

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 147-2E

Première édition — First edition

1973

Cinquième 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

Fifth supplement to Publication 147-2 (1963)

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

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

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

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

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici ou dans la Publication 147-0 de la CEI des termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

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

Symboles graphiques et littéraux

Seuls des symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

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

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

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

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

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein or in IEC Publication 147-0.

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

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

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

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

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 147-2E

Première édition — First edition

1973

Cinquième 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

Fifth 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 À SEMICONDUCTEURS

SECTION TROIS — DIODES DE REDRESSEMENT

Articles

| | |
|--|----|
| 1. Caractéristiques électriques | 8 |
| 1.2 Courant inverse | 8 |
| 1.2.3 Courant inverse de pointe | 8 |
| 1.3 Tension directe | 10 |
| 1.3.3 Méthode en impulsions | 10 |
| 1.6 Charge recouvrée | 12 |
| 5. Vérification de valeurs limites | 14 |
| 5.1 Courant direct non répétitif de surcharge accidentelle | 14 |
| 5.2 Tension inverse de pointe non répétitive (V_{RSM}) | 18 |
| 6. Essai de charge thermique cyclique | 20 |

CHAPITRE III: THYRISTORS

SECTION UN — THYRISTORS TRIODES BLOQUÉS EN INVERSE

| | |
|--|----|
| 1. Caractéristiques électriques | 22 |
| 1.2 Tension à l'état passant | 22 |
| 1.2.3 Méthode en impulsions | 22 |
| 1.3 Courant à l'état bloqué | 24 |
| 1.3.3 Courant de pointe à l'état bloqué | 24 |
| 1.4 Courant inverse | 26 |
| 1.4.1 Courant inverse de pointe | 26 |
| 1.11 Courant d'accrochage | 28 |
| 1.12 Charge recouvrée (par mesure du courant de recouvrement inverse) | 30 |
| 3. Vérification de valeurs limites | 34 |
| 3.1 Tension inverse de pointe non répétitive (V_{RSM}) | 34 |
| 3.2 Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué (V_{DSM}) | 38 |
| 3.3 Courant non répétitif de surcharge accidentelle à l'état passant | 40 |
| 3.4 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant di/dt | 42 |
| 4. Essai de charge thermique cyclique | 48 |
| ANNEXE — Diodes de redressement et thyristors : méthodes de calcul des possibilités de charge en fonction du temps | 52 |

CONTENTS

| | Page |
|--------------------|------|
| FOREWORD | 5 |
| PREFACE | 5 |

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

SECTION THREE — RECTIFIER DIODES

Clause

| | |
|---|----|
| 1. Electrical characteristics | 9 |
| 1.2 Reverse current | 9 |
| 1.2.3 Peak reverse current | 9 |
| 1.3 Forward voltage | 11 |
| 1.3.3 Pulse method | 11 |
| 1.6 Recovered charge | 13 |
| 5. Verification of ratings (limiting values) | 15 |
| 5.1 Surge (non-repetitive) forward current | 15 |
| 5.2 Non-repetitive peak reverse voltage (V_{RSM}) | 19 |
| 6. Thermal cycling load test | 21 |

CHAPTER III: THYRISTORS

SECTION ONE — REVERSE BLOCKING TRIODE THYRISTORS

| | |
|--|----|
| 1. Electrical characteristics | 23 |
| 1.2 On-state voltage | 23 |
| 1.2.3 Pulse method | 23 |
| 1.3 Off-state current | 25 |
| 1.3.3 Peak off-state current | 25 |
| 1.4 Reverse current | 27 |
| 1.4.1 Peak reverse current | 27 |
| 1.11 Latching current | 29 |
| 1.12 Recovered charge (by measurement of reverse recovery current) | 31 |
| 3. Verification of ratings (limiting values) | 35 |
| 3.1 Non-repetitive peak reverse voltage (V_{RSM}) | 35 |
| 3.2 Non-repetitive peak off-state voltage (V_{DSM}) | 39 |
| 3.3 Surge (non-repetitive) on-state current | 41 |
| 3.4 Critical rate of rise of on-state current di/dt | 41 |
| 4. Thermal cycling load test | 49 |
| APPENDIX — Rectifier diodes and thyristors: calculation methods for time varying load capability | 53 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CINQUIÈME COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 147-2 (1963)

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

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

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

Elle constitue le cinquième complément à la deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure, de la Publication 147 de la CEI. La première partie, traitant des valeurs limites et des caractéristiques essentielles, est éditée comme Publication 147-1 de la CEI. La présente recommandation qui traite des diodes de redressement et des thyristors est la suite des Publications 147-2A et 147-2D.

Onze projets ont été utilisés pour la présente recommandation; ils résultent des travaux commencés à Padoue (1967) ou à Londres (1968), comme l'indique le tableau de la page 6.

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIFTH SUPPLEMENT TO PUBLICATION 147-2 (1963)

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

Part 2: General principles of measuring methods

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

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

It constitutes the fifth supplement to Part 2, General Principles of Measuring Methods, of IEC Publication 147. Part 1, dealing with essential ratings and characteristics, is issued as IEC Publication 147-1. This recommendation, dealing with rectifier diodes and thyristors, is the continuation of Publications 147-2A and 147-2D.

Eleven drafts were used for this recommendation; they result from the work started in Padua (1967) or in London (1968), as shown in the table on page 7.

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

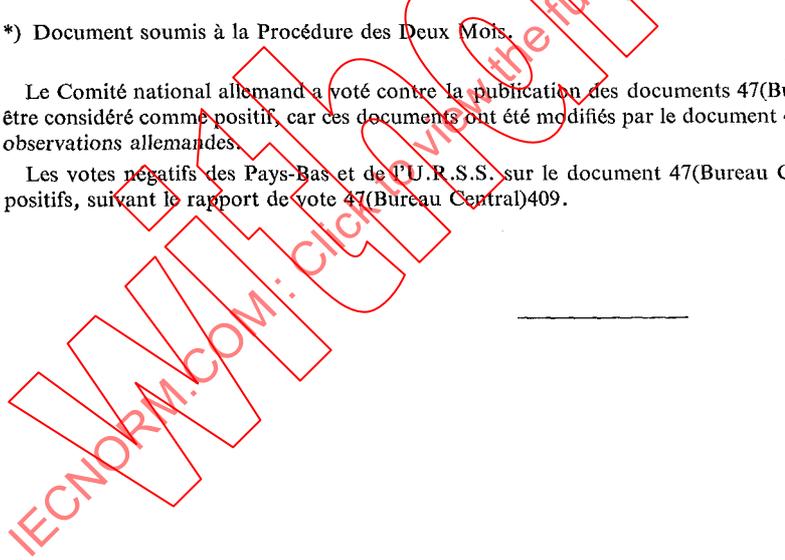
| | |
|--|----------------------------|
| Australia | Netherlands |
| Belgium | Poland |
| Canada | Portugal |
| Czechoslovakia | Romania |
| Denmark | South Africa (Republic of) |
| Finland | Sweden |
| France | Switzerland |
| Germany | Turkey |
| Israel | Union of Soviet |
| Italy | Socialist Republics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

| Dispositifs à semiconducteurs | Article ou paragraphe | Début des travaux | Projet soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en | Document |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---|---|
| Diodes de redressement | 1.2.3 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)323, §1.1 |
| | 1.3.3 | Padoue, 1967 | Juillet 1969 | 47(Bureau Central)262 |
| | 1.6 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)322, § 1 |
| | 5.1 | Londres, 1968 | Novembre 1970 & Février 1972 *) | 47(Bureau Central)324 47(Bureau Central)417 |
| | 5.2 6 | Londres, 1968 Londres, 1968 | Juillet 1970 Juillet 1970 | 47(Bureau Central)320, § 1 47(Bureau Central)319 |
| Thyristors | 1.2.3 | Padoue, 1967 | Juillet 1969 | 47(Bureau Central)261 |
| | 1.3.3 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)323, § 2.2 |
| | 1.4.1 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)323, § 2.1 |
| | 1.11 | Padoue, 1967 | Juillet 1969 | 47(Bureau Central)260 |
| | 1.12 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)322, § 2 |
| | 3.1 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)320, § 1 |
| | 3.2 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)320, § 2 |
| | 3.3 | Londres, 1968 | Février 1971 & Février 1972 *) | 47(Bureau Central)325 47(Bureau Central)417 |
| | 3.4 | Padoue, 1967 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)321 |
| 4 | Londres, 1968 | Juillet 1970 | 47(Bureau Central)319 | |
| Diodes de redressement et thyristors | Annexe | Londres, 1968 | août 1971 | 47(Bureau Central)366 |

*) Document soumis à la Procédure des Deux Mois.

Le Comité national allemand a voté contre la publication des documents 47(Bureau Central)324 et 325; mais ce vote peut être considéré comme positif, car ces documents ont été modifiés par le document 47(Bureau Central)417 qui tient compte des observations allemandes.

Les votes négatifs des Pays-Bas et de l'U.R.S.S. sur le document 47(Bureau Central)322 peuvent être considérés comme positifs, suivant le rapport de vote 47(Bureau Central)409.

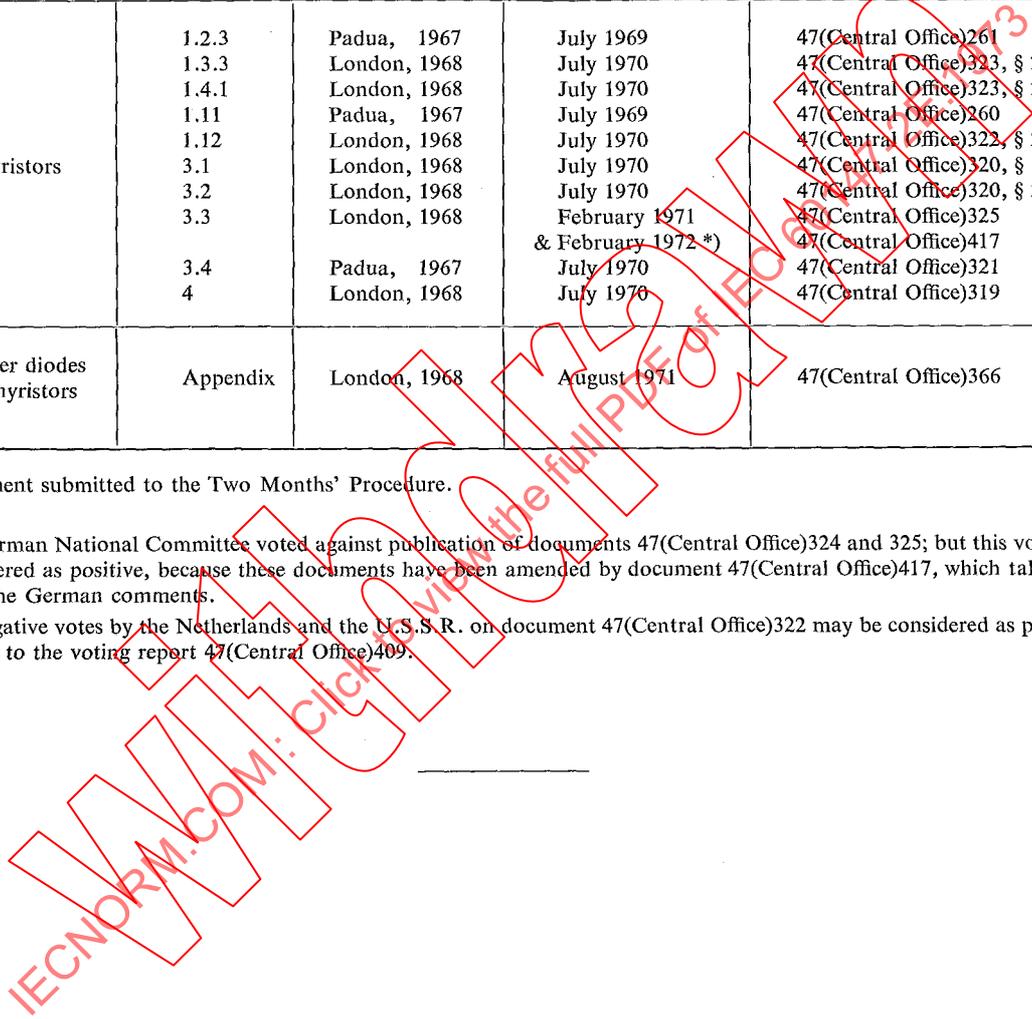


| Semiconductor devices | Clause or Sub-clause | Start of work | Draft submitted to National Committees for approval under the Six Months' Rule in | Document |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------|---|---|
| Rectifier diodes | 1.2.3 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)323, §1.1 |
| | 1.3.3 | Padua, 1967 | July 1969 | 47(Central Office)262 |
| | 1.6 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)322, § 1 |
| | 5.1 | London, 1968 | November 1970 & February 1972 *) | 47(Central Office)324 47(Central Office)417 |
| | 5.2 6 | London, 1968 London, 1968 | July 1970 July 1970 | 47(Central Office)320, § 1 47(Central Office)319 |
| Thyristors | 1.2.3 | Padua, 1967 | July 1969 | 47(Central Office)261 |
| | 1.3.3 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)323, § 2.2 |
| | 1.4.1 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)323, § 2.1 |
| | 1.11 | Padua, 1967 | July 1969 | 47(Central Office)260 |
| | 1.12 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)322, § 2 |
| | 3.1 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)320, § 1 |
| | 3.2 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)320, § 2 |
| | 3.3 | London, 1968 | February 1971 & February 1972 *) | 47(Central Office)325 47(Central Office)417 |
| | 3.4 | Padua, 1967 | July 1970 | 47(Central Office)321 |
| | 4 | London, 1968 | July 1970 | 47(Central Office)319 |
| Rectifier diodes and thyristors | Appendix | London, 1968 | August 1971 | 47(Central Office)366 |

*) Document submitted to the Two Months' Procedure.

The German National Committee voted against publication of documents 47(Central Office)324 and 325; but this vote may be considered as positive, because these documents have been amended by document 47(Central Office)417, which takes into account the German comments.

The negative votes by the Netherlands and the U.S.S.R. on document 47(Central Office)322 may be considered as positive, according to the voting report 47(Central Office)409.



CINQUIÈME COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 147-2 (1963)

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

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

CHAPITRE I: DIODES À SEMICONDUCTEURS

SECTION TROIS — DIODES DE REDRESSEMENT

1. Caractéristiques électriques

1.2 Courant inverse

Page 10

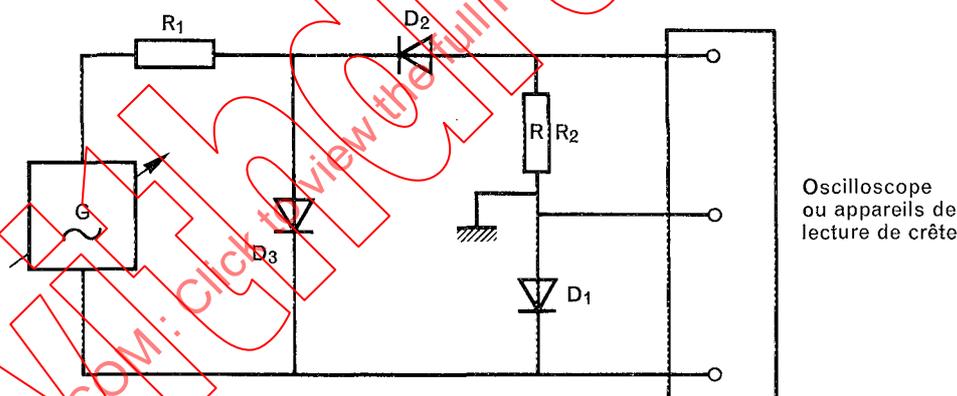
Ajouter le nouveau paragraphe suivant :

1.2.3 Courant inverse de pointe

But

Mesurer le courant inverse de pointe d'une diode de redressement pour une valeur spécifiée de la tension inverse de pointe répétitive dans des conditions spécifiées.

Schéma



0060/73

FIGURE 1

Description et exigences du circuit

D₁ = diode à mesurer

D₂ et D₃ = diodes fournissant des demi-alternances négatives de sorte que l'on mesure seulement la caractéristique inverse de la diode de redressement

G = source de tension alternative

R₁ = résistance de protection

R₂ = résistance étalonée qui permet de déterminer le courant

Exécution

La tension inverse de pointe répétitive aux bornes de la diode de redressement, mesurée sur l'oscilloscope, est ajustée à l'aide de la source de tension alternative. La valeur de pointe du courant inverse qui traverse la diode est mesurée sur l'oscilloscope placé aux bornes de R₂.

FIFTH SUPPLEMENT TO PUBLICATION 147-2 (1963)

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

Part 2: General principles of measuring methods

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

SECTION THREE — RECTIFIER DIODES

1. Electrical characteristics

1.2 Reverse current

Page 11

Add the following new Sub-clause:

1.2.3 Peak reverse current

Purpose

To measure the peak reverse current of a rectifier diode at a specified value of repetitive peak reverse voltage under specified conditions.

