

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

747-6

Première édition
First edition
1983-01

**Dispositifs à semiconducteurs
Dispositifs discrets et circuits intégrés**

**Sixième partie:
Thyristors**

**Semiconductor devices
Discrete devices and integrated circuits**

**Part 6:
Thyristors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 747-6: 1983

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE**

**CEI
IEC**

**INTERNATIONAL
STANDARD**

747-6

Première édition
First edition
1983-01

**Dispositifs à semiconducteurs
Dispositifs discrets et circuits intégrés**

**Sixième partie:
Thyristors**

**Semiconductor devices
Discrete devices and integrated circuits**

**Part 6:
Thyristors**

© IEC 1983 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XE

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE.....	6
PRÉFACE	6

Articles

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

1. Note d'introduction	10
2. Domaine d'application	10

CHAPITRE II: TERMINOLOGIE ET SYMBOLES LITTÉRAUX

1. Types de thyristors	12
2. Termes généraux	14
3. Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques	20
3.1 Tensions principales, tensions anode-cathode	20
3.2 Courants principaux, courants d'anode, courants de cathode	22
3.3 Caractéristiques de gâchette	24
3.4 Dissipation de puissance	28
3.5 Autres caractéristiques	28
4. Symboles littéraux	38

CHAPITRE III: VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES

SECTION UN — THYRISTORS TRIODES BLOQUÉS EN INVERSE

1. Généralités	48
2. Conditions pour les valeurs limites	48
3. Valeurs limites de tension et de courant	50
4. Valeurs limites de fréquence	62
5. Valeurs limites de dissipation de puissance	62
6. Valeurs limites de température	64
7. Caractéristiques électriques	64
8. Caractéristiques thermiques	76
9. Caractéristiques mécaniques et autres données	76
10. Données d'applications	76

SECTION DEUX — THYRISTORS TRIODES BIDIRECTIONNELS (TRIACS)

1. Généralités	80
2. Conditions pour les valeurs limites	80
3. Valeurs limites de tension et de courant	80
4. Valeurs limites de fréquence	86
5. Valeurs limites de dissipation de puissance	86
6. Valeurs limites de température	86
7. Caractéristiques électriques	86
8. Caractéristiques thermiques	92
9. Caractéristiques mécaniques et autres données	92
10. Données d'applications	92

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

Clause CHAPTER I: GENERAL

1. Introductory note	11
2. Scope	11

CHAPTER II: TERMINOLOGY AND LETTER SYMBOLS

1. Types of thyristors	13
2. General terms	15
3. Terms related to ratings and characteristics	21
3.1 Principal voltages, anode-cathode voltages	21
3.2 Principal currents, anode currents, cathode currents	23
3.3 Gate characteristics	25
3.4 Power dissipation	29
3.5 Other characteristics	29
4. Letter symbols	39

CHAPTER III: ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS

SECTION ONE — REVERSE BLOCKING TRIODE THYRISTORS

1. General	49
2. Rating conditions	49
3. Voltage and current ratings (limiting values)	51
4. Frequency ratings (limiting values)	63
5. Power dissipation ratings (limiting values)	63
6. Temperature ratings (limiting values)	65
7. Electrical characteristics	65
8. Thermal characteristics	77
9. Mechanical characteristics and other data	77
10. Application data	77

SECTION TWO — BI-DIRECTIONAL TRIODE THYRISTORS (TRIACS)

1. General	81
2. Rating conditions	81
3. Voltage and current ratings (limiting values)	81
4. Frequency ratings (limiting values)	87
5. Power dissipation ratings (limiting values)	87
6. Temperature ratings (limiting values)	87
7. Electrical characteristics	87
8. Thermal characteristics	93
9. Mechanical characteristics and other data	93
10. Application data	93

SECTION TROIS — THYRISTORS DIODES D'AMORÇAGE BIDIRECTIONNELS
À TEMPÉRATURE AMBIANTE SPÉCIFIÉE

Articles	Pages
1. Type	94
2. Matériau semiconducteur	94
3. Polarité	94
4. Encombrement	96
5. Valeurs limites	96
6. Caractéristiques	96
7. Informations supplémentaires	96

