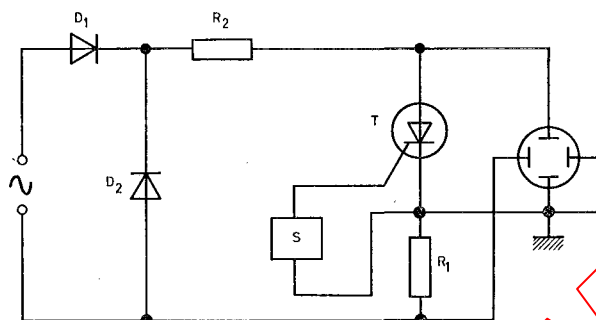
Lorsque le circuit est utilisé pour déterminer les valeurs du courant et de la tension d'amorçage par la gâchette susceptibles d'amorcer chaque thyristor, la tension d'alimentation d'anode devra être faible, de préférence égale ou inférieure à 12 V.

On devra avoir soin d'éviter les erreurs provoquées par le branchement du voltmètre et de l'ampèremètre dans le circuit de gâchette. Le voltmètre V_2 doit être enlevé quand on mesure le courant d'amorçage de gâchette. L'amplitude du signal de gâchette devra être augmentée à une vitesse suffisamment faible pour éviter les erreurs dues à l'amortissement des oscillations des aiguilles des appareils de mesure et pour permettre une lecture précise de ceux-ci à l'approche du point d'amorçage.

1.3.2 Oscilloscope method

Figure 15 shows a circuit for the measurement of instantaneous values of forward off-state current for specified conditions of bias and impedance of gate circuit. The curve of voltage-current is displayed on the oscilloscope.

Considerable care must be taken in shielding the equipment.



- T = thyristor under test
 R₂ = protective resistor
 D₁ / D₂ = the use of these diodes in this circuit is optional
 S = gate biasing source

FIG. 15. — Circuit for the measurement of off-state current (oscilloscope method).

1.4 Reverse current

The methods described for forward current measurement given in Sub-clause 1.3 can also be used for reverse current measurement if the cathode and anode connections are interchanged.

1.5 Gate trigger current and voltage

1.5.1 D.C. method

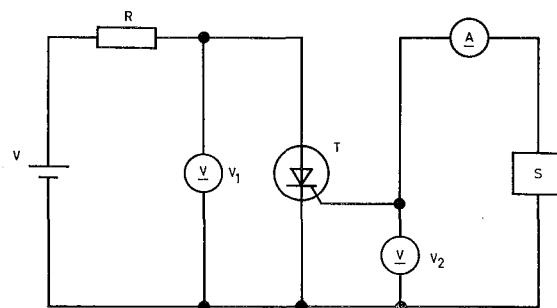
Gate trigger current and voltage can be measured in the circuit shown in Figure 16a, page 29.

The specified continuous voltage V is applied in the forward direction. The voltage between gate and cathode terminals is increased gradually from zero until the thyristor is switched to the on-state and the voltage between anode and cathode terminals decreases suddenly.

The voltage between gate and cathode terminals and the gate current required to trigger the thyristor are the gate trigger voltage and gate trigger current respectively.

When the circuit is used to determine the values of gate trigger current and gate trigger voltage that will trigger every thyristor, the anode supply voltage should be low, preferably 12 V or less.

Care should be taken to avoid errors introduced by the connection of voltmeter and ammeter in the gate circuit. The voltmeter V_2 must be removed when measuring gate trigger current. The gate signal should be applied at a sufficiently slow rate to avoid errors due to damping in the meter movements and to permit accurate observation of the meter readings as the thyristor switching point is approached.



T = thyristor mesuré

S = source de polarisation de la gâchette

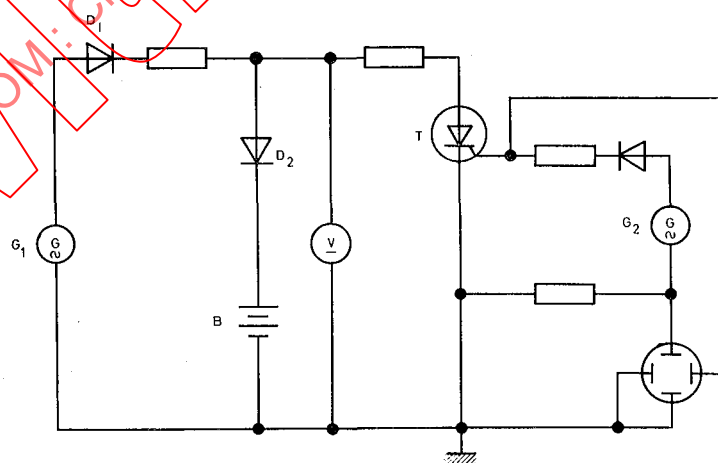
FIG. 16a. — Circuit de mesure du courant et de la tension d'amorçage par la gâchette (méthode en courant continu).

1.5.2 Méthode de l'oscilloscope

Le circuit utilisé est indiqué par la figure 16b. Une tension intermittente spécifiée obtenue avec la batterie B et la diode de verrouillage D_2 est appliquée dans le sens direct, et une tension demi-sinusoïdale synchronisée suffisamment élevée pour amorcer le thyristor est appliquée au circuit de gâchette. Le point de discontinuité sur la caractéristique du courant de gâchette en fonction de la tension, résultant de l'amorçage du thyristor, est observé sur l'oscilloscope et montré sur la figure 16c, page 30.

Le courant et la tension à ce point sont respectivement le courant d'amorçage par la gâchette et la tension d'amorçage par la gâchette.

Quand on utilise le circuit pour déterminer les valeurs du courant et de la tension d'amorçage par la gâchette qui amorceront tous les thyristors, la tension d'alimentation d'anode devra être faible, de préférence égale ou inférieure à 12 V.



G_1, G_2 = ces deux alimentations devront être à la fréquence du réseau (50 Hz à 60 Hz)

FIG. 16b. — Circuit de mesure du courant et de la tension d'amorçage par la gâchette (méthode de l'oscilloscope).