Circuit diagram

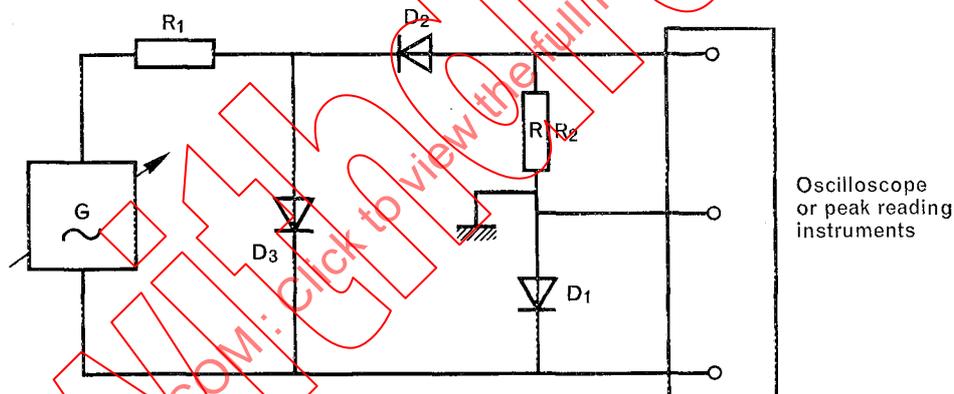


FIGURE 1

0060/73

Circuit description and requirements

D_1 = diode being measured

D_2 and D_3 = diodes to provide negative half-cycles, so that only the reverse characteristic of the rectifier diode is measured

G = alternating voltage source

R_1 = protective resistor

R_2 = calibrated current sensing resistor

Measurement procedure

The repetitive peak reverse voltage across the rectifier diode, measured on the oscilloscope, is adjusted by means of the alternating voltage source. The peak value of the reverse current through the rectifier diode is measured on the oscilloscope connected across R_2 .

On peut utiliser des appareils de mesure de crête au lieu de l'oscilloscope, mais ils doivent être des instruments qui permettent la mesure du courant inverse de pointe lorsque la tension inverse a atteint sa valeur de pointe.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données:

- a) Tension inverse de pointe répétitive.
- b) Fréquence de la source de tension alternative.
- c) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

1.3 *Tension directe*

Ajouter le nouveau paragraphe suivant :

1.3.3 *Méthode en impulsions*

But

Mesurer la tension directe d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées, en utilisant une méthode en impulsions.

Schéma

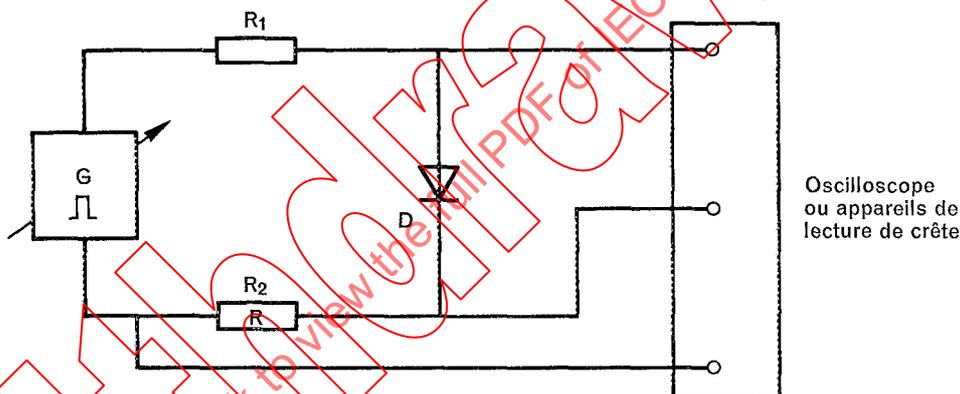


FIGURE 2

0061/73

Description et exigences du circuit

D = diode à mesurer

G = générateur d'impulsions

R₁ = résistance de protection

R₂ = résistance étalonée qui permet de déterminer le courant

La largeur de l'impulsion et la vitesse de répétition du générateur d'impulsions doivent être telles que l'élévation de température interne soit négligeable pendant la mesure.

Les conditions ci-dessus sont, en général, réalisées pour des largeurs d'impulsions de 100 μ s à 500 μ s. Pour les diodes de forte puissance, il peut être préférable d'utiliser des impulsions sinusoïdales de durée jusqu'à 1 ms pour que l'équilibre des porteurs de charges soit atteint.

Exécution

La tension délivrée par le générateur d'impulsions est initialement nulle.

On règle la température à la valeur spécifiée.

Peak reading instruments may be used instead of the oscilloscope, but they must be instruments that allow measurement of the peak reverse current at the time the reverse voltage reaches its peak value.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Repetitive peak reverse voltage.
- b) Frequency of alternating voltage source.
- c) Ambient, case or reference point temperature.

1.3 *Forward voltage*

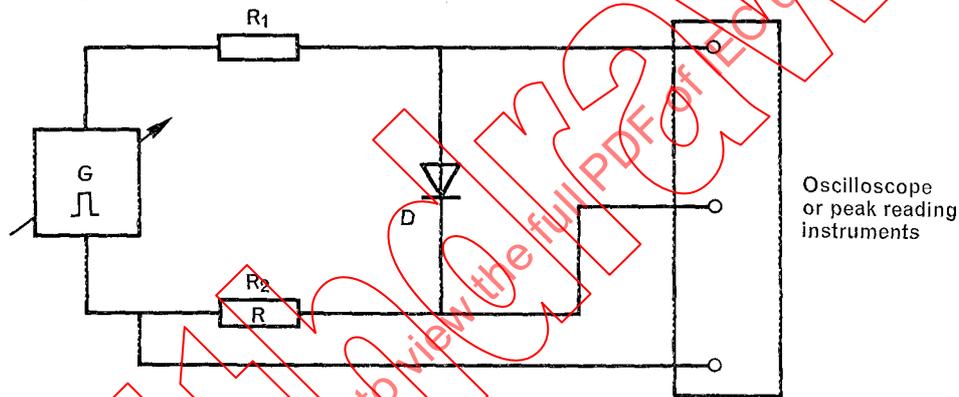
Add the following new Sub-clause:

1.3.3 *Pulse method*

Purpose

To measure the forward voltage of a rectifier diode under specified conditions, using a pulse method.

Circuit diagram



0061/73

FIGURE 2

Circuit description and requirements

- D = diode being measured
- G = pulse generator
- R₁ = protective resistor
- R₂ = calibrated current sensing resistor

The pulse width and the repetition rate of the pulse generator should be such that negligible internal heating occurs during the measurement.

The above conditions are usually met with pulse widths of 100 μ s to 500 μ s. For high power diodes, sinusoidal pulses with base widths up to 1 ms may be preferable to establish carrier equilibrium.

Measurement procedure

The pulse generator voltage is set initially to zero.

Temperature conditions are set to the specified value.

On ajuste le courant direct à la valeur spécifiée en augmentant la tension du générateur d'impulsions; on mesure alors la tension directe sur l'oscilloscope.

On peut utiliser des appareils de mesure de crête au lieu de l'oscilloscope, mais ils doivent être des instruments qui permettent la mesure de la tension directe de pointe lorsque le courant direct a atteint sa valeur de pointe.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données:

- a) Courant direct de pointe.
- b) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

Page 12

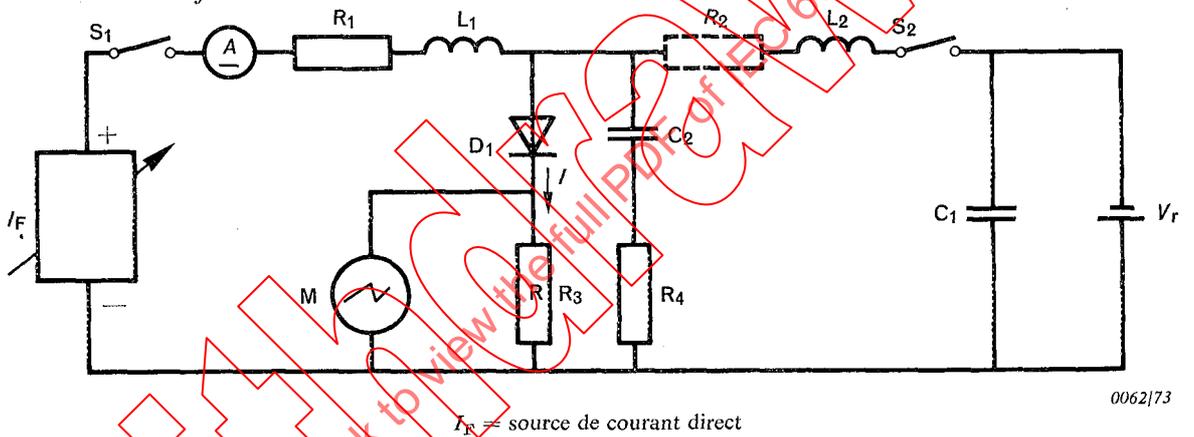
Ajouter le nouveau paragraphe suivant :

1.6 Charge recouvrée (par mesure du courant de recouvrement inverse)

But

Mesurer la charge recouvrée d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées.

Schéma et forme d'onde



I_F = source de courant direct

FIG. 3. — Schéma.

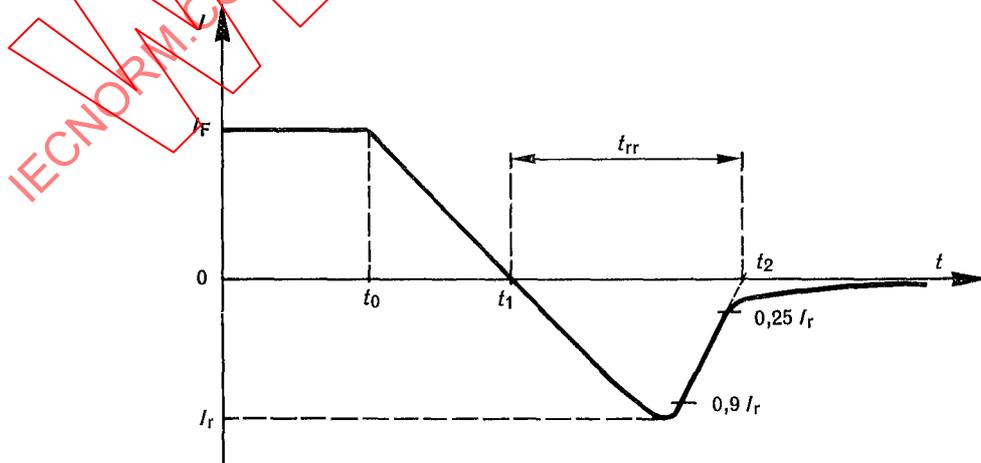


FIG. 4. — Forme d'onde du courant traversant la diode.

The specified forward current is then set by increasing the voltage of the pulse generator; the forward voltage is measured on the oscilloscope.

Peak reading instruments may be used instead of the oscilloscope, but they must be instruments that allow measurement of the peak forward voltage at the time the forward current reaches its peak value.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Peak forward current.
- b) Ambient, case or reference point temperature.

Page 13

Add the following new Sub-clause :

1.6 Recovered charge (by measurement of reverse recovery current)

Purpose

To measure the recovered charge of a rectifier diode under specified conditions.

Circuit diagram and test waveform

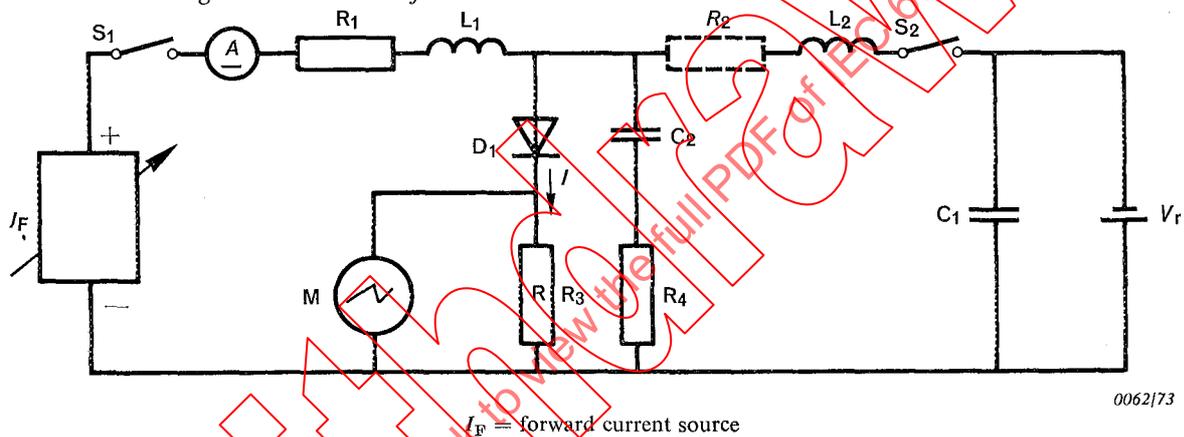


FIG. 3. — Circuit diagram.

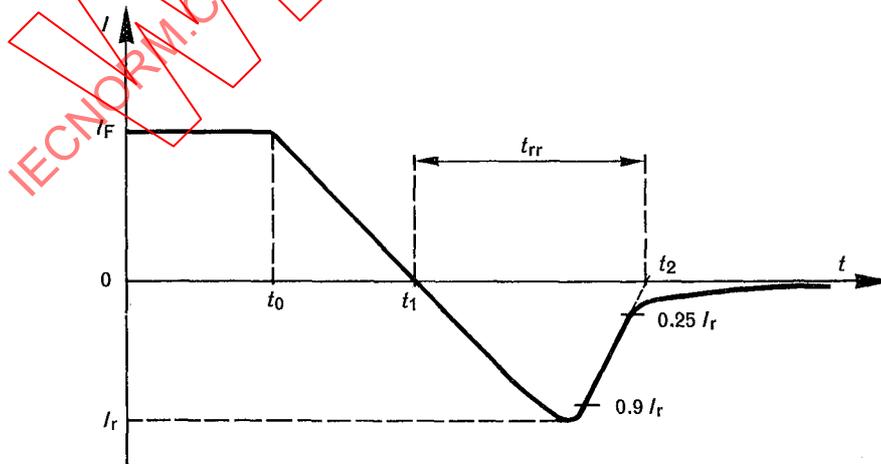


FIG. 4. — Current waveform through the diode.

Description et exigences du circuit

- A = ampèremètre à cadre mobile
 C_1 = condensateur qui fournit le courant de recouvrement inverse de la diode D_1
 C_2 = condensateur qui élimine la haute tension inverse induite
 D_1 = diode à mesurer
 L_1 = inductance qui bloque la tension inverse (la valeur de L_1/R_1 est choisie de façon à être très supérieure au temps t_{rr})
 L_2 = inductance qui permet d'ajuster la vitesse de croissance du courant inverse
 M = instrument de mesure (par exemple un oscilloscope)
 R_1 = résistance qui limite le courant direct
 R_2 = résistance de l'inductance L_2
 R_3 = résistance étalonnée non inductive qui permet de déterminer le courant
 R_4 = résistance qui élimine la haute tension inverse induite
 S_1 et S_2 = interrupteurs électromécaniques ou électroniques

Notes 1. — On doit veiller à ce que le temps de conduction soit suffisamment court pour donner une variation négligeable de la température virtuelle de jonction, mais suffisamment long pour que l'équilibre des porteurs de charge soit réalisé.

2. — La résistance globale du circuit de la source de la tension inverse doit être suffisamment faible pour garder à la forme d'onde du courant de recouvrement inverse I_r une allure sensiblement triangulaire.

3. — Les valeurs de R_4 et de C_2 seront choisies de façon à ce qu'elles n'aient pas d'influence sur la forme d'onde du courant de recouvrement inverse.

Exécution

On ferme S_1 et la source de courant direct est ajustée pour donner la valeur spécifiée du courant direct I_F dans la diode à mesurer.

On ferme S_2 et le courant dans la diode s'inverse grâce à une tension inverse qui est appliquée extérieurement. La vitesse de changement du courant est ajustée à la valeur spécifiée grâce à la tension inverse, associée au condensateur C_1 et à l'inductance L_2 .

On définit la charge recouvrée Q_r comme suit :

$$Q_r = 0,5 I_r \cdot t_{rr}$$

où I_r est la valeur de pointe du courant de recouvrement inverse et t_{rr} est l'intervalle de temps entre t_1 et t_2 ; t_1 est l'instant où I_r passe par la valeur zéro et t_2 est l'instant déterminé par l'intersection, avec l'axe de temps, de la droite reliant les points $0,9 I_r$ et $0,25 I_r$ * (voir figure 4, page 12).

* Une valeur de référence différente peut être choisie pour un type particulier de diode.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données :

- a) Courant direct I_F qui précède la commutation (au temps $t = t_0$).
- b) Tension inverse.
- c) Vitesse de variation du courant: di_r/dt .
- d) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

Page 20

Ajouter les nouveaux articles suivants :

5. Vérification de valeurs limites

5.1 Courant direct non répétitif de surcharge accidentelle

But

Vérifier la valeur limite du courant direct (non répétitif) de surcharge accidentelle d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées.

Circuit description and requirements

- A = moving coil ammeter
 C_1 = capacitor supplying the reverse recovery current of diode D_1
 C_2 = capacitor suppressing the high induced reverse voltage
 D_1 = diode being measured
 L_1 = inductor to block the reverse voltage (the value of L_1/R_1 is selected to be much greater than the time t_{rr})
 L_2 = inductor adjusting the rate of rise of the reverse current
 M = measuring instrument (e.g. an oscilloscope)
 R_1 = forward current limiting resistor
 R_2 = resistance of inductor L_2
 R_3 = calibrated, non-inductive current sensing resistor
 R_4 = resistor suppressing the high induced reverse voltage
 S_1 and S_2 = electromechanical or electronic switches

Notes 1. — Care must be taken that conduction time will be short enough to give negligible change of virtual junction temperature, but long enough to establish carrier equilibrium.

2. — The total resistance of the reverse voltage source circuit should be sufficiently small to preserve an essentially triangular waveform of the reverse recovery current I_r .
3. — The values of R_4 and C_2 should be chosen so that they have no influence on the reverse recovery current waveform.

Measurement procedure

S_1 is closed and the forward current source is adjusted to give the specified value of the forward current I_F through the diode being measured.

S_2 is closed and the diode current is reversed by means of an externally applied reverse voltage. The rate of change of current is adjusted to the specified value by means of the reverse voltage in association with capacitor C_1 and inductor L_2 .