CHAPITRE IV: MÉTHODES DE MESURE

1. Caractéristiques électriques	98
1.1 Précautions générales	98
1.2 Tension à l'état passant	98
1.3 Courant inverse	104
1.4 Courant d'accrochage	106
1.5 Courant de maintien	108
1.6 Courant à l'état bloqué	110
1.7 Courant ou tension d'amorçage par la gâchette	116
1.8 Tension de non-amorçage par la gâchette et courant de gâchette de non-amorçage	118
1.9 Retard à la croissance commandée par la gâchette et temps d'amorçage par la gâchette	120
1.10 Temps de désamorçage par commutation du circuit	126
1.11 Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué	140
1.12 Vitesse critique de croissance de la tension de commutation	146
1.13 Charge recouvrée (par mesure du courant de recouvrement inverse)	158
2. Mesures thermiques	162
2.1 Température du point de référence	162
2.2 Résistance thermique et impédance thermique transitoire	162
3. Vérification des valeurs limites	170
3.1 Tension inverse de pointe non répétitive	170
3.2 Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué	172
3.3 Courant non répétitif de surcharge accidentelle à l'état passant	174
3.4 Courant à l'état passant des thyristors à commutation rapide	178
3.5 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant	200
4. Essai de charge thermique cyclique	206

CHAPITRE V: RÉCEPTION ET FIABILITÉ

SECTION UN — ESSAI D'ENDURANCE ÉLECTRIQUE

1. Exigences générales	208
2. Exigences spécifiques	208
ANNEXE — Méthodes de calcul des possibilités de charge en fonction du temps	214

SECTION THREE — AMBIENT-RATED BI-DIRECTIONAL TRIGGER DIODE THYRISTORS

Clause	Page
1. Type	95
2. Semiconductor material	95
3. Polarity	95
4. Outline	97
5. Limiting values	97
6. Characteristics	97
7. Supplementary information	97

CHAPTER IV: METHODS OF MEASUREMENT

1. Electrical characteristics	99
1.1 General precautions	99
1.2 On-state voltage	99
1.3 Reverse current	105
1.4 Latching current	107
1.5 Holding current	109
1.6 Off-state current	111
1.7 Gate trigger current or voltage	117
1.8 Gate non-trigger voltage and gate non-trigger current	119
1.9 Gate controlled delay time and turn-on time	121
1.10 Circuit commutated turn-off time	127
1.11 Critical rate of rise of off-state voltage	141
1.12 Critical rate of rise of commutating voltage	147
1.13 Recovered charge (by measurement of reverse recovery current)	159
2. Thermal measurements	163
2.1 Reference point temperature	163
2.2 Thermal resistance and transient thermal impedance	163
3. Verification of ratings (limiting values)	171
3.1 Non-repetitive peak reverse voltage	171
3.2 Non-repetitive peak off-state voltage	173
3.3 Surge (non-repetitive) on-state current	175
3.4 On-state current ratings of fast-switching thyristors	179
3.5 Critical rate of rise of on-state current	201
4. Thermal cycling load test	207

CHAPTER V: ACCEPTANCE AND RELIABILITY

SECTION ONE — ELECTRICAL ENDURANCE TEST

1. General requirements	209
2. Specific requirements	209
APPENDIX — Calculation methods for time varying load capability	215

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS

Dispositifs discrets et circuits intégrés

Sixième partie: Thyristors

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 norme a été préparée par le Comité d'Etudes n° 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs et circuits intégrés.

La Publication 747-6 constitue la sixième partie d'une norme générale sur les dispositifs à semiconducteurs, la Publication 747 de la CEI. En plus des normes générales de la Publication 747-1, les normes données dans la présente publication complètent les normes sur les thyristors.