The recovered charge Q_r is defined as:

$$Q_r = 0.5 I_r \cdot t_{rr}$$

where I_r is the peak value of the reverse recovery current and t_{rr} is the time interval between t_1 and t_2 ; t_1 is the instant when I_r passes through zero and t_2 is the instant determined by the intersection of the straight line connecting $0.9 I_r$ and $0.25 I_r$ * with the time axis (see Figure 4, page 13).

* A different reference value may be chosen for a particular type of diode.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Forward current I_F immediately before switching (at time $t = t_0$).
b) Reverse voltage.
c) Rate of change of current: di_r/dt .
d) Ambient, case or reference point temperature.

Page 21

Add the following new Clauses:

5. Verification of ratings (limiting values)

5.1 Surge (non-repetitive) forward current

Purpose

To verify the surge (non-repetitive) forward current rating of a rectifier diode, under specified conditions.

Schéma

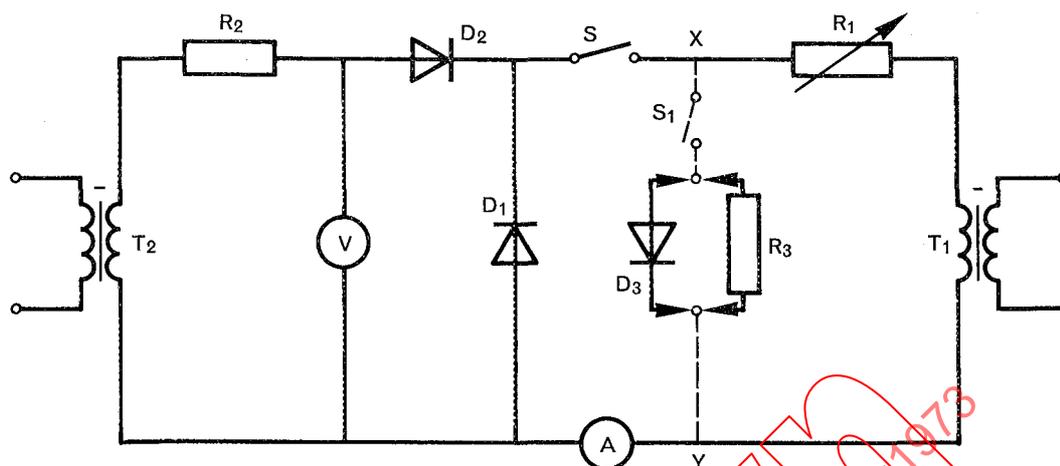


FIGURE 5

0064/73

Description et exigences du circuit

- A = instrument de lecture de crête (par exemple ampèremètre ou oscilloscope)
- D₁ = diode en essai
- D₂ = diode qui bloque la tension directe délivrée par le transformateur T₂
- R₁ = résistance permettant de régler le courant de surcharge accidentelle ; sa valeur doit être grande vis-à-vis de celle de la résistance directe de la diode D₃ lorsqu'elle est présente (voir note ci-dessous)
- R₂ = résistance de protection ; sa valeur doit être aussi faible que possible
- S = interrupteur électromécanique ou électronique ayant un angle de conduction d'environ 180° pendant la demi-période directe (de surcharge accidentelle)
- T₁ = transformateur basse tension pouvant délivrer un courant élevé, fournissant à travers S la demi-période directe (de surcharge accidentelle). La forme d'onde du courant doit être sensiblement demi-sinusoïdale d'une durée voisine de 10 ms (ou 8,3 ms), avec une vitesse de répétition d'environ 50 (ou 60) impulsions par seconde
- T₂ = transformateur haute tension, à faible débit, fournissant à travers la diode D₂ la demi-période inverse ; s'il est alimenté par une source séparée, la phase de celle-ci doit être la même que celle de la source qui alimente T₁. La forme d'onde de la tension doit être sensiblement demi-sinusoïdale
- V = appareil de lecture de crête (par exemple voltmètre ou oscilloscope)

Note. — S'il y a lieu, on peut insérer entre les points X et Y soit une diode D₃ en série avec un interrupteur S₁, soit une résistance R₃ en série avec un interrupteur S₁.

Ces circuits ne sont pas obligatoires.

D₃ est une diode d'équilibrage du courant ayant sensiblement la même résistance directe que la diode en essai.

Si l'on utilise une résistance R₃, elle doit avoir la même résistance que la résistance directe de la diode en essai.

S₁ est un interrupteur électromécanique ou électronique, ayant un angle de conduction d'environ 180° pendant la demi-période inverse du transformateur T₁.

Exécution

Mettre à zéro les sources de tension et de courant.

Placer la diode de redressement dans le support d'essai selon l'indication de sa polarité ; vérifier les conditions de température.

Circuit diagram

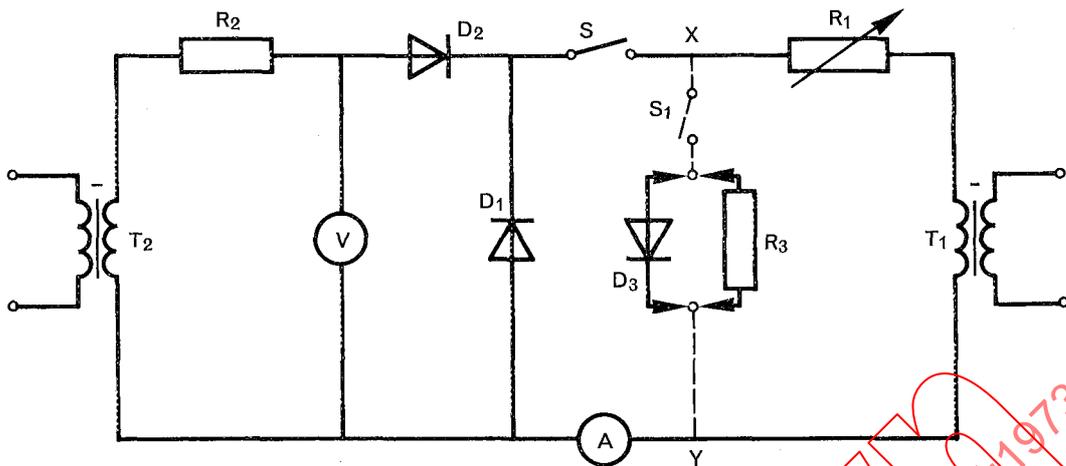


FIGURE 5

0064153

Circuit description and requirements

- A = peak reading instrument (e.g. ammeter or oscilloscope)
- D₁ = diode under test
- D₂ = diode to block the forward voltage supplied by transformer T₂
- R₁ = surge current setting resistor which should be large compared with the forward resistance of diode D₃, when present (see note below)
- R₂ = protective resistor which should be as small as practicable
- S = electromechanical or electronic switch with a conduction angle of approximately 180° during the forward (surge) half-cycle
- T₁ = high current low voltage transformer supplying through S the forward (surge) half-cycle. The current waveshape should be essentially a half-sine wave of approximately 10 ms (or 8.3 ms) duration, with a repetition rate of approximately 50 (or 60) pulses per second
- T₂ = low current high voltage transformer supplying through diode D₂ the reverse half-cycle; if fed from a separate source, its phase must be the same as that feeding T₁. The voltage shape should be essentially a half-sine wave
- V = peak reading instrument (e.g. voltmeter or oscilloscope)

Note. — If desirable, either a diode D₃ in series with a switch S₁ or a resistor R₃ in series with a switch S₁, may be inserted between points X and Y.

These circuits are not mandatory.

D₃ is a current balancing diode having approximately the same forward resistance as the diode under test.

If a resistor R₃ is used, it should have the same resistance as the forward resistance of the diode under test.

S₁ is an electromechanical or electronic switch with a conduction angle of approximately 180°, during the reverse half-cycle of transformer T₁.

Test procedure

The voltage and current sources are set to zero.

The rectifier diode is inserted into the test socket in accordance with its polarity marking, and the temperature conditions are checked.

Régler la tension inverse de pointe, mesurée par l'appareil de lecture de crête V, à la valeur spécifiée.

Donner au courant direct de surcharge accidentelle, mesuré par l'appareil de lecture de crête A, la valeur spécifiée en agissant sur R_1 .

Appliquer à la diode de redressement en essai le nombre spécifié de fois le courant direct de surcharge accidentelle.

Les mesures qui suivent l'épreuve indiquent si la diode de redressement a pu supporter la valeur limite du courant direct de surcharge accidentelle.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données:

- Tension inverse de pointe.
- Courant direct (non répétitif) de surcharge accidentelle.
- Impédance maximale de la source de tension inverse.
- Nombre de cycles par surcharge, nombre de surcharges accidentelles et vitesse de répétition.
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence.
- Limites entre lesquelles doivent se trouver les caractéristiques mesurées après l'essai.

5.2 Tension inverse de pointe non répétitive (V_{RSM})

But

Vérifier la valeur limite de la tension inverse de pointe non répétitive d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées.

Schéma

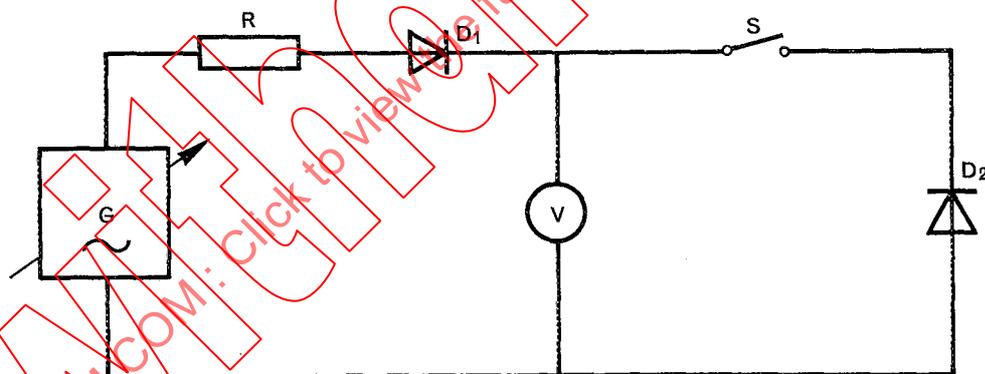


FIGURE 6

0065/73

Description et exigences du circuit

D_1 = diode fournissant des demi-alternances négatives de sorte que l'on mesure seulement la caractéristique inverse de la diode en essai

D_2 = diode en essai

G = source de tension alternative

S = interrupteur électromécanique ou électronique (ayant un angle de conduction d'environ 180°) qui permet d'appliquer la tension du générateur à la diode de redressement en essai pendant la demi-période inverse

V = appareil de mesure de crête

The peak reverse voltage, measured on peak reading instrument V , is adjusted to the specified value.

The surge forward current, measured on peak reading instrument A , is set to the specified value by adjustment of R_1 .

The surge forward current is applied as many times as specified to the rectifier diode under test.

Proof of the ability of the rectifier diode to withstand the surge forward current rating is obtained from the post-test measurements.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Peak reverse voltage.
- b) Surge (non-repetitive) forward current.
- c) Maximum impedance of the reverse voltage source.
- d) Number of cycles per surge, number of surges and repetition rate.
- e) Ambient, case or reference point temperature.
- f) Post-test measurement limits.

5.2 *Non-repetitive peak reverse voltage (V_{RSM})*

Purpose

To verify the non-repetitive peak reverse voltage rating of a rectifier diode, under specified conditions.

Circuit diagram

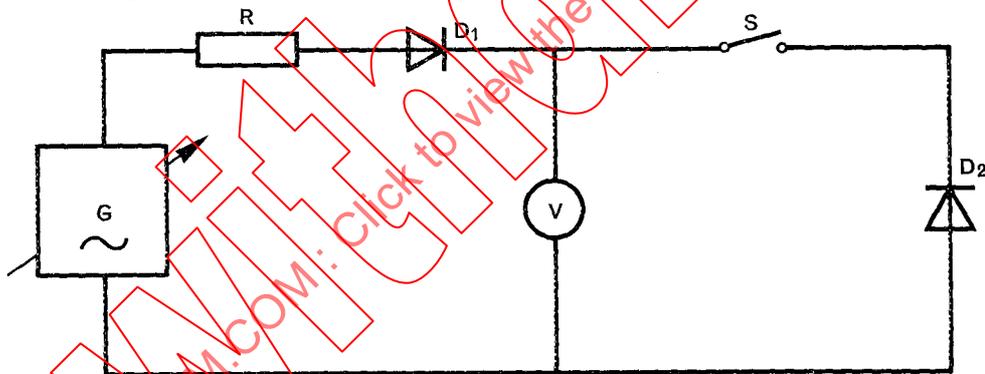


FIGURE 6

0065173

Circuit description and requirements

D_1 = diode to provide negative half-cycles, so that only the reverse characteristic of the diode under test is measured

D_2 = diode under test

G = alternating voltage source

S = electromechanical or electronic switch (with a conduction angle of approximately 180°) which applies the source voltage to the rectifier diode under test for one half-cycle in the reverse direction

V = peak reading instrument

Exécution

La polarisation étant nulle, on place la diode de redressement à mesurer dans le support de mesure.

On ouvre l'interrupteur S et on augmente la tension alternative de la source jusqu'à ce qu'on atteigne la valeur spécifiée de la tension inverse de pointe non répétitive.

On vérifie les conditions de température spécifiées.

On applique la tension inverse de pointe non répétitive spécifiée en fermant l'interrupteur S pendant environ 180°.

Les mesures qui suivent l'épreuve indiquent si la diode de redressement a pu supporter la valeur limite de la tension inverse de pointe non répétitive.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- a) Tension inverse de pointe non répétitive.
- b) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.
- c) Durée de l'impulsion demi-sinusoïdale.
- d) Nombre d'impulsions et vitesse de répétition.

Note. — La vitesse de répétition doit être telle que l'effet thermique d'une impulsion ait complètement disparu avant l'arrivée de l'impulsion suivante.

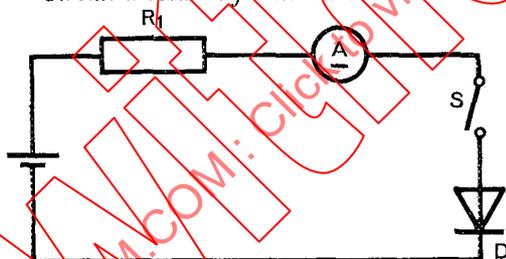
- e) Limites entre lesquelles doivent se trouver les caractéristiques mesurées après l'essai.

6. **Essai de charge thermique cyclique**

But

S'assurer par un essai d'endurance qu'un certain type de diodes est capable de supporter des fluctuations de la température de jonction.

Circuit d'essai et forme d'onde



0066/73

D = diode en essai

FIGURE 7

Exécution

La diode doit être chauffée à l'aide d'un courant dont la valeur est, de préférence, sensiblement égale à la valeur maximale du courant direct limite moyen, jusqu'à ce que l'on atteigne une température de jonction comprise entre la température maximale virtuelle de jonction $t_{(v)max}$ et $t_{(v)max} - 20^\circ\text{C}$.

Note. — Lorsque les dispositifs sont essayés en série, la température peut être comprise entre $t_{(v)max}$ et $t_{(v)max} - 30^\circ\text{C}$.

Test procedure

With bias conditions set to zero, the rectifier diode under test is inserted into the test socket.

Switch S is opened and the a.c. source voltage is increased to the specified value of non-repetitive peak reverse voltage.

The specified temperature conditions are checked.

The specified non-repetitive peak reverse voltage is applied by closing switch S for approximately 180°.

Proof of the ability of the diode to withstand the non-repetitive peak reverse voltage rating is obtained from the post-test measurements.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Non-repetitive peak reverse voltage.
- b) Ambient, case or reference point temperature.
- c) Duration of the half-cycle pulse.
- d) Number of pulses and repetition rate.

Note. — The repetition rate should be such that the thermal effect of one pulse will have completely disappeared before the next pulse arrives.

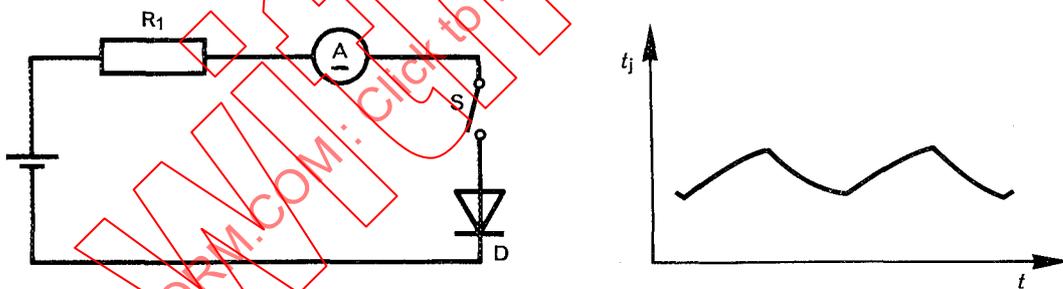
- e) Post-test measurement limits.

6. **Thermal cycling load test**

Purpose

To confirm by an endurance test that a certain diode type is capable of withstanding fluctuations in junction temperature.

Test circuit and test waveform



D = diode under test

0066/73

FIGURE 7

Test procedure

The diode shall be heated by a specified current, preferably nearly equal to the maximum rated mean forward current, until a junction temperature between the maximum rated virtual junction temperature $t_{(vj)max}$ and $t_{(vj)max} - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ has been reached.

Note. — When devices are tested in series, the temperature may be between $t_{(vj)max}$ and $t_{(vj)max} - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

L'interrupteur S_1 est alors ouvert et la diode se refroidit jusqu'à ce que la température de jonction virtuelle ne dépasse pas $40\text{ }^\circ\text{C}$.

Le temps de chauffage ne doit pas dépasser 6 min et le temps de refroidissement ne doit pas dépasser 8 min.

L'essai doit être réalisé pour un nombre spécifié de cycles.

Les paramètres qui peuvent être affectés par l'essai doivent être mesurés avant et après l'essai.