Le Comité d'Etudes n° 47, réuni à Londres en septembre 1982, a approuvé le remaniement des Publications 147 et 148 de la CEI qui consiste en une nouvelle articulation en fonction des semiconducteurs traités. Toutes les parties constitutantes ayant déjà été approuvées par des votes suivant la Règle des Six Mois ou la Procédure des Deux Mois, il n'a pas été jugé nécessaire d'organiser un nouveau scrutin.

Les informations relatives aux circuits intégrés qui figurent déjà dans les Publications 147 et 148 seront dès lors incorporées à la Publication 748 de la CEI. Les informations relatives aux essais mécaniques et climatiques qui figurent déjà dans les Publications 147-5 et 5A seront dès lors incorporées à la Publication 749 de la CEI.

Cette norme sera tenue à jour en révisant et en élargissant son texte parallèlement à la poursuite des travaux du Comité d'Etudes n° 47 pour tenir compte des progrès effectués dans le domaine des dispositifs à semiconducteurs.

Note. — Les Publications 747, 748 et 749 annulent et remplacent, au fur et à mesure de la parution de leurs différentes parties, les Publications 147 et 148.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES

Discrete devices and integrated circuits

Part 6: Thyristors

FOREWORD

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

PREFACE

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

Publication 747-6 constitutes the sixth part of a general standard on semiconductor devices, IEC Publication 747. In addition to the general standards of Publication 747-1, the standards given in the present publication complete the standards on thyristors.

The meeting of Technical Committee No. 47, held in London in September 1982, approved the re-organization of IEC Publications 147 and 148 into the present device-oriented arrangement. Since all the constituent parts had been previously approved by votes under the Six Months' Rule or Two Months' Procedure, a new vote was not deemed necessary.

Material concerning integrated circuits previously found in Publications 147 and 148 will now be included in IEC Publication 748. Material concerning mechanical and climatic test methods previously found in Publications 147-5 and 5A will now be incorporated in IEC Publication 749.

This standard will be kept up to date by revising and extending the document as the work in Technical Committee No. 47 continues and takes into account advances in the field of semiconductor devices.

Note. — Publications 747, 748 and 749 supersede and replace, as their different parts are published, Publications 147 and 148.

INDEX DES RÉFÉRENCES CROISÉES

Nouveau paragraphe	Ancien paragraphe	Document ou publication	Nouveau paragraphe	Ancien paragraphe	Document ou publication
<i>Chapitre II</i>			3.5.6	3.63	147-0E
1 à 1.4	1 à 1.4	147-0A	3.5.7	3.49	147-0A
1.5	1.5	147-0E	3.5.8	3.72	147-0F
1.6	—	47(BC)796	3.5.9	3.68	147-0F
1.7	1.6	147-0C	3.5.10	3.45	147-0A
1.8	1.7	147-0A	3.5.11	3.46	147-0A
1.9	1.8	147-0A	3.5.12	3.47	147-0A
1.10	1.9	147-0A	3.5.13	3.48	147-0A
2.1 à 2.16	2.1 à 2.16	147-0A	3.5.14	3.44	147-0A
3.1.1	3.1	147-0A	3.5.15	3.43	147-0E
3.1.2	3.3	147-0A	3.5.16	3.69	147-0F
3.1.3	3.6	147-0A	3.5.17	3.65	147-0F
3.1.4	3.7	147-0A	3.5.18	3.64	147-0C
3.1.5	3.8	147-0A	3.5.19	3.71	147-0F
3.1.6	3.9	147-0A	<i>Chapitre III (section 1)</i>		
3.1.7	3.10	147-0A	1.1	—	47(BC)804
3.1.8	3.11	147-0A	1.2	—	47(BC)804, 758
3.1.9	3.4	147-0A	1.3	1.2	47(BC)804
3.1.10	3.5	147-0A	2	2	47(BC)804
3.1.11	3.2	147-0A	3.1 à 3.3.6	3.1 à 3.3.6	47(BC)804
3.1.12	3.12	147-0A	3.3.7	1.1	47(BC)758
3.1.13	3.13	147-0A	3.3.8	1.2	47(BC)758
3.1.14	3.14	147-0A	3.3.9 à 7.12	3.3.9 à 7.12	47(BC)804
3.1.15	3.15	147-0A	7.12.1	2.1	47(BC)758
3.2.1	3.26	147-0A	7.12.2	2.2	47(BC)758
3.2.2	3.34	147-0A	7.13 à 10	7.13 à 10	47(BC)804
3.2.3	3.35	147-0A	<i>Chapitre III (section 2)</i>		
3.2.4	3.58	147-0C	<i>Chapitre III (section 3)</i>		
3.2.5	3.57	147-0C	<i>Chapitre IV</i>		
3.2.6	3.24	147-0A	1 à 1.2.2	1 à 1.2.2	147-2A
3.2.7	3.33	147-0A	1.2.3	1.2.3	147-2E
3.2.8	3.28	147-0A	1.3	1.4	147-2E
3.2.9	3.29	147-0A	1.4	1.11	147-2E
3.2.10	3.30	147-0A	1.5	2.1	47(BC)759
3.2.11	3.55	147-0C	1.6	1.3	147-2A
3.2.12	3.56	147-0C	1.6.1	1.3.1	147-2A
3.2.13	3.59	147-0C	1.6.2	1.3.2	147-2A
3.2.14	3.27	147-0A	1.6.3	1.3.3	147-2E
3.2.15	3.25	147-0A	1.7	2.2	47(BC)759
3.3.1	3.16	147-0A	1.8	2.2	47(BC)807
3.3.2	3.17	147-0A	1.9	2.1	47(BC)807
3.3.3	3.18	147-0A	1.10	1.9	147-2D
3.3.4	3.19	147-0A	1.11	2.3	47(BC)759
3.3.5	3.20	147-0A	1.12	1.1 (sect. 2)	147-2H
3.3.6	3.21	147-0A	1.12.1	1.1.1 (sect. 2)	147-2H
3.3.7	3.22	147-0A	1.12.2	—	47(BC)675
3.3.8	3.23	147-0A	1.13	1.12	147-2E
3.3.9	3.36	147-0A	2 à 2.2.1	2 à 2.2.1	147-2A
3.3.10	3.37	147-0A	2.2.2	3.1	47(BC)807
3.3.11	3.38	147-0A	2.2.3	3.2	47(BC)807
3.3.12	3.39	147-0A	3 à 3.3	3 à 3.3	147-2E
3.3.13	3.40	147-0A	3.4	—	47(BC)805
3.3.14	3.41	147-0A	3.5	3.4	147-2E
3.4.1	3.70	147-0F	4	4	147-2E
3.4.2	3.60	147-0C	<i>Chapitre V</i>		
3.4.3	3.61	147-0C	1 à 2.5	1 à 2.5	147-4
3.4.4	3.66	147-0E	<i>Annexe</i>		
3.4.5	3.67	147-0E	<i>Annexe</i>		
3.5.1	3.53	147-0C	<i>Annexe</i>		
3.5.2	3.62	147-0C	<i>Annexe</i>		
3.5.3	3.50	147-0A	<i>Annexe</i>		
3.5.4	3.51	147-0A	<i>Annexe</i>		
3.5.5	3.52	147-0A	<i>Annexe</i>		