CHAPITRE III: THYRISTORS

SECTION UN — THYRISTORS TRIODES BLOQUÉS EN INVERSE

1. Caractéristiques électriques

1.2 Tension à l'état passant

Ajouter les nouveaux paragraphes suivants :

1.2.3 Méthode en impulsions

But

Mesurer la tension à l'état passant d'un thyristor dans des conditions spécifiées en utilisant une méthode en impulsions.

Schéma

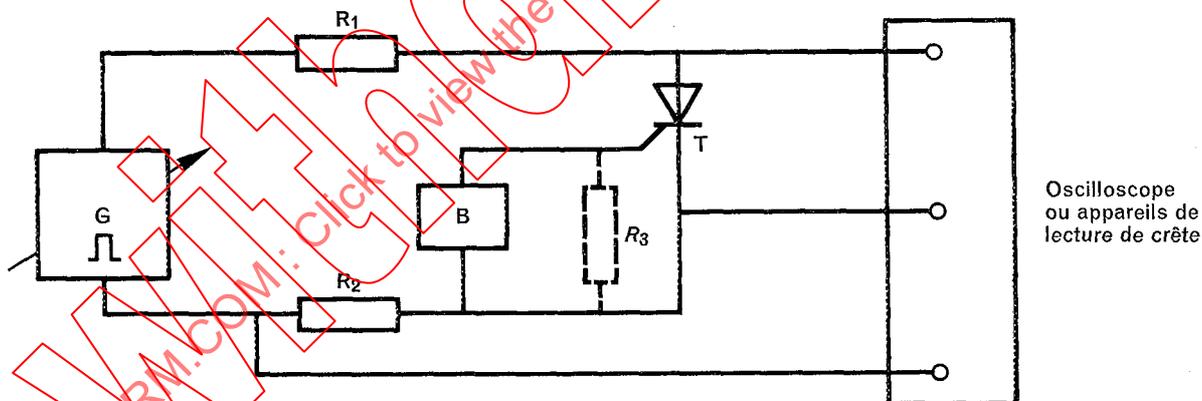


FIGURE 8

0067/73

Description et exigences du circuit

B = source de déclenchement par la gâchette

G = générateur d'impulsions

R_1 = résistance de protection

R_2 = résistance étalonée non inductive qui permet de déterminer le courant

T = thyristor à mesurer

La largeur de l'impulsion et la vitesse de répétition du générateur d'impulsions doivent être telles que l'élévation de température interne soit négligeable pendant la mesure.

Switch S_1 is then opened, and the diode is cooled to a virtual junction temperature not greater than 40°C .

The heating time shall not exceed 6 min and the cooling time shall not exceed 8 min.

The test shall be performed for a specified number of cycles.

The parameters that may be affected by the test shall be measured before and after the test.

CHAPTER III: THYRISTORS

SECTION ONE — REVERSE BLOCKING TRIODE THYRISTORS

1. Electrical characteristics

1.2 On-state voltage

Add the following new Sub-clauses :

1.2.3 Pulse method

Purpose

To measure the on-state voltage of a thyristor under specified conditions, using a pulse method.

Circuit diagram

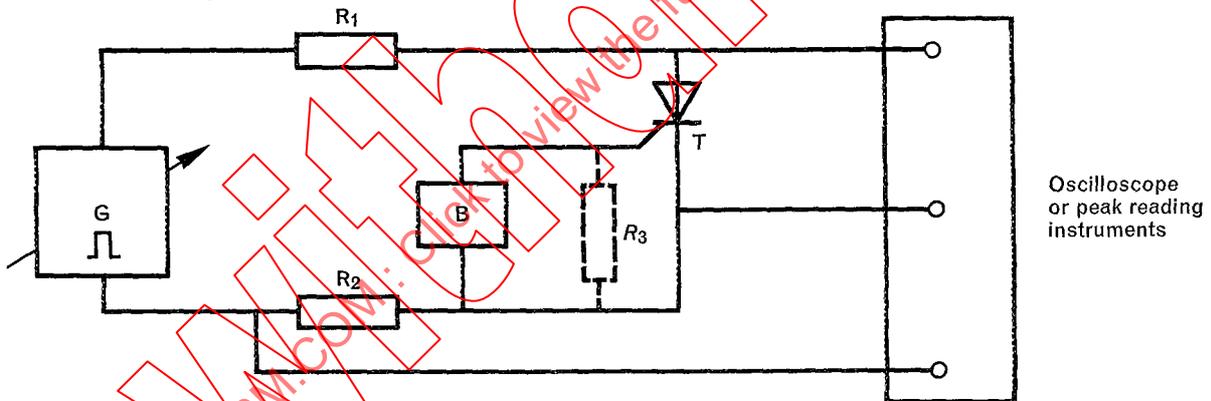


FIGURE 8

0067/73

Circuit description and requirements

- B = gate triggering source
- G = pulse generator
- R_1 = protective resistor
- R_2 = calibrated non-inductive current sensing resistor
- T = thyristor being measured

The pulse width and repetition rate of the pulse generator should be such that negligible internal heating occurs during the measurement.

La durée de l'impulsion doit être telle que le dispositif soit complètement amorcé. Les conditions ci-dessus sont en général réalisées pour des largeurs d'impulsions de 100 μ s à 500 μ s. Pour les thyristors de forte puissance, il peut être préférable d'utiliser des impulsions sinusoïdales de durée jusqu'à 1 ms par suite des limitations imposées à di/dt .

On peut utiliser des appareils de mesure de crête au lieu de l'oscilloscope, mais ils doivent être des instruments qui permettent de mesurer la tension à l'état passant lorsque le thyristor est complètement amorcé.

Précautions à prendre

On doit veiller à ne pas dépasser la valeur limite de di/dt du thyristor à mesurer.

Exécution

La tension délivrée par le générateur d'impulsions et la tension de déclenchement par la gâchette sont initialement nulles.

On règle la température à la valeur spécifiée et on effectue les réglages nécessaires pour réaliser les conditions de polarisation.

On ajuste le courant à l'état passant à sa valeur spécifiée en augmentant la tension du générateur d'impulsions; on mesure alors la tension à l'état passant sur l'oscilloscope.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données:

- a) Courant de pointe à l'état passant.
- b) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.
- c) Conditions de polarisation du circuit de déclenchement par la gâchette, y compris R_3 si nécessaire.

1.3 Courant à l'état bloqué

Ajouter les nouveaux paragraphes suivants:

1.3.3 Courant de pointe à l'état bloqué

But

Mesurer le courant de pointe à l'état bloqué d'un thyristor pour une valeur spécifiée de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué dans des conditions spécifiées.

Schéma

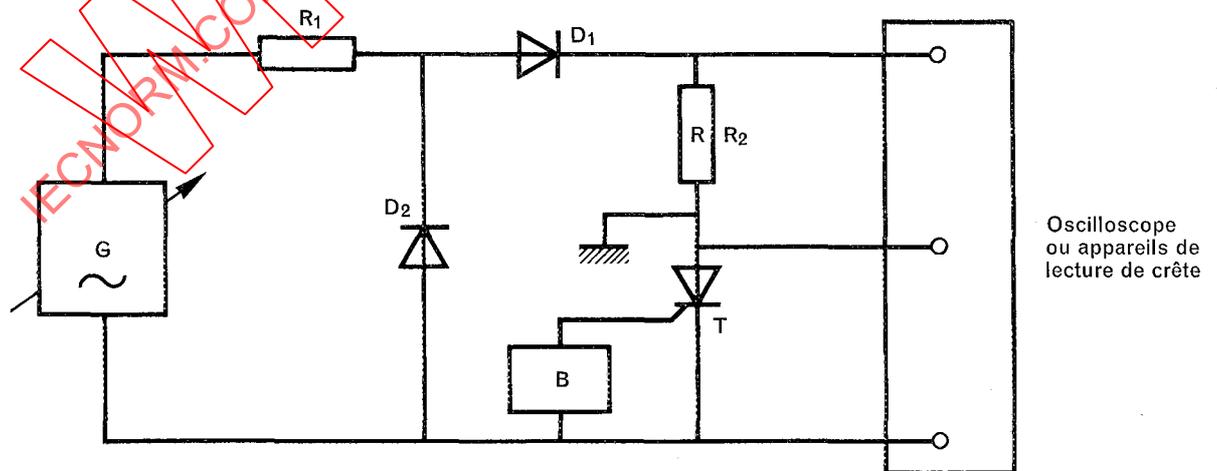


FIGURE 9

The duration of the pulse should be such that the device is fully turned-on.

The above conditions are usually met with pulse widths of 100 μ s to 500 μ s.

For high power thyristors, sinusoidal pulses with base widths to 1 ms may be preferable to avoid exceeding the di/dt rating.

Peak reading instruments may be used instead of the oscilloscope, but they must be instruments that allow measurement of the on-state voltage at the time the thyristor is fully turned-on.

Precautions to be observed

Care should be taken not to exceed the rated di/dt of the thyristor being measured.

Measurement procedure

The pulse generator and gate triggering voltages are initially set to zero.

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

The specified on-state current is then set by increasing the voltage of the pulse generator; the on-state voltage is measured on the oscilloscope.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Peak on-state current.
- b) Ambient, case or reference point temperature.
- c) Gate triggering circuit bias conditions, including R_3 as necessary.

1.3 *Off-state current*

Add the following new Sub-clauses:

1.3.3 *Peak off-state current*

Purpose

To measure the peak off-state current of a thyristor at a specified value of repetitive peak off-state voltage under specified conditions.

Circuit diagram

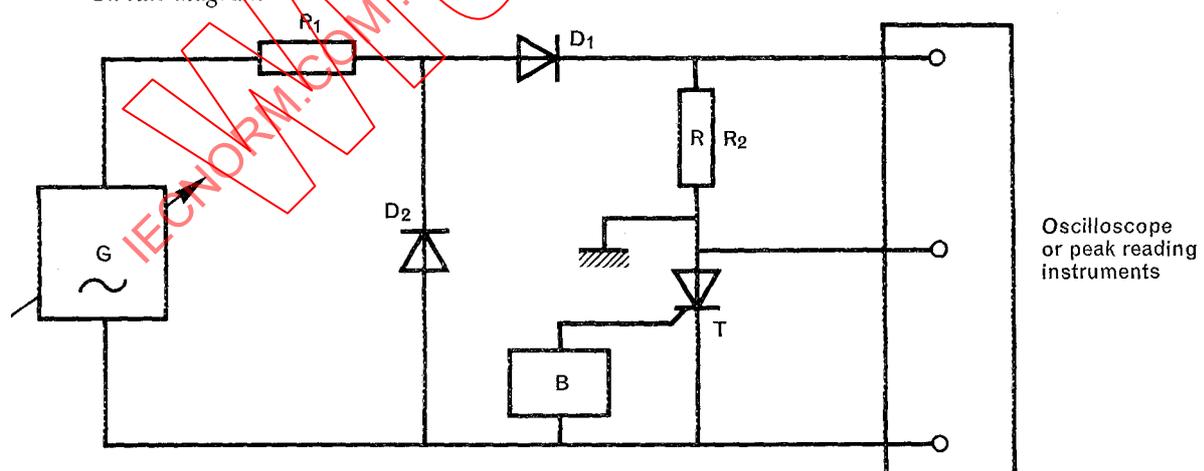


FIGURE 9

Description et exigences du circuit

- B = circuit de gâchette
- D₁ et D₂ = diodes fournissant des demi-alternances positives de sorte que l'on mesure seulement la caractéristique à l'état bloqué du thyristor
- G = source de tension alternative
- R₁ = résistance de protection
- R₂ = résistance étalonée, non inductive, qui permet de déterminer le courant
- T = thyristor à mesurer

Exécution

La tension de pointe répétitive à l'état bloqué aux bornes du thyristor, mesurée sur l'oscilloscope, est ajustée à l'aide de la tension de source alternative. La valeur de crête du courant à l'état bloqué qui traverse le thyristor est alors mesurée sur l'oscilloscope connecté aux bornes de R₂.

On peut utiliser des appareils de mesure de crête au lieu de l'oscilloscope, mais ils doivent être des instruments qui permettent la mesure du courant de pointe à l'état bloqué lorsque la tension répétitive à l'état bloqué atteint sa valeur de pointe.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- a) Tension de pointe répétitive à l'état bloqué.
- b) Fréquence de la source de tension alternative.
- c) Conditions de polarisation de gâchette: tension de source d'alimentation et résistance de source ou résistance gâchette-cathode.
- d) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

1.4 Courant inverse

Remplacer le texte existant par le suivant:

1.4.1 Courant inverse de pointe

But

Mesurer le courant inverse de pointe d'un thyristor pour une valeur spécifiée de la tension inverse de pointe répétitive dans des conditions spécifiées.

Schéma

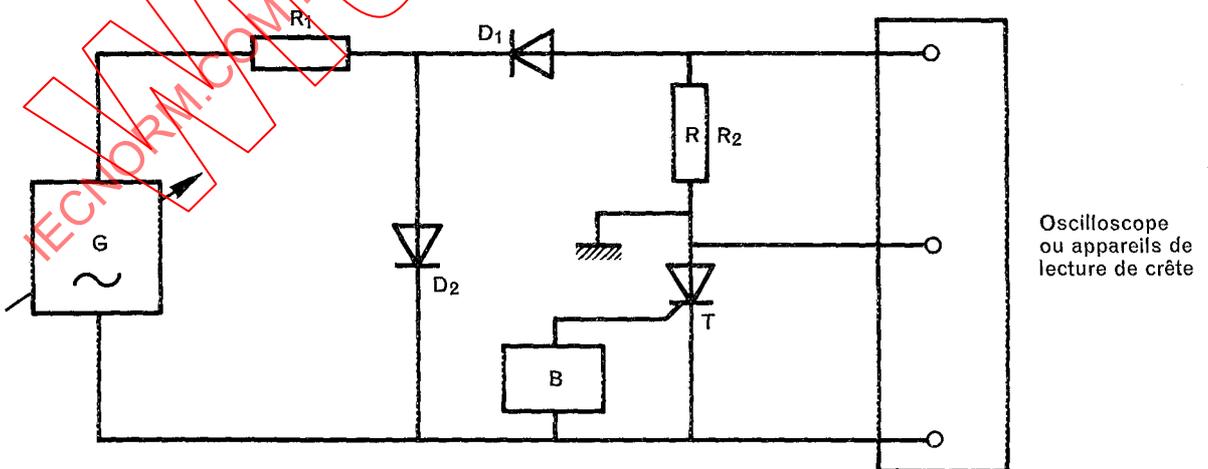


FIGURE 10

Circuit description and requirements

- B = gate circuit
- D₁ and D₂ = diodes to provide positive half-cycles, so that only the off-state characteristic of the thyristor is measured
- G = alternating voltage source
- R₁ = protective resistor
- R₂ = calibrated non-inductive current sensing resistor
- T = thyristor being measured

Measurement procedure

The repetitive peak off-state voltage across the thyristor, measured on the oscilloscope, is adjusted by means of the alternating voltage source. The peak value of the off-state current through the thyristor is then measured on the oscilloscope connected across R₂.

Peak reading instruments may be used instead of the oscilloscope, but they must be instruments that allow measurement of the peak off-state current at the time the repetitive off-state voltage reaches its peak value.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Repetitive peak off-stage voltage.
- b) Frequency of alternating voltage source.
- c) Gate bias conditions: source voltage and source resistance or gate-cathode resistor.
- d) Ambient, case or reference point temperature.

1.4 *Reverse current*

Replace the existing text by the following:

1.4.1 *Peak reverse current*

Purpose

To measure the peak reverse current of a thyristor at a specified value of repetitive peak reverse voltage under specified conditions.

Circuit diagram

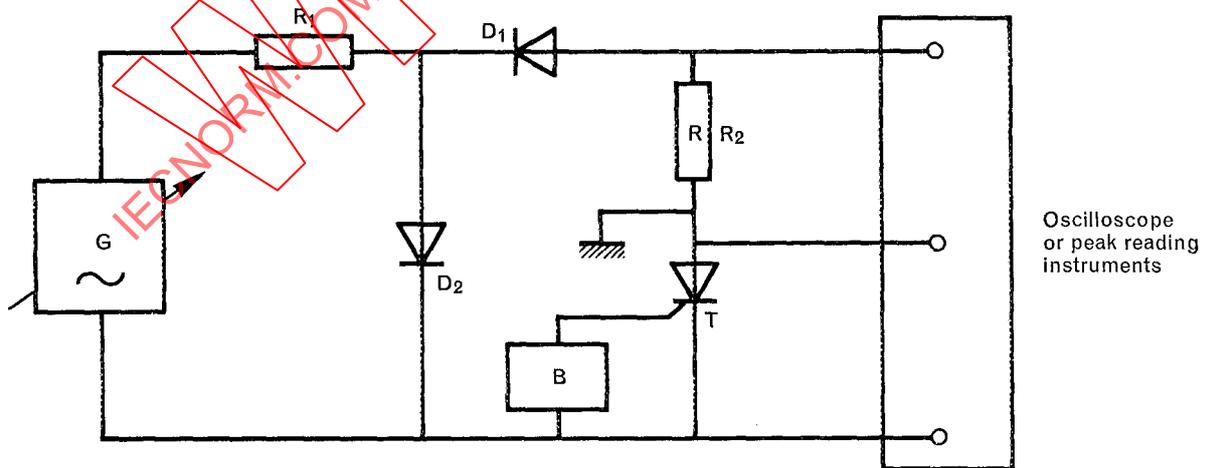


FIGURE 10

Description et exigences du circuit

- B = circuit de gâchette
- D_1 et D_2 = diodes fournissant des demi-alternances négatives de sorte que l'on mesure seulement la caractéristique inverse du thyristor
- G = source de tension alternative
- R_1 = résistance de protection
- R_2 = résistance étalonée qui permet de déterminer le courant
- T = thyristor à mesurer

Exécution

La tension inverse de pointe répétitive aux bornes du thyristor, mesurée sur l'oscilloscope, est ajustée à l'aide de la source de tension alternative. La valeur de crête du courant inverse qui traverse le thyristor est mesurée sur l'oscilloscope connecté aux bornes de R_2 .

On peut utiliser des appareils de mesure de crête au lieu de l'oscilloscope, mais ils doivent être des instruments qui permettent la mesure du courant inverse de pointe lorsque la tension inverse a atteint sa valeur de pointe.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- a) Tension inverse de pointe répétitive.
- b) Fréquence de la source de tension alternative.
- c) Conditions de polarisation de gâchette: tension de source d'alimentation et résistance de source ou résistance gâchette-cathode.
- d) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

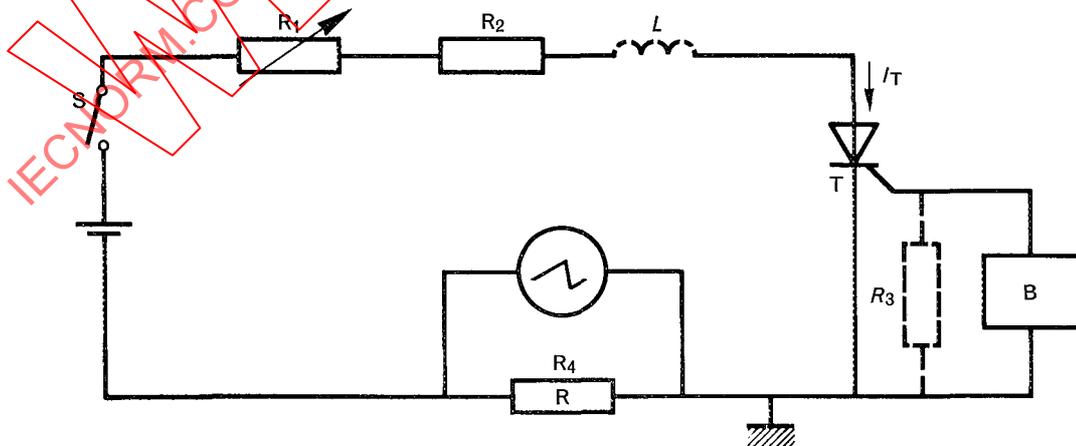
Ajouter les nouveaux paragraphes suivants:

1.11 *Courant d'accrochage*

But

Mesurer le courant d'accrochage d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

Schéma



0070/73

FIGURE 11

Circuit description and requirements

- B = gate circuit
- D_1 and D_2 = diodes to provide negative half-cycles, so that only the reverse characteristic of the thyristor is measured
- G = alternating voltage source
- R_1 = protective resistor
- R_2 = calibrated current sensing resistor
- T = thyristor being measured

Measurement procedure

The repetitive peak reverse voltage across the thyristor, measured on the oscilloscope, is adjusted by means of the alternating voltage source. The peak value of the reverse current through the thyristor is measured on the oscilloscope connected across R_2 .

Peak reading instruments may be used instead of the oscilloscope, but they must be instruments that allow measurement of the peak reverse current at the time the reverse voltage reaches its peak value.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Repetitive peak reverse voltage.
- b) Frequency of alternating voltage source.
- c) Gate bias conditions: source voltage and source resistance or gate-cathode resistor.
- d) Ambient, case or reference point temperature.

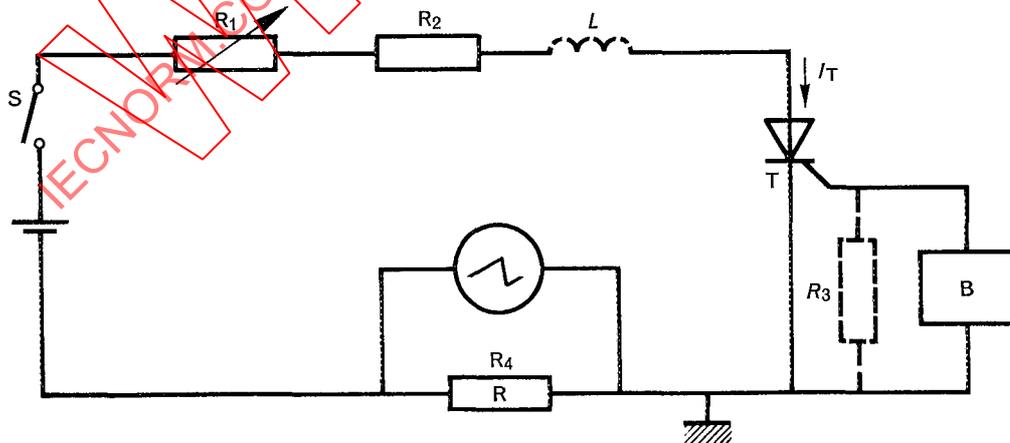
Add the following new Sub-clauses:

1.11 *Latching current*

Purpose

To measure the latching current of a thyristor under specified conditions.

Circuit diagram



0070/73

FIGURE 11

Description et exigences du circuit

B = source de déclenchement et de polarisation de gâchette

R_2 = résistance de protection

R_4 = résistance étalonnée non inductive qui permet de déterminer le courant

L'inductance résiduelle L du circuit comprenant la source de tension continue doit être aussi faible que possible.

Exécution

La résistance R_1 ayant sa valeur maximale, le thyristor ne doit pas conduire de façon continue lorsque l'interrupteur S est fermé.

La valeur de R_1 est réduite peu à peu et le courant principal croît jusqu'à ce qu'il ne décroisse plus à la fin de chacune des impulsions de déclenchement. La valeur du courant principal correspond alors au courant d'accrochage (voir figure 12 ci-dessous).

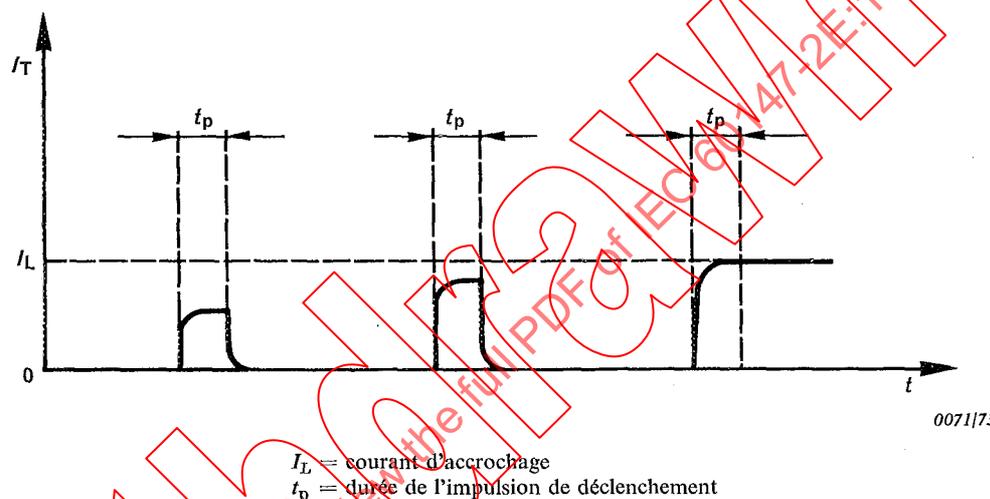


FIGURE 12

On peut répéter la mesure pour obtenir une précision plus grande en manœuvrant l'interrupteur S et en ajustant la valeur de R_1 jusqu'à ce que le point critique où l'on atteint le courant d'accrochage soit déterminé avec précision.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- Tension à l'état bloqué.
- Conditions de polarisation de gâchette: tension, polarité et résistance de l'alimentation de polarisation de gâchette, y compris R_3 si nécessaire.
- Impulsion de déclenchement: temps de croissance, temps de décroissance, largeur de l'impulsion, taux de répétition, amplitude de la tension et résistance du générateur d'impulsions de déclenchement.
- Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

1.12 *Charge recouvrée (par mesure du courant de recouvrement inverse)*

But

Mesurer la charge recouvrée d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

Circuit description and requirements

B = triggering and gate bias source

R_2 = protective resistor

R_4 = rated non-inductive current sensing resistor

The residual inductance L of the circuit including the d.c. voltage source should be as small as possible.

Measurement procedure

With the resistor R_1 at its maximum value, the thyristor should not conduct continuously when switch S is closed.

The value of R_1 is then gradually reduced and the principal current allowed to increase until it does not fall at the end of each triggering pulse. The value of the principal current at this point corresponds to the value of the latching current (see Figure 12 below).

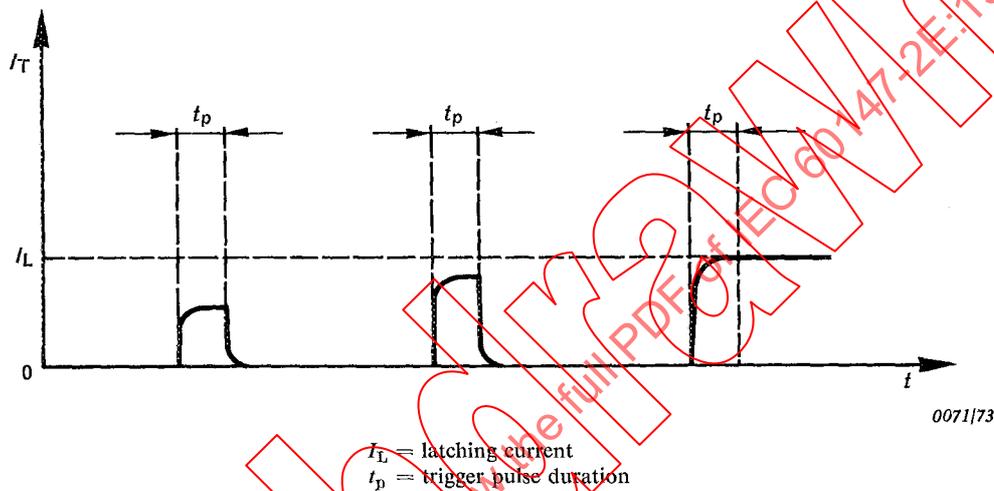


FIGURE 12

The measurement may be repeated to obtain greater accuracy by operating switch S and adjusting the value of R_1 until the critical point when the latching current is reached is determined accurately.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

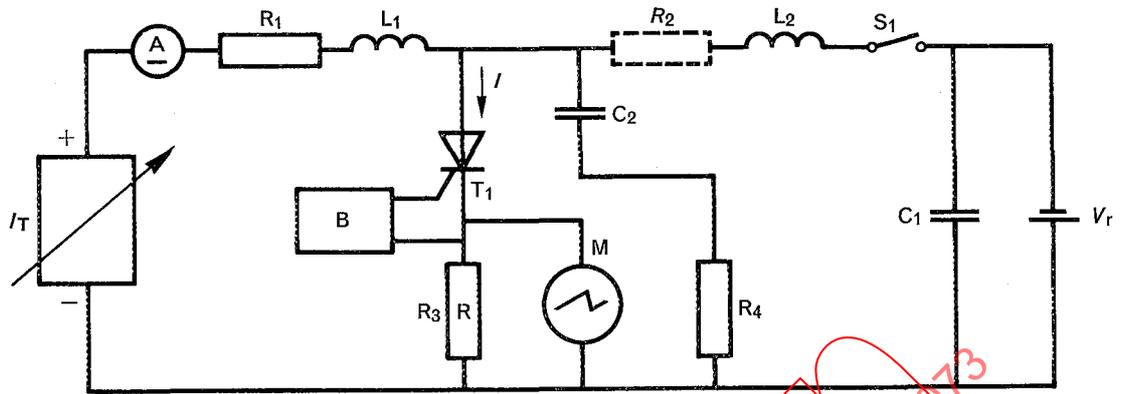
- a) Off-state voltage.
- b) Gate bias conditions: voltage, polarity and resistance of the gate bias supply, including R_3 as necessary.
- c) Triggering pulse: rise time, fall time, pulse width, repetition rate, voltage amplitude and resistance of the trigger pulse generator.
- d) Ambient, case or reference point temperature.

1.12 *Recovered charge (by measurement of reverse recovery current)*

Purpose

To measure the recovered charge of a thyristor under specified conditions.

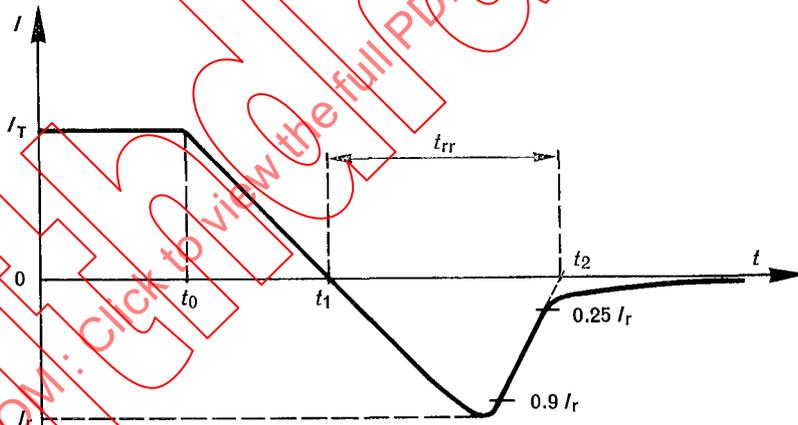
Schéma et forme d'onde



0072/73

I_T = source de courant à l'état passant

FIG. 13. — Schéma.



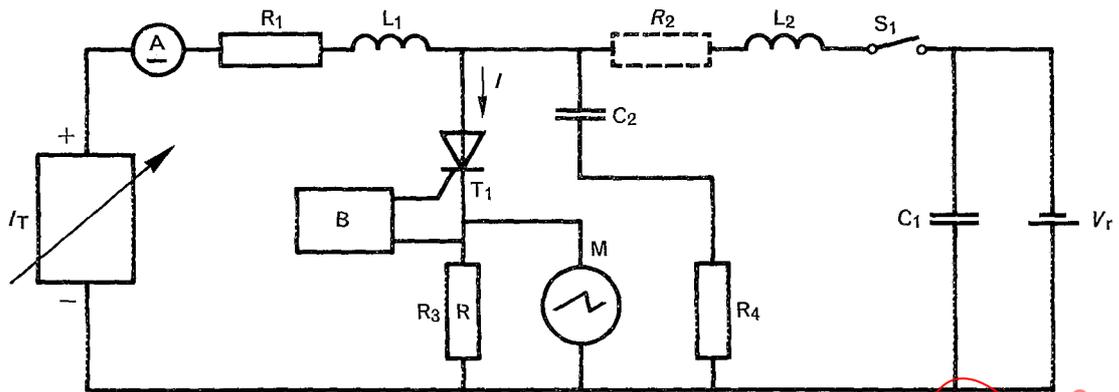
0073/73

FIG. 14. — Forme d'onde du courant traversant le thyristor.

Description et exigences du circuit

- A = ampèremètre à cadre mobile
- B = circuit de polarisation de gâchette
- C_1 = condensateur qui fournit le courant de recouvrement inverse du thyristor T_1
- C_2 = condensateur qui élimine la haute tension inverse induite
- L_1 = inductance qui bloque la tension inverse (la valeur de L_1/R_1 est choisie de façon à être très supérieure au temps t_{rr})
- L_2 = inductance qui permet d'ajuster la vitesse de croissance du courant inverse
- M = instrument de mesure (par exemple un oscilloscope)
- R_1 = résistance qui limite le courant à l'état passant
- R_2 = résistance de l'inductance L_2

Circuit diagram and test waveform



I_T = on-state current source

FIG. 13. — Circuit diagram.

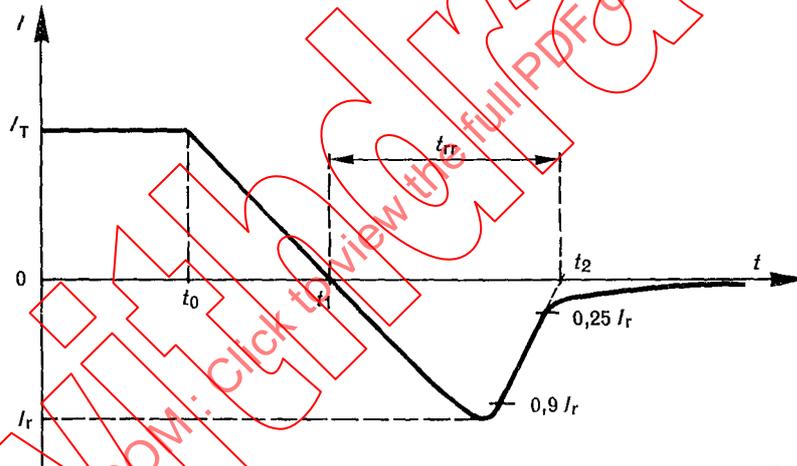


FIG. 14. — Current waveform through the thyristor.

Circuit description and requirements

- A = moving coil ammeter
- B = gate bias circuit
- C_1 = capacitor supplying the reverse recovery current of thyristor T_1
- C_2 = capacitor suppressing the high induced reverse voltage
- L_1 = inductor to block the reverse voltage (the value of L_1/R_1 is selected to be much greater than the time t_{rr})
- L_2 = inductor adjusting the rate of rise of reverse current
- M = measuring instrument (e.g. oscilloscope)
- R_1 = on-state current limiting resistor
- R_2 = resistance of inductor L_2

- R_3 = résistance étalonée non inductive qui permet de déterminer le courant
 R_4 = résistance qui élimine la haute tension inverse induite
 S_1 = interrupteur électromécanique ou électronique
 T_1 = thyristor à mesurer

Notes 1. — On doit veiller à ce que le temps de conduction soit suffisamment court pour donner une variation négligeable de la température virtuelle de jonction, mais suffisamment long pour que l'équilibre des porteurs de charge soit réalisé.