CROSS REFERENCES INDEX

New clause number	Old clause number	Document or publication	New clause number	Old clause number	Document or publication
<i>Chapter II</i>			3.5.6	3.63	147-0E
1 to 1.4	1 to 1.4	147-0A	3.5.7	3.49	147-0A
1.5	1.5	147-0E	3.5.8	3.72	147-0F
1.6	—	47(CO)796	3.5.9	3.68	147-0F
1.7	1.6	147-0C	3.5.10	3.45	147-0A
1.8	1.7	147-0A	3.5.11	3.46	147-0A
1.9	1.8	147-0A	3.5.12	3.47	147-0A
1.10	1.9	147-0A	3.5.13	3.48	147-0A
2.1 to 2.16	2.1 to 2.16	147-0A	3.5.14	3.44	147-0A
3.1.1	3.1	147-0A	3.5.15	3.43	147-0E
3.1.2	3.3	147-0A	3.5.16	3.69	147-0F
3.1.3	3.6	147-0A	3.5.17	3.65	147-0F
3.1.4	3.7	147-0A	3.5.18	3.64	147-0C
3.1.5	3.8	147-0A	3.5.19	3.71	147-0F
3.1.6	3.9	147-0A	<i>Chapter III (Section 1)</i>		
3.1.7	3.10	147-0A	1.1	—	47(CO)804
3.1.8	3.11	147-0A	1.2	—	47(CO)804, 758
3.1.9	3.4	147-0A	1.3	1.2	47(CO)804
3.1.10	3.5	147-0A	2	2	47(CO)804
3.1.11	3.2	147-0A	3.1 to 3.3.6	3.1 to 3.3.6	47(CO)804
3.1.12	3.12	147-0A	3.3.7	1.1	47(CO)758
3.1.13	3.13	147-0A	3.3.8	1.2	47(CO)758
3.1.14	3.14	147-0A	3.3.9 to 7.12	3.3.9 to 7.12	47(CO)804
3.1.15	3.15	147-0A	7.12.1	2.1	47(CO)758
3.2.1	3.26	147-0A	7.12.2	2.2	47(CO)758
3.2.2	3.34	147-0A	7.13 to 10	7.13 to 10	47(CO)804
3.2.3	3.35	147-0A	<i>Chapter III (Section 2)</i>		
3.2.4	3.58	147-0C	<i>Chapter III (Section 3)</i>		
3.2.5	3.57	147-0C	<i>Chapter IV</i>		
3.2.6	3.24	147-0A	1 to 1.2.2	1 to 1.2.2	147-2A
3.2.7	3.33	147-0A	1.2.3	1.2.3	147-2E
3.2.8	3.28	147-0A	1.3	1.4	147-2E
3.2.9	3.29	147-0A	1.4	1.11	147-2E
3.2.10	3.30	147-0A	1.5	2.1	47(CO)759
3.2.11	3.55	147-0C	1.6	1.3	147-2A
3.2.12	3.56	147-0C	1.6.1	1.3.1	147-2A
3.2.13	3.59	147-0C	1.6.2	1.3.2	147-2A
3.2.14	3.27	147-0A	1.6.3	1.3.3	147-2E
3.2.15	3.25	147-0A	1.7	2.2	47(CO)759
3.3.1	3.16	147-0A	1.8	2.2	47(CO)807
3.3.2	3.17	147-0A	1.9	2.1	47(CO)807
3.3.3	3.18	147-0A	1.10	1.9	147-2D
3.3.4	3.19	147-0A	1.11	2.3	47(CO)759
3.3.5	3.20	147-0A	1.12	1.1 (Sect. 2)	147-2H
3.3.6	3.21	147-0A	1.12.1	1.1.1 (Sect. 2)	147-2H
3.3.7	3.22	147-0A	1.12.2	—	47(CO)675
3.3.8	3.23	147-0A	1.13	1.12	147-2E
3.3.9	3.36	147-0A	2 to 2.2.1	2 to 2.2.1	147-2A
3.3.10	3.37	147-0A	2.2.2	3.1	47(CO)807
3.3.11	3.38	147-0A	2.2.3	3.2	47(CO)807
3.3.12	3.39	147-0A	3 to 3.3	3 to 3.3	147-2E
3.3.13	3.40	147-0A	3.4	—	47(CO)805
3.3.14	3.41	147-0A	3.5	3.4	147-2E
3.4.1	3.70	147-0F	4	4	147-2E
3.4.2	3.60	147-0C	<i>Chapter V</i>		
3.4.3	3.61	147-0C	1 to 2.5	1 to 2.5	147-4
3.4.4	3.66	147-0E	<i>Appendix</i>		
3.4.5	3.67	147-0E	<i>Appendix</i>		
3.5.1	3.53	147-0C	<i>Appendix</i>		
3.5.2	3.62	147-0C	<i>Appendix</i>		
3.5.3	3.50	147-0A	<i>Appendix</i>		
3.5.4	3.51	147-0A	<i>Appendix</i>		
3.5.5	3.52	147-0A	<i>Appendix</i>		

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS

Dispositifs discrets et circuits intégrés

Sixième partie: Thyristors

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

1. Note d'introduction

La présente publication doit être utilisée avec la Publication 747-1 qui donne les informations de base sur:

- la terminologie;
- les symboles littéraux;
- les valeurs limites et caractéristiques essentielles;
- les méthodes de mesure;
- la réception et la fiabilité.

2. Domaine d'application

La présente publication donne les normes pour les catégories et sous-catégories suivantes de dispositifs:

- thyristors triodes bloqués en inverse;
- thyristors triodes bidirectionnels (triacs);
- thyristors diodes bidirectionnels à température ambiante spécifiée (diacs);
- thyristors triodes passant en inverse.

L'ordre des différents chapitres est conforme à la Publication 747-1, chapitre III, paragraphe 2.1.

SEMICONDUCTOR DEVICES

Discrete devices and integrated circuits

Part 6: Thyristors

CHAPTER I: GENERAL

1. Introductory note

As a rule, it will be necessary to use Publication 747-1 together with the present publication. In 747-1, the user will find all basic information on:

- terminology;
- letter symbols;
- essential ratings and characteristics;
- measuring methods;
- acceptance and reliability.

2. Scope

The present publication gives standards for the following category or sub-category of devices:

- reverse blocking triode thyristors;
- bidirectional triode thyristors (triacs);
- ambient-rated bidirectional diode thyristors (diacs);
- reverse conducting triode thyristors.

The sequence of the different chapters is in accordance with Publication 747-1, Chapter III, Sub-clause 2.1.

CHAPITRE II: TERMINOLOGIE ET SYMBOLES LITTÉRAUX

Note. — Les termes suivis par un astérisque (*) ne sont pas applicables aux thyristors bidirectionnels.

1. Types de thyristors

(Voir figures 1 et 2, page 18.)

Comportement dans le troisième quadrant Nombre de bornes	Bloqué	Passant	Commutant
2 (diode)	Thyristor diode bloqué en inverse	Thyristor diode passant en inverse	Thyristor diode bidirectionnel
3 (triode)	Thyristor triode bloqué en inverse	Thyristor triode passant en inverse	Thyristor triode bidirectionnel

1.1 *Thyristor diode bloqué en inverse**

Thyristor à deux bornes qui pour une tension d'anode négative ne commute pas, mais présente un état bloqué en inverse.

1.2 *Thyristor triode bloqué en inverse**

Thyristor à trois bornes qui pour une tension d'anode négative ne commute pas, mais présente un état bloqué en inverse.

1.3 *Thyristor diode passant en inverse**

Thyristor à deux bornes qui pour une tension d'anode négative ne commute pas et conduit de forts courants à des tensions d'amplitude comparable à celle de la tension directe à l'état passant.

1.4 *Thyristor triode passant en inverse**

Thyristor à trois bornes qui pour une tension d'anode négative ne commute pas et conduit de forts courants à des tensions d'amplitude comparable à celle de la tension directe à l'état passant.

1.5 *Thyristor diode bidirectionnel (diac)*

Thyristor à deux bornes présentant sensiblement le même comportement de commutation dans le premier et le troisième quadrant de la caractéristique principale.

1.6 *Thyristor diode d'amorçage bidirectionnel*

Thyristor diode bidirectionnel n'ayant que trois couches.

CHAPTER II: TERMINOLOGY AND LETTER SYMBOLS

Note. — The terms followed by an asterisk (*) do not apply to bi-directional thyristors.

1. Types of thyristors

(See Figures 1 and 2, page 19.)