2. — La résistance globale du circuit de source de la tension inverse doit être suffisamment faible pour garder à la forme d'onde du courant de recouvrement inverse I_r une allure sensiblement triangulaire.
3. — Les valeurs de R_4 et de C_2 seront choisies de façon à ce qu'elles n'aient pas d'influence sur la forme d'onde du courant de recouvrement inverse.

Exécution

On amorce le thyristor à mesurer par la gâchette et la source de courant est ajustée pour donner la valeur spécifiée du courant à l'état passant I_T dans le thyristor.

On ferme S_1 et le courant dans le thyristor s'inverse grâce à une tension inverse appliquée extérieurement. La vitesse de changement du courant est ajustée à la valeur spécifiée grâce à la tension inverse associée au condensateur C_1 et à l'inductance L_2 .

On définit la charge recouvrée Q_r comme suit:

$$Q_r = 0,5 I_r t_{rr}$$

où I_r est la valeur de pointe du courant de recouvrement inverse et t_{rr} est l'intervalle de temps entre t_1 et t_2 ; t_1 est l'instant où I_r passe par la valeur zéro et t_2 est l'instant déterminé par l'intersection, avec l'axe des temps, de la droite reliant les points $0,9 I_r$ et $0,25 I_r$ * (voir figure 14, page 32).

* Une valeur de référence différente peut être choisie pour un type particulier de thyristor.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- a) Courant à l'état passant I_T qui précède la commutation (au temps $t = t_0$).
- b) Tension inverse
- c) Vitesse de variation du courant: di_r/dt .
- d) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

Note. — La méthode de mesure du temps de désamorçage par commutation du circuit des thyristors, décrite dans la Publication 147-2D de la CEI, quatrième complément à la Publication 147-2 de la CEI, page 12, s'applique également.

Ajouter les nouveaux articles suivants :

3. Vérification de valeurs limites

3.1 Tension inverse de pointe non répétitive (V_{RSM})

But

Vérifier la valeur limite de la tension inverse de pointe non répétitive d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

- R_3 = calibrated non-inductive current sensing resistor
 R_4 = resistor suppressing the high induced reverse voltage
 S_1 = electromechanical or electronic switch
 T_1 = thyristor being measured

Notes 1. — Care must be taken that the conduction time will be short enough to give negligible change of virtual junction temperature, but long enough to establish carrier equilibrium.

2. — The total resistance of the reverse voltage source circuit should be sufficiently small to preserve an essentially triangular waveform of the reverse recovery current I_r .
3. — The values of R_4 and C_2 should be chosen so that they have no influence on the reverse recovery current waveform.

Measurement procedure

The thyristor being measured is triggered and the current source is adjusted to give the specified value of on-state current I_T through the thyristor.

S_1 is closed and the thyristor current is reversed by means of an externally applied reverse voltage. The rate of change of current is adjusted to the specified value by means of the reverse voltage in association with capacitor C_1 and inductor L_2 .

The recovered charge Q_r is defined as:

$$Q_r = 0.5 I_r \cdot t_{rr}$$

where I_r is the peak value of the reverse recovery current and t_{rr} is the time interval between t_1 and t_2 ; t_1 is the instant when I_r passes through zero and t_2 is the instant determined by the intersection of the straight line connecting $0.9 I_r$ and $0.25 I_r$ * with the time axis (see Figure 14, page 33).

* A different reference value may be chosen for a particular type of thyristor.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) On-state current I_T immediately before switching (at time $t = t_0$).
- b) Reverse voltage.
- c) Rate of change of current: di_r/dt .
- d) Ambient, case or reference point temperature.

Note — The method for measurement of circuit commutated turn-off time of thyristors described in IEC Publication 147-2D, fourth supplement to IEC Publication 147-2, page 13, is also suitable.

Add the following new Clauses:

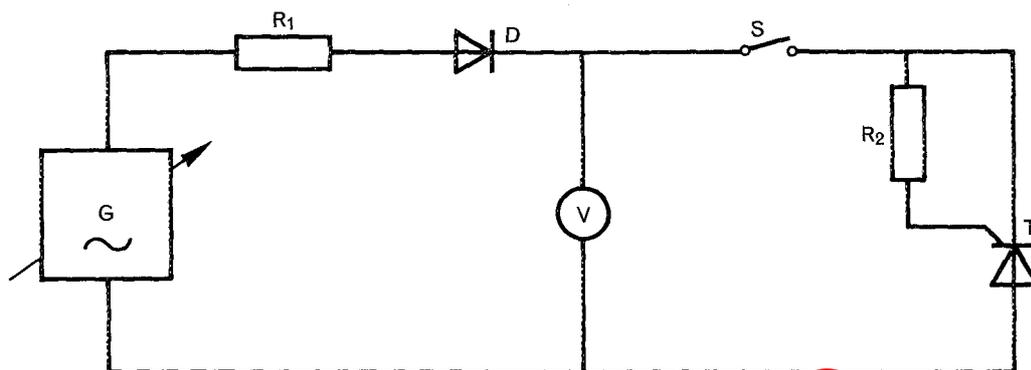
3. Verification of ratings (limiting values)

3.1 Non-repetitive peak reverse voltage (V_{RSM})

Purpose

To verify the non-repetitive peak reverse voltage rating of a thyristor under specified conditions.

Schéma du circuit



0074/73

FIGURE 15

Description et exigences du circuit

D = diode fournissant des demi-alternances négatives, de sorte que l'on essaie seulement la caractéristique inverse du thyristor

G = source de tension alternative

S = interrupteur électromécanique ou électronique (ayant un angle de conduction d'environ 180°) qui permet d'appliquer la tension du générateur au thyristor en essai pendant la demi-période inverse

T = thyristor en essai

V = appareil de mesure de crête

Exécution

La polarisation étant nulle, on place le thyristor à mesurer dans le support de mesure.

On ouvre l'interrupteur S et on augmente la tension alternative de la source jusqu'à ce qu'on atteigne la valeur spécifiée de la tension inverse de pointe non répétitive.

On vérifie les conditions de température spécifiées.

On applique la tension inverse de pointe non répétitive spécifiée en fermant l'interrupteur S pendant environ 180° durant la demi-période inverse.

Note. — La vitesse de répétition doit être telle que l'effet thermique d'une impulsion ait complètement disparu avant l'arrivée de l'impulsion suivante.

Les mesures qui suivent l'épreuve indiquent si le thyristor a pu supporter la valeur limite de la tension inverse de pointe non répétitive.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données :

- a) Tension inverse de pointe non répétitive.
- b) Résistance gâchette-cathode.
- c) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.
- d) Durée de l'impulsion demi-sinusoïdale.
- e) Nombre d'impulsions et vitesse de répétition.
- f) Limites entre lesquelles doivent se trouver les caractéristiques mesurées après l'essai.

Circuit diagram

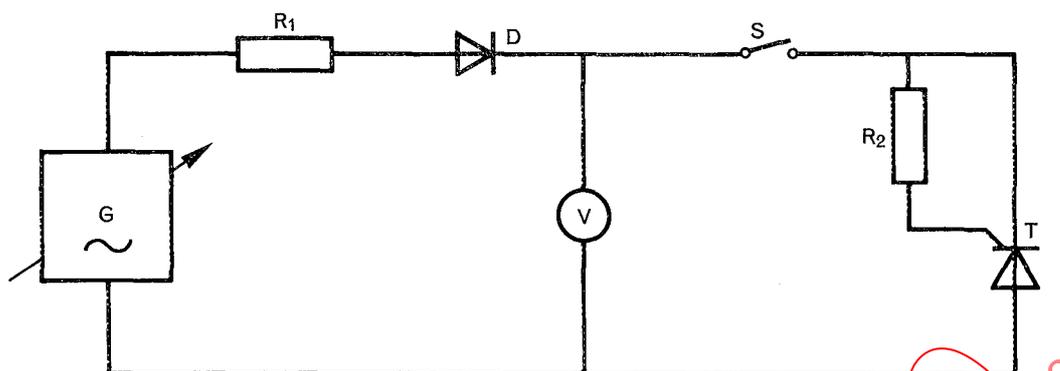


FIGURE 15

Circuit description and requirements

D = diode to provide negative half-cycles, so that only the reverse characteristic of the thyristor is tested

G = alternating voltage source

S = electromechanical or electronic switch (with a conduction angle of approximately 180°) which applies the source voltage to the thyristor under test for the half-cycle in the reverse direction

T = thyristor under test

V = peak reading instrument

Test procedure

With bias conditions set to zero, the thyristor under test is inserted into the test socket.

Switch S is opened and the a.c. source voltage is increased to the specified value of non-repetitive peak reverse voltage.

The specified temperature conditions are checked.

The specified non-repetitive peak reverse voltage is applied by closing switch S for approximately 180° during the reverse half-cycle.

Note. — The repetition rate should be such that the thermal effect of one pulse will have completely disappeared before the next pulse arrives.

Proof of the ability of the thyristor to withstand the non-repetitive peak reverse voltage rating is obtained from the post-test measurements.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- a) Non-repetitive peak reverse voltage.
- b) Gate-cathode resistor.
- c) Ambient, case or reference point temperature.
- d) Duration of the half-cycle pulse.
- e) Number of pulses and repetition rate.
- f) Post-test measurement limits.

3.2 Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué (V_{DSM})

But

Vérifier la valeur limite de la tension de pointe non répétitive à l'état bloqué d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

Schéma

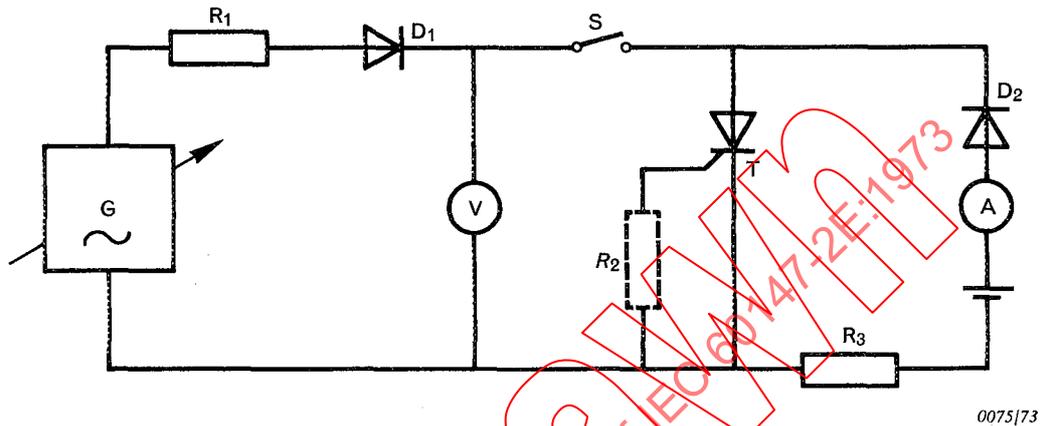


FIGURE 16

Description et exigences du circuit

D_1 = diode fournissant des demi-alternances positives, de sorte que l'on essaie seulement la caractéristique à l'état bloqué du thyristor

G = source de tension alternative

R_1 et R_3 = résistances de protection

Note. — On n'utilise R_2 que si elle est spécifiée.

S = interrupteur électromécanique ou électronique (avec un angle de conduction d'environ 180°) qui permet d'appliquer la tension du générateur au thyristor en essai pendant une demi-période à l'état bloqué

T = thyristor en essai

V = voltmètre de crête

On utilise la faible source de tension continue, l'ampèremètre A et la résistance R_3 limitant courant I_e , pour vérifier que le thyristor n'a pas atteint le point de retournement et n'est pas à l'état passant. On peut remplacer l'ampèremètre et la source de courant continu par un appareil indicateur, par exemple un oscilloscope.

Exécution

La source ne délivrant aucune tension alternative, on place le thyristor à mesurer dans le support de mesure.

On ouvre l'interrupteur S et on augmente la tension alternative de la source jusqu'à ce qu'on atteigne la valeur spécifiée de la tension de pointe non répétitive à l'état bloqué.

On vérifie les conditions de température spécifiées.

On applique alors la tension de pointe non répétitive à l'état bloqué spécifiée au thyristor en essai en fermant l'interrupteur S pendant environ 180° durant la demi-période à l'état bloqué.

Note. — La vitesse de répétition doit être telle que l'effet thermique d'une impulsion ait complètement disparu avant l'arrivée de l'impulsion suivante.

3.2 Non-repetitive peak off-state voltage (V_{DSM})

Purpose

To verify the non-repetitive peak off-state voltage rating of a thyristor under specified conditions.

Circuit diagram

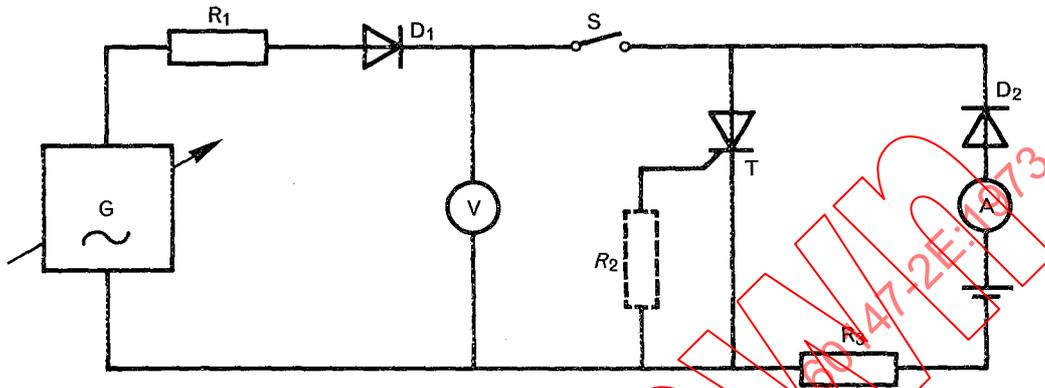


FIGURE 16

0075/73

Circuit description and requirements

- D_1 = diode to provide positive half-cycles, so that only the off-state characteristic of the thyristor is tested
- G = alternating voltage source
- R_1 and R_3 = protective resistors
- Note. — R_2 is only to be used if specified.
- S = electromechanical or electronic switch (with a conduction angle of approximately 180°) which applies the source voltage to the thyristor under test for one half-cycle in the off-state condition
- T = thyristor under test
- V = peak reading voltmeter

The low voltage d.c. source, ammeter A and limiting resistor R_3 are used to verify that the thyristor has not reached breakover and is not in the on-state condition. The ammeter and the d.c. source could be replaced by an indicating instrument, e.g. an oscilloscope.

Measurement procedure

With the a.c. source set to zero, the thyristor under test is inserted into the test socket.

Switch S is opened and the a.c. source voltage is increased to the specified value of non-repetitive peak off-state voltage.

The specified temperature conditions are checked.

The specified non-repetitive peak off-state voltage is then applied to the thyristor under test by closing switch S for approximately 180° during the off-state half-cycle.

Note. — The repetition rate should be such that the thermal effect of one pulse will have completely disappeared before the next pulse arrives.

On s'assure que le thyristor peut supporter la valeur limite de la tension de pointe non répétitive à l'état bloqué lors des mesures qui suivent l'essai.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- a) Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué.
- b) Résistance gâchette-cathode R_2 .
- c) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.
- d) Durée de l'impulsion demi-sinusoïdale.
- e) Nombre d'impulsions et vitesse de répétition.
- f) Limites entre lesquelles doivent se trouver les caractéristiques mesurées après l'essai.

3.3 *Courant non répétitif de surcharge accidentelle à l'état passant*

But

Vérifier la valeur limite du courant non répétitif de surcharge accidentelle à l'état passant d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

Schéma

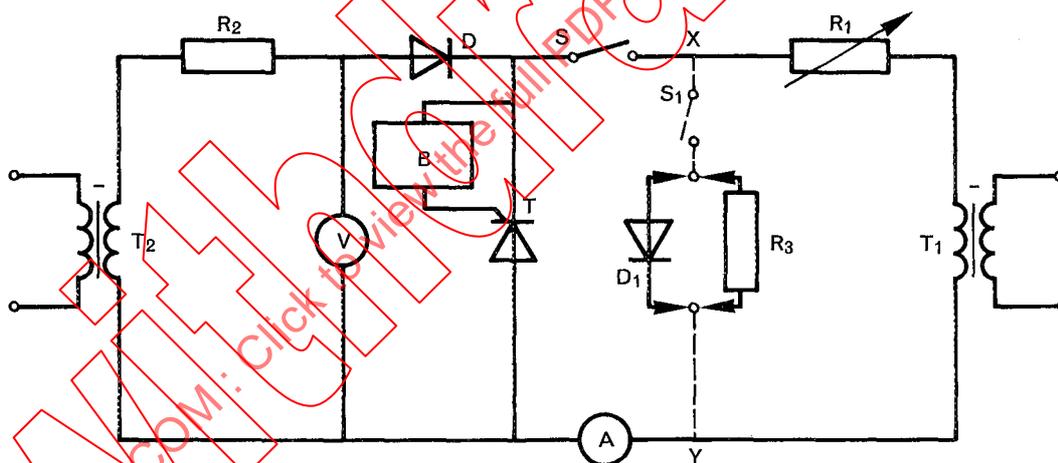


FIGURE 17

Description et exigences du circuit

- A = appareil de lecture de crête (par exemple un ampèremètre ou un oscilloscope)
- B = circuit de polarisation de gâchette
- D = diode qui bloque la tension directe délivrée par le transformateur T_2
- R_1 = résistance permettant de régler le courant de surcharge accidentelle; sa valeur doit être grande vis-à-vis de celle de la résistance directe de la diode D_1 lorsqu'elle est présente (voir note ci-dessous)
- R_2 = résistance de protection; sa valeur doit être aussi faible que possible
- S = interrupteur électromécanique ou électronique ayant un angle de conduction d'environ 180° pendant la demi-période de courant (de surcharge accidentelle) à l'état passant

Proof of the ability of the thyristor to withstand the non-repetitive peak off-state voltage rating is obtained from the post-test measurement.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

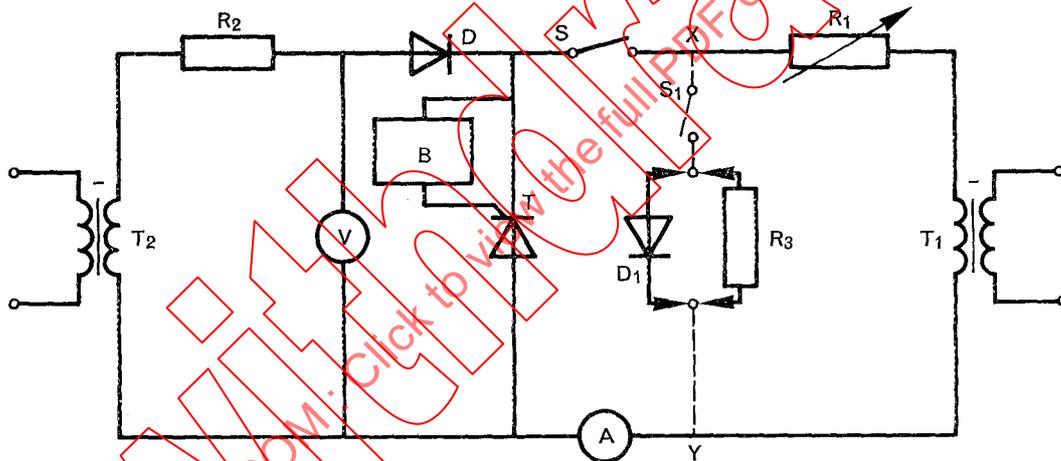
- a) Non-repetitive peak off-state voltage.
- b) Gate-cathode resistor R_2 .
- c) Ambient, case or reference point temperature.
- d) Duration of the half-cycle pulse.
- e) Number of pulses and repetition rate.
- f) Post-test measurement limits.