Behaviour in the third quadrant Number of terminals	Blocking	Conducting	Switching
2 (diode)	Reverse blocking diode thyristor	Reverse conducting diode thyristor	Bi-directional diode thyristor
3 (triode)	Reverse blocking triode thyristor	Reverse conducting triode thyristor	Bi-directional triode thyristor

1.1 *Reverse blocking diode thyristor**

A two-terminal thyristor which for negative anode voltage does not switch, but exhibits a reverse blocking state.

1.2 *Reverse blocking triode thyristor**

A three-terminal thyristor which for negative anode voltage does not switch, but exhibits a reverse blocking state.

1.3 *Reverse conducting diode thyristor**

A two-terminal thyristor which for negative anode voltage does not switch and conducts large currents at voltages comparable in magnitude to the forward on-state voltage.

1.4 *Reverse conducting triode thyristor**

A three-terminal thyristor which for negative anode voltage does not switch and conducts large currents at voltages comparable in magnitude to the forward on-state voltage.

1.5 *Bi-directional diode thyristor (diac)*

A two-terminal thyristor having substantially the same switching behaviour in the first and third quadrants of the principal characteristic.

1.6 *Bi-directional trigger diode thyristor*

A bi-directional diode thyristor with only three layers.

1.7 *Thyristor triode bidirectionnel (triac)*

Thyristor à trois bornes présentant sensiblement le même comportement de commutation dans le premier et le troisième quadrant de la caractéristique principale.

1.8 *Thyristor blocable*

Thyristor qui peut être commuté de l'état passant à l'état bloqué et vice versa en appliquant des signaux de commande, de polarité appropriée, à la borne de gâchette.

1.9 *Thyristor P**

Thyristor dans lequel la borne de gâchette est connectée à la région P la plus proche de la cathode et qui est normalement commuté à l'état passant en appliquant un signal positif à la borne de gâchette par rapport à la borne de cathode.

1.10 *Thyristor N**

Thyristor dans lequel la borne de gâchette est connectée à la région N la plus proche de l'anode et qui est normalement commuté à l'état passant en appliquant un signal négatif à la borne de gâchette par rapport à la borne d'anode.

2. Termes généraux

2.1 *Bornes maîtresses*

Les deux bornes au travers desquelles le courant principal circule.

2.2 *Borne d'anode**

Borne vers laquelle le courant direct circule à partir du circuit extérieur.

2.3 *Borne de cathode**

Borne à partir de laquelle le courant direct circule vers le circuit extérieur.

2.4 *Borne maîtresse 1 (d'un thyristor bidirectionnel)*

Borne maîtresse appelée «1» par le fabricant.

2.5 *Borne maîtresse 2 (d'un thyristor bidirectionnel)*

Borne maîtresse appelée «2» par le fabricant.

2.6 *Borne de gâchette*

Une borne vers, ou à partir de laquelle, seul le courant de commande circule.

Note. — Ce courant de commande est habituellement appelé «courant de gâchette».

1.7 *Bi-directional triode thyristor (triac)*

A three-terminal thyristor having substantially the same switching behaviour in the first and third quadrants of the principal characteristic.

1.8 *Turn-off thyristor*

A thyristor which can be switched from the on-state to the off-state and vice versa by applying control signals of appropriate polarity to the gate terminal.

1.9 *P-gate thyristor**

A thyristor in which the gate terminal is connected to the P-region nearest the cathode and which is normally switched to the on-state by applying a positive signal to the gate terminal with respect to the cathode terminal.

1.10 *N-gate thyristor**

A thyristor in which the gate terminal is connected to the N-region nearest the anode and which is normally switched to the on-state by applying a negative signal to the gate terminal with respect to the anode terminal.

2. **General terms**

2.1 *Main terminals*

The two terminals through which the principal current flows.

2.2 *Anode terminal**

The terminal to which forward current flows from the external circuit.

2.3 *Cathode terminal**

The terminal from which forward current flows to the external circuit.