3.3 *Surge (non-repetitive) on-state current*

Purpose

To verify the surge (non-repetitive) on-state current rating of a thyristor under specified conditions.

Circuit diagram



0076/73

FIGURE 17

Circuit description and requirements

- A = peak reading instrument (e.g. ammeter or oscilloscope)
- B = gate bias circuit
- D = diode to block the forward voltage supplied by transformer T_2
- R_1 = surge current setting resistor which should be large compared with the forward resistance of diode D_1 , when present (see note below)
- R_2 = protective resistor which should be as small as practicable
- S = electromechanical or electronic switch with a conduction angle of approximately 180° during the on-state (surge) half-cycle

T = thyristor en essai

T₁ = transformateur basse tension pouvant délivrer un courant élevé, fournissant à travers S la demi-période de courant (de surcharge accidentelle) à l'état passant. La forme d'onde du courant doit être sensiblement demi-sinusoïdale, d'une durée voisine de 10 ms (ou 8,3 ms) avec une vitesse de répétition d'environ 50 (ou 60) impulsions par seconde

T₂ = transformateur haute tension, à faible débit, fournissant à travers la diode D la demi-période inverse; s'il est alimenté par une source séparée, la phase de celle-ci doit être la même que celle de la source qui alimente T₁. La forme d'onde de la tension doit être sensiblement sinusoïdale

V = appareil de lecture de crête (par exemple un voltmètre ou un oscilloscope)

Note. — S'il y a lieu, on peut insérer entre les points X et Y soit une diode D₁ en série avec un interrupteur S₁, soit une résistance R₃ en série avec un interrupteur S₁.

Ces circuits ne sont pas obligatoires.

D₁ est une diode d'équilibrage du courant ayant sensiblement la même résistance directe que le thyristor en essai à l'état passant.

Si l'on utilise une résistance R₃, elle doit avoir la même résistance que la résistance à l'état passant du thyristor en essai.

S₁ est un interrupteur électromécanique ou électronique ayant un angle de conduction d'environ 180° pendant la demi-période inverse du transformateur T₁.

Exécution

Mettre à zéro les sources de tension et de courant.

Placer le thyristor dans le support d'essai selon l'indication de sa polarité; vérifier les conditions de température.

Régler la tension inverse de pointe, mesurée par l'appareil de lecture de crête V, à la valeur spécifiée.

Donner au courant de surcharge accidentelle à l'état passant, mesuré par l'appareil de lecture de crête A, la valeur spécifiée en agissant sur R₁.

Le thyristor en essai est alors amorcé pour le nombre spécifié de surcharges accidentelles de courant à l'état passant appliqué. On aura soin d'éviter l'application du signal d'amorçage pendant la demi-période inverse.

Les mesures qui suivent l'épreuve indiquent si le thyristor a pu supporter la valeur limite du courant de surcharge accidentelle à l'état passant.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- a) Tension inverse de pointe.
- b) Courant (non répétitif) de surcharge accidentelle à l'état passant.
- c) Impédance maximale de la source de tension inverse.
- d) Conditions de polarisation par la gâchette: tension de source et résistance de source.
- e) Nombre de cycles par surcharge, nombre de surcharges accidentelles et vitesse de répétition.
- f) Température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.
- g) Limites entre lesquelles doivent se trouver les caractéristiques mesurées après l'essai.

3.4 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant di/dt

But

Vérifier la valeur limite de la vitesse critique de croissance du courant à l'état passant d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

T = thyristor under test

T₁ = high current low voltage transformer supplying through S the on-state (surge) half-cycle. The current waveshape should be essentially a half-sine wave of approximately 10 ms (or 8.3 ms) duration, with a repetition rate of approximately 50 (or 60) pulses per second

T₂ = low current high voltage transformer supplying through diode D the reverse half-cycle and, if fed from a separate source, its phase must be the same as that feeding T₁. The voltage form should be essentially a half-sine wave

V = peak reading instrument (e.g. voltmeter or oscilloscope)

Note. — If desirable, either a diode D₁ in series with a switch S₁, or a resistor R₃ in series with a switch S₁, may be inserted between points X and Y.

These circuits are not mandatory.

D₁ is a current balancing diode having approximately the same forward resistance as the on-state resistance of the thyristor under test.

If a resistor R₃ is used, it should have the same resistance as the on-state resistance of the thyristor under test.

S₁ is an electromechanical or electronic switch with a conduction angle of approximately 180° during the reverse half-cycle of transformer T₁.

Test procedure

The voltage and current sources are set to zero.

The thyristor is inserted into the test socket in accordance with its polarity marking, and the temperature conditions are checked.

The peak reverse voltage, measured on peak reading instrument V, is adjusted to the specified value.

The surge on-state current, measured on peak reading instrument A, is set to the specified value by adjustment of R₁.

The thyristor under test is then triggered for the specified number of applications of surge on-state current. Care should be taken to avoid applying the triggering signal during the reverse half-cycle.

Proof of the ability of the thyristor to withstand the surge on-state current rating is obtained from the post-test measurements.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

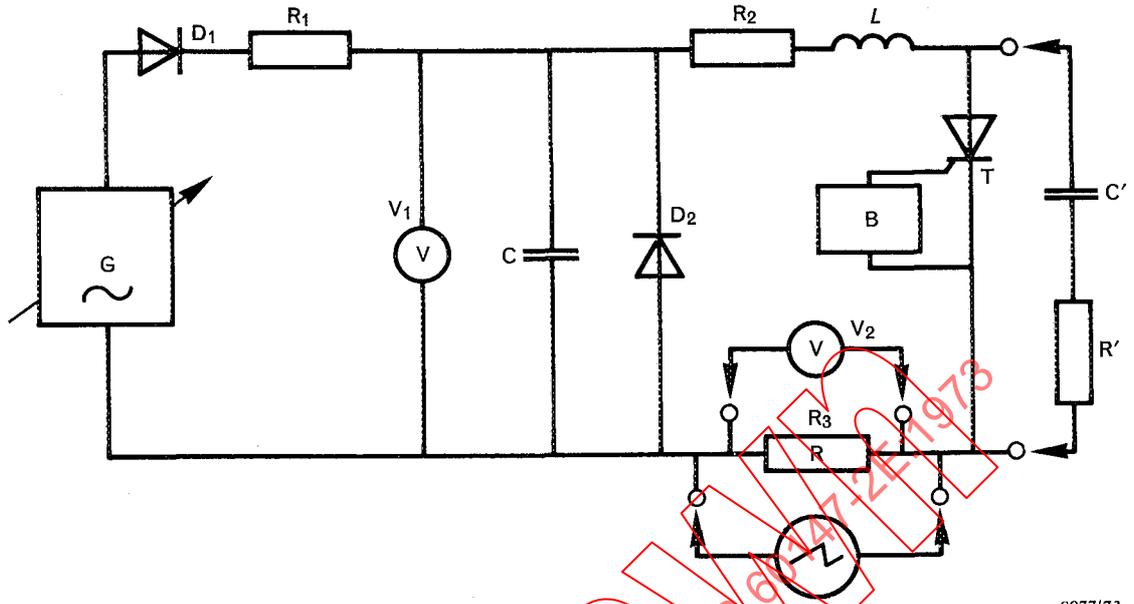
- a) Peak reverse voltage.
- b) Surge (non-repetitive) on-state current.
- c) Maximum impedance of the reverse voltage source.
- d) Gate bias conditions: source voltage and source resistance.
- e) Number of cycles per surge, number of surges and repetition rate.
- f) Ambient, case or reference point temperature.
- g) Post-test measurement limits.

3.4 *Critical rate of rise of on-state current di/dt*

Purpose

To verify the critical rate of rise of on-state current rating of a thyristor under specified conditions.

Schéma



0077/73

FIGURE 18

Description et exigences du circuit

- B = source d'amorçage par la gâchette
- G = source de tension alternative

Afin d'obtenir la vitesse voulue de croissance du courant à l'état passant du thyristor en essai T, on choisit R_2 , C et L de façon que leur valeur soit reliée approximativement à la tension d'essai V_{DM} , à l'amplitude du courant I_{TM} et au temps t_1 de la façon suivante:

$$C = 5,6 \frac{I_{DM} t_1}{V_{DM}}$$

$$L = 1,7 \frac{V_{DM} t_1}{I_{TM}}$$

$$R_2 = 0,55 \frac{V_{DM}}{I_{TM}}$$

où:

V_{DM} = tension à l'état bloqué

$$\frac{di}{dt} = \frac{0,5 I_{TM}}{t_1}$$

t_1 est défini sur la figure 19, page 46.

R_2 sert à amortir les oscillations. Dans le cas de dispositifs de forte puissance, elle peut être seulement constituée par les résistances distribuées des éléments du circuit. Alors, on peut considérer R_2 comme négligeable et utiliser les formules données en note.

Note. — Pour les dispositifs de forte puissance, où l'on supprime R_2 , on choisit C et L de façon que leur valeur soit approximativement reliée à la tension d'essai V_{DM} , à l'amplitude du courant I_{TM} et au temps t_1 par les relations suivantes:

$$C = 1,91 \frac{I_{TM} t_1}{V_{DM}}$$

et

$$L = 1,91 \frac{V_{DM} t_1}{I_{TM}}$$

Circuit diagram

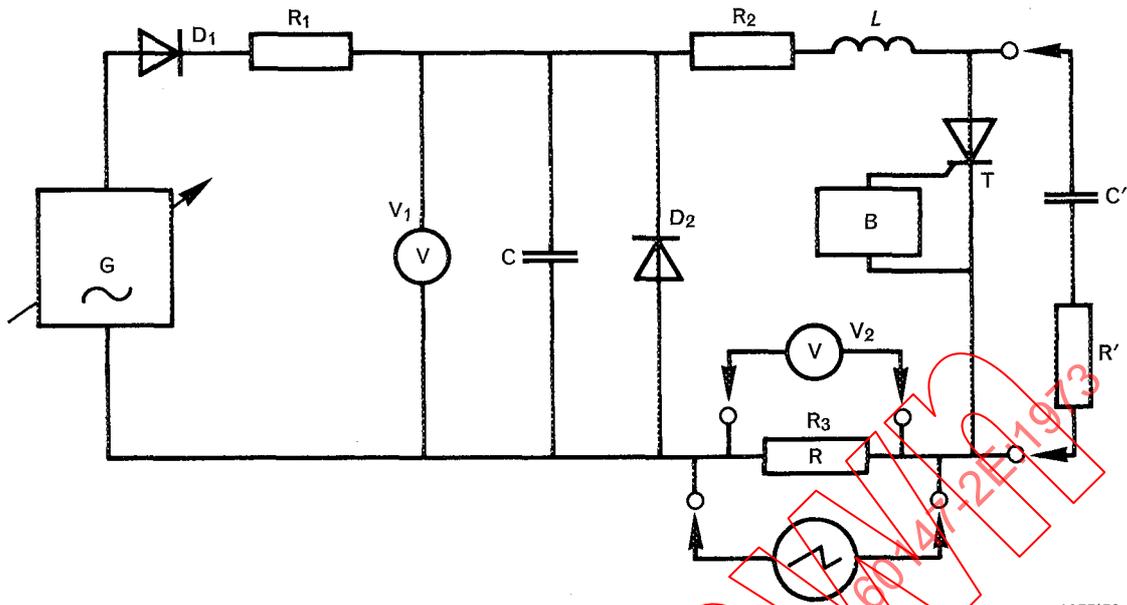


FIGURE 18

0077/73

Circuit description and requirements

B = gate triggering source

G = alternating voltage source

To obtain the required rate of rise of on-state current of thyristor under test T, R_2 , C and L are chosen such that their values are approximately related to the test voltage V_{DM} , current magnitude I_{TM} and time t_1 as follows:

$$C = 5.6 \frac{I_{TM} t_1}{V_{DM}}$$

$$L = 1.7 \frac{V_{DM} t_1}{I_{TM}}$$

$$R_2 = 0.55 \frac{V_{DM}}{I_{TM}}$$

where:

V_{DM} = off-state voltage

$$\frac{di}{dt} = \frac{0.5 I_{TM}}{t_1}$$

t_1 is defined in Figure 19, page 47.

R_2 is used to damp the oscillatory waveforms. In the case of high power devices, it can consist of the distributed resistances of the circuit elements only. In that case, it is assumed that R_2 can be neglected and the formulae in the note can be used.

Note. — For high power devices, where R_2 is deleted, C and L are chosen such that their values are approximately related to the test voltage V_{DM} , current magnitude I_{TM} and time t_1 as follows:

$$C = 1.91 \frac{I_{TM} t_1}{V_{DM}}$$

and

$$L = 1.91 \frac{V_{DM} t_1}{I_{TM}}$$

D_2 = diode qui protège le thyristor en essai de la tension inverse excessive qui peut être due aux effets de résonance

R_1 et D_1 sont choisies pour que le condensateur C puisse se charger complètement avant chaque cycle de fonctionnement

R_3 = résistance étalonnée non inductive, qui permet de déterminer le courant

T = thyristor en essai

V_1 = voltmètre à forte résistance

V_2 = voltmètre de crête

On choisit R' et C' en fonction du thyristor à essayer; on peut les supprimer s'il y a lieu.

On effectue les réglages finaux de L et de C pour être sûr que le courant de pointe à l'état passant que l'on mesure à l'aide du voltmètre V_2 et que la vitesse de croissance du courant à l'état passant di/dt mesurée sur l'oscilloscope ont bien les valeurs spécifiées.

Il est recommandé d'utiliser une onde sinusoïdale amortie comme forme d'onde du courant à l'état passant, comme il est indiqué sur la figure 19 ci-dessous.

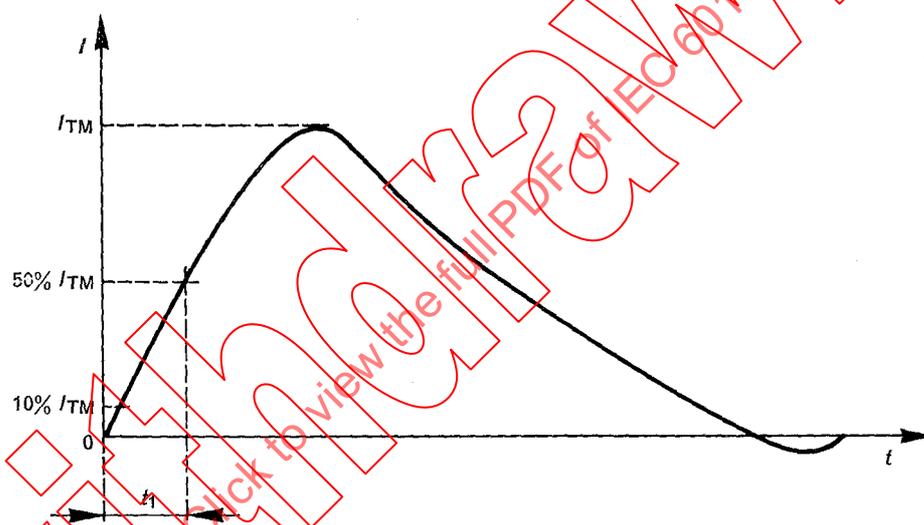


FIG. 19. — Forme d'onde du courant à l'état passant pour la valeur limite de di/dt .

Le temps zéro est déterminé par l'intersection, avec l'axe des temps, de la droite joignant les points 10% et 50% du courant d'essai.

Avec cette forme d'onde, la méthode recommandée pour assigner une valeur numérique à di/dt est la suivante:

$$\frac{di}{dt} = \frac{I_{TM}}{2t_1}$$

où:

$$t_1 \geq 1 \mu s$$

$I_{TM} \geq$ deux fois la valeur limite du courant moyen à l'état passant

Exécution

La tension alternative de source est réglée à zéro. Il convient de veiller à ce que le condensateur C soit complètement déchargé. Le thyristor étant placé dans le support d'essai, la température est réglée à la valeur spécifiée.

D_2 = diode which protects the thyristor under test from excessive reverse voltage which might arise from resonance effects

R_1 and D_1 are chosen so that the capacitor C has time to charge fully before each operation

R_3 = calibrated non-inductive current sensing resistor

T = thyristor under test

V_1 = high resistance voltmeter

V_2 = peak reading voltmeter

R' and C' are chosen in accordance with the application of the thyristor under test and might be deleted where appropriate.

Final adjustments are made to L and C to ensure that the peak on-state current measured on voltmeter V_2 and the rate of rise of on-state current di/dt measured on the oscilloscope are as specified.

It is recommended that a damped sine wave be used as the on-state current waveform as shown in Figure 19 below.

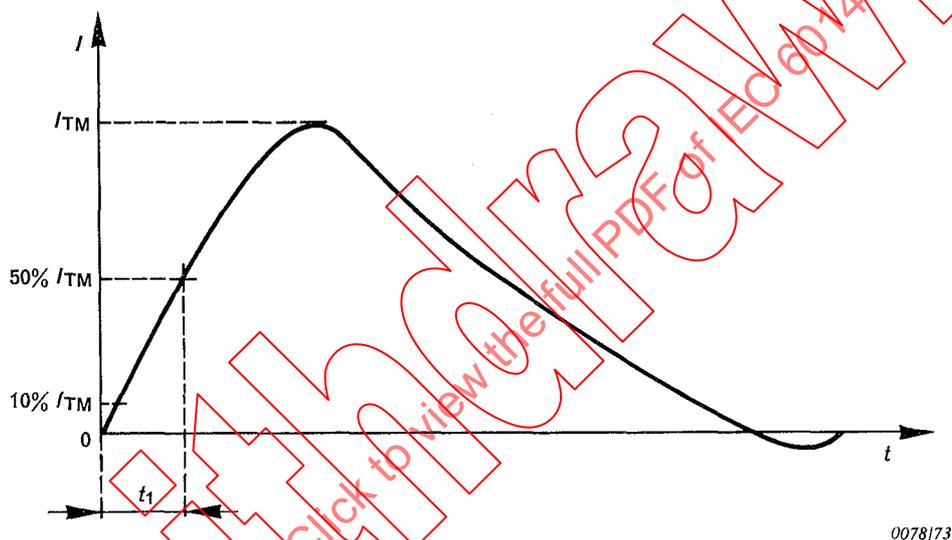


FIG. 19. — On-state current waveform for di/dt rating.

Zero time is determined by the intersection, with the time axis, of the straight line passing through the 10% and 50% test current points.

With this waveform, the recommended method of assigning a numerical value to di/dt is as follows:

$$\frac{di}{dt} = \frac{I_{TM}}{2t_1}$$

where:

$$t_1 \geq 1 \mu s$$

$I_{TM} \geq$ twice the mean on-state current rating

Measurement procedure

The alternating voltage source is set to zero. Care should be taken to ensure that the capacitor C is fully discharged. The thyristor under test is inserted into the test socket and the temperature is set to the specified value.

La tension délivrée par la source est ajustée pour obtenir une tension de pointe égale à la tension spécifiée à l'état bloqué V_{DM} , indiquée par le voltmètre V_1 , lorsque le condensateur C est complètement chargé.

Le thyristor est amorcé et le condensateur C se décharge dans L et dans le thyristor en essai.

On commande la vitesse de répétition à l'aide de la source d'amorçage par la gâchette pour avoir la valeur spécifiée. On doit veiller à ce que l'impulsion d'amorçage par la gâchette ait lieu pendant la demi-alternance négative de la source de tension alternative.

Les mesures qui suivent l'épreuve indiquent si le thyristor a pu supporter la valeur limite de la vitesse de croissance du courant à l'état passant.

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

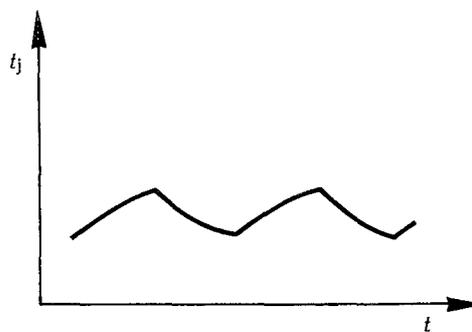
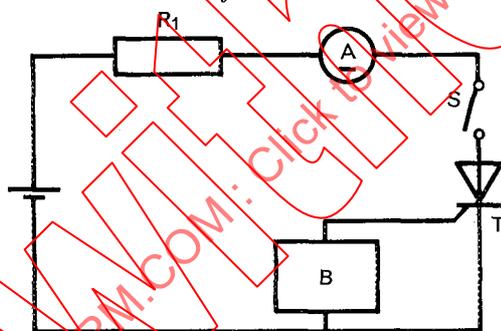
- Vitesse de croissance du courant à l'état passant di/dt .
- Forme d'onde et valeur de crête du courant à l'état passant.
- Tension à l'état bloqué.
- Température du boîtier ou température d'un point de référence.
- Vitesse de répétition et nombre d'impulsions.
- Caractéristiques de la source de déclenchement par la gâchette.
- Limites entre lesquelles doivent se trouver les caractéristiques mesurées après l'essai.

4. Essai de charge thermique cyclique

But

S'assurer par un essai d'endurance qu'un certain type de thyristors est capable de supporter des fluctuations de la température de jonction.

Circuit d'essai et forme d'onde



0079/73

T = thyristor en essai
B = source de gâchette

FIGURE 20

Exécution

Le thyristor doit être échauffé à l'aide d'un courant spécifié dont la valeur est de préférence sensiblement égale à la valeur maximale du courant limite moyen à l'état passant, jusqu'à ce que l'on atteigne une température de jonction comprise entre la température maximale virtuelle de jonction $t_{(vj)max}$ et $t_{(vj)max} - 20$ °C.

Note. — Lorsque les dispositifs sont essayés en série, la température peut être comprise entre $t_{(vj)max}$ et $t_{(vj)max} - 30$ °C.

The source voltage is set to give a peak voltage equal to the specified off-state voltage V_{DM} as shown by voltmeter V_1 when the capacitor C is fully charged.

The thyristor under test is triggered and capacitor C discharges through L and the thyristor.

The repetition rate is controlled by the gate triggering source and should be as specified. Care must be taken that the gate trigger pulse occurs during the negative half-cycle of the alternating voltage source.

Proof of the ability of the thyristor to withstand the critical rate of rise of on-state current rating is obtained from the post-test measurements.

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

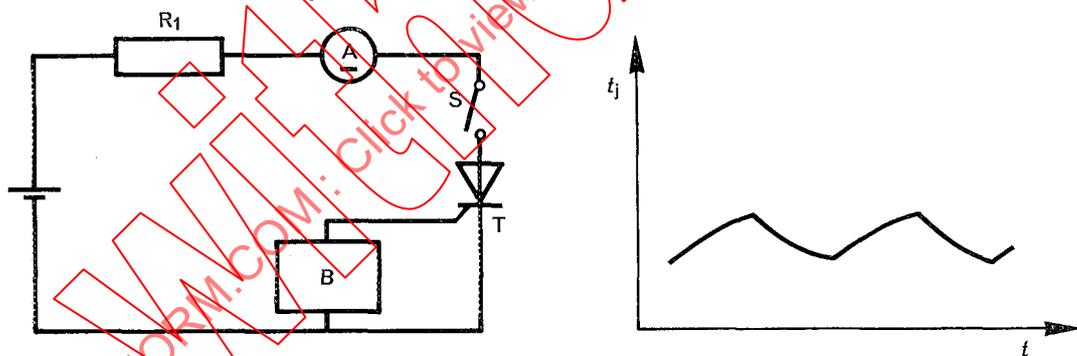
- a) Rate of rise of on-state current, di/dt .
- b) Waveform and peak value of on-state current.
- c) Off-state voltage.
- d) Case or reference point temperature.
- e) Repetition rate and number of pulses.
- f) Gate trigger source characteristics.
- g) Post-test measurement limits.

4 **Thermal cycling load test**

Purpose

To confirm by an endurance test that a certain thyristor type is capable of withstanding fluctuations in junction temperature.

Test circuit and test waveform



T = thyristor under test
B = gate source

0079/73

FIGURE 20

Test procedure

The thyristor shall be heated by a specified current, the value of which is preferably nearly equal to the maximum rated mean on-state current, until a junction temperature between the maximum rated virtual junction temperature $t_{(vj)max}$ and $t_{(vj)max} - 20^\circ C$ has been reached.

Note. — When devices are tested in series, the temperature may be between $t_{(vj)max}$ and $t_{(vj)max} - 30^\circ C$.

L'interrupteur S_1 est alors ouvert et le thyristor se refroidit jusqu'à ce que la température de jonction virtuelle ne dépasse pas $40\text{ }^\circ\text{C}$.

Le temps de chauffage ne doit pas dépasser 6 min et le temps de refroidissement ne doit pas dépasser 8 min.

L'essai doit être réalisé pour un nombre spécifié de cycles.

Les paramètres qui peuvent être affectés par l'essai doivent être mesurés avant et après l'essai.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60147-2E:1973
Withdrawn

Switch S_1 is then opened, and the thyristor is cooled to a virtual junction temperature not greater than 40 °C.

The heating time shall not exceed 6 min and the cooling time shall not exceed 8 min.

The test shall be performed for a specified number of cycles.

The parameters that may be affected by the test shall be measured before and after the test.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60747-2E:1973
WithDrawn

ANNEXE

DIODES DE REDRESSEMENT ET THYRISTORS: MÉTHODES DE CALCUL DES POSSIBILITÉS DE CHARGE EN FONCTION DU TEMPS

Note. — Cette annexe est considérée comme un Rapport.

Les possibilités de charge des dispositifs à semiconducteurs dépendent de la réponse thermique de la température de jonction. On peut utiliser l'impédance thermique transitoire pour calculer l'élévation de la température virtuelle due à des impulsions de charge uniques ou à une charge intermittente. Etant donné que l'impédance thermique transitoire:

$$Z_{(th)t} = \frac{\Delta\theta(t)}{P}$$

est définie comme l'élévation $\Delta\theta(t)$ de la température virtuelle due à une augmentation suivant une fonction échelon de la dissipation de puissance P , les calculs ne sont corrects que pour un courant de charge qui varie en forme d'échelon. Si les impulsions ont une forme différente, une approximation en escalier peut être utilisée comme l'indique la figure 21 ci-dessous.

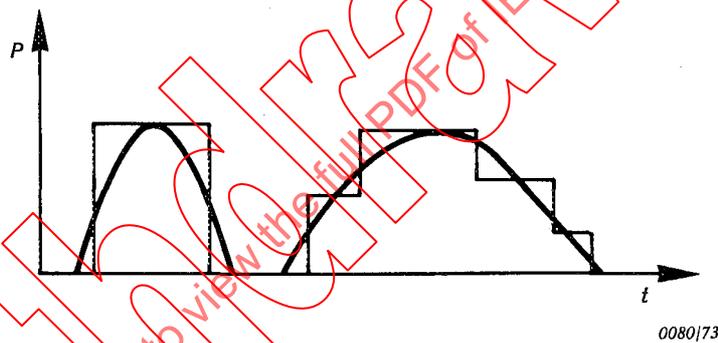


FIG. 21. — Approximation en escalier pour des impulsions non rectangulaires.

Pour le calcul de l'élévation de la température virtuelle $\Delta\theta(t)$, les deux méthodes suivantes peuvent être utilisées:

La méthode A qui utilise l'impédance thermique transitoire $Z_{(th)t}$

$$\Delta\theta(t) = P \cdot Z_{(th)t}$$

La méthode B qui utilise une fonction analytique:

$$\Delta\theta(t) = P \sum_{i=1}^n R_i \left[1 - e^{-t/\tau_i} \right]$$

et qui représente l'impédance thermique transitoire par une somme de termes avec des valeurs convenables pour R_i et τ_i .

Pour représenter l'impédance thermique transitoire d'un dispositif à semiconducteurs avec son système refroidisseur, une valeur de n comprise entre trois et six termes peut être satisfaisante.

Comme il est indiqué dans les exemples, il est commode d'utiliser la méthode A pour le calcul de l'élévation de température due à des impulsions uniques. Pour des problèmes plus compliqués, par exemple dans le cas d'une séquence infinie d'impulsions et lorsque les paramètres varient, ou pour des calculs plus précis, la méthode B est plus appropriée.

APPENDIX

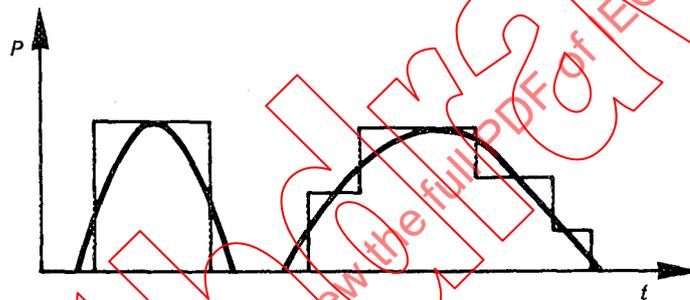
RECTIFIER DIODES AND THYRISTORS: CALCULATION METHODS FOR TIME VARYING LOAD CAPABILITY

Note. — This Appendix has the status of a Report.

The load capability of semiconductor devices depends on the thermal response of the junction temperature. To calculate the rise of the virtual temperature caused by single load pulses or intermittent load, the transient thermal impedance can be used. As the transient thermal impedance:

$$Z_{(th)t} = \frac{\Delta\theta(t)}{P}$$

is defined as the temperature rise $\Delta\theta(t)$ of the virtual temperature caused by a step function change of power dissipation P , the calculations are correct only for a load current which also changes as a step function. If pulses are shaped differently, a staircase approximation can be used as shown in Figure 21 below.



0080/73

FIG. 21 — Staircase approximation for non-rectangular pulses.

For the calculation of the rise of the virtual temperature $\Delta\theta(t)$, the following two methods may be used:

Method A using the transient thermal impedance $Z_{(th)t}$

$$\Delta\theta(t) = P \cdot Z_{(th)t}$$

Method B using an analytical function:

$$\Delta\theta(t) = P \sum_{i=1}^n R_i \left[1 - e^{-t/\tau_i} \right]$$

representing the transient thermal impedance by a sum of terms with suitable values for R_i and τ_i .

To represent the transient thermal impedance of a semiconductor device with its cooling attachment, n equals three to six terms may be satisfactory.

As shown in the examples, it is convenient to use method A for the calculation of temperature rise caused by single pulses. For more complicated problems, e.g. in the case of an infinite sequence of pulses and varying parameters or for more precise calculations, method B is more appropriate.

Tous les calculs reposent sur la superposition des réponses thermiques dues à des impulsions de charge uniques. Un échelon produisant un accroissement de la dissipation de puissance est par convention positif; un échelon produisant une diminution de la dissipation de puissance est négatif.

Ceci ressort des exemples typiques suivants:

EXEMPLE 1: Cas d'une impulsion rectangulaire (voir figure 22 ci-dessous).

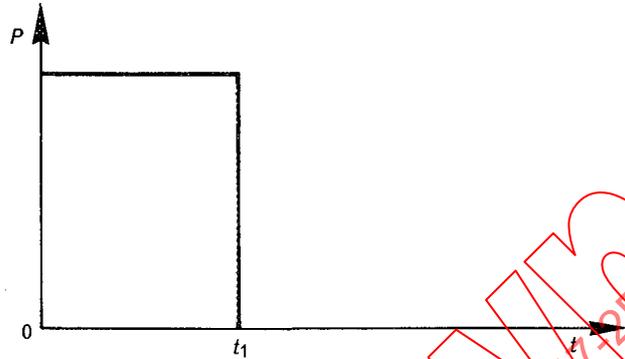


FIG. 22. — Impulsion rectangulaire de durée t_1 produisant la dissipation de puissance P dans le dispositif à semiconducteurs.

Méthode A

Accroissement de la température virtuelle au temps t_1 :

$$\Delta\theta(t_1) = P \cdot Z_{(th)t_1}$$

Pendant le refroidissement, au temps $t_2 \geq t_1$:

$$\Delta\theta(t_2) = -P [Z_{(th)t_2} - Z_{(th)(t_2-t_1)}]$$

Les valeurs de $Z_{(th)t_1}$, de $Z_{(th)t_2}$ et de $Z_{(th)(t_2-t_1)}$ proviennent d'une courbe telle que celle donnée par la figure 23 ci-dessous.

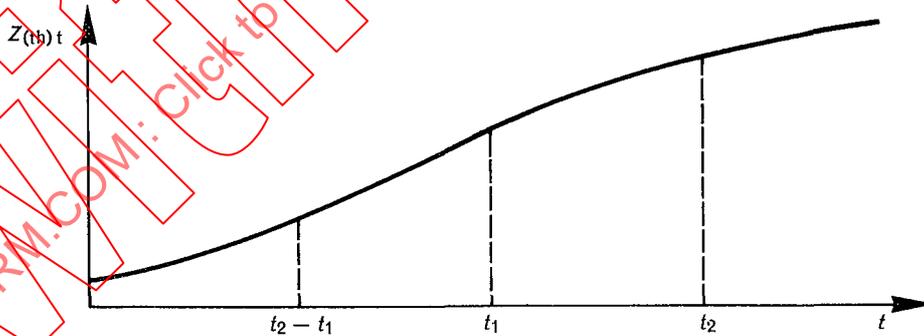


FIG. 23. — Impédance thermique transitoire $Z_{(th)t}$ en fonction du temps.

Méthode B

Augmentation de la température virtuelle au temps t_1 :

$$\Delta\theta(t_1) = P \sum_{i=1}^n R_i [1 - e^{-t_1/\tau_i}]$$

Pendant le refroidissement, au temps $t_2 \geq t_1$:

$$\Delta\theta(t_2) = P \sum_{i=1}^n R_i [1 - e^{-t_1/\tau_i}] e^{-(t_2-t_1)/\tau_i}$$