2.4 *Main terminal 1 (of a bi-directional thyristor)*

The main terminal which is named "1" by the manufacturer.

2.5 *Main terminal 2 (of a bi-directional thyristor)*

The main terminal which is named "2" by the manufacturer.

2.6 *Gate terminal*

A terminal to or from which only control current flows.

Note. — This control current is usually called the gate current.

2.7 Tension principale

Tension (différence de potentiel) entre les bornes maîtresses.

Note. — Dans le cas des thyristors bloqués en inverse et passants en inverse, la tension principale est appelée positive quand le potentiel de l'anode est supérieur au potentiel de la cathode, et appelée négative quand le potentiel de l'anode est inférieur au potentiel de la cathode.
Dans le cas de thyristors bidirectionnels, on doit spécifier la polarité de la tension principale (par rapport aux bornes maîtresses).

2.8 Courant principal

Courant qui circule à travers les bornes maîtresses.

2.9 Tension de l'anode par rapport à la cathode (abréviation: tension d'anode)*

Tension (différence de potentiel) de (entre) la borne d'anode par rapport à (et) la borne de cathode.

Note. — On la dira positive lorsque le potentiel d'anode sera supérieur à celui de la cathode, et négative lorsqu'il sera inférieur à celui de la cathode.

2.10 Caractéristique (tension-courant) principale

Fonction, généralement représentée graphiquement, reliant la tension principale au courant principal, avec, s'il y a lieu, le courant de gâchette comme paramètre (voir la figure 2, page 18, pour les thyristors bidirectionnels).

2.11 Caractéristique tension-courant d'anode-cathode (abréviation: caractéristique d'anode)*

Fonction, généralement représentée graphiquement, reliant la tension d'anode au courant principal, avec, s'il y a lieu, le courant de gâchette comme paramètre (voir figure 1, page 18).

Note. — Lorsque aucune confusion n'est à craindre, on abrégera ce terme en «caractéristique d'anode» ou «caractéristique».

2.12 Etat passant

Etat d'un thyristor correspondant à la partie faible résistance, faible tension de la caractéristique principale.

Note. — Pour les dispositifs passant en inverse, cette définition est applicable seulement pour les tensions d'anode positives.

2.13 Etat bloqué

Etat d'un thyristor correspondant à la partie de la caractéristique principale entre l'origine et le point ou les points de retournement.

2.14 Etat bloqué dans le sens inverse*

Etat d'un thyristor bloqué en inverse, correspondant à la partie de la caractéristique d'anode pour des courants inverses, inférieurs en valeur absolue au courant à la tension de claquage inverse.

2.7 *Principal voltage*

The voltage (potential difference) between the main terminals.

Note. — In the case of reverse blocking and reverse conducting thyristors, the principal voltage is called positive when the anode potential is higher than the cathode potential, and called negative when the anode potential is lower than the cathode potential.

In the case of bi-directional thyristors, the polarity of the principal voltage (with regard to the main terminals) must be specified.

2.8 *Principal current*

The current which flows through the main terminals.

2.9 *Anode-cathode voltage (abbreviation: anode voltage) **

The voltage (potential difference) between anode terminal and cathode terminal.

Note. — It is called positive when the anode potential is higher than the cathode potential, and called negative when the anode potential is lower than the cathode potential.

2.10 *Principal (voltage-current) characteristic*

A function, usually represented graphically, relating the principal voltage to the principal current, with the gate current, where applicable, as a parameter (see Figure 2, page 19, for bi-directional thyristors).

2.11 *Anode-cathode (voltage-current) characteristic **

A function usually represented graphically relating the anode voltage to the principal current, with the gate current, where applicable, as a parameter (see Figure 1, page 19).

Note. — Where no confusion is likely to occur, the term can be abbreviated to "anode characteristic" or "characteristic".

2.12 *On-state*

The condition of a thyristor corresponding to the low-resistance low-voltage portion of the principal characteristic.

Note. — In the case of reverse conducting devices, this definition is applicable only for positive anode voltages.

2.13 *Off-state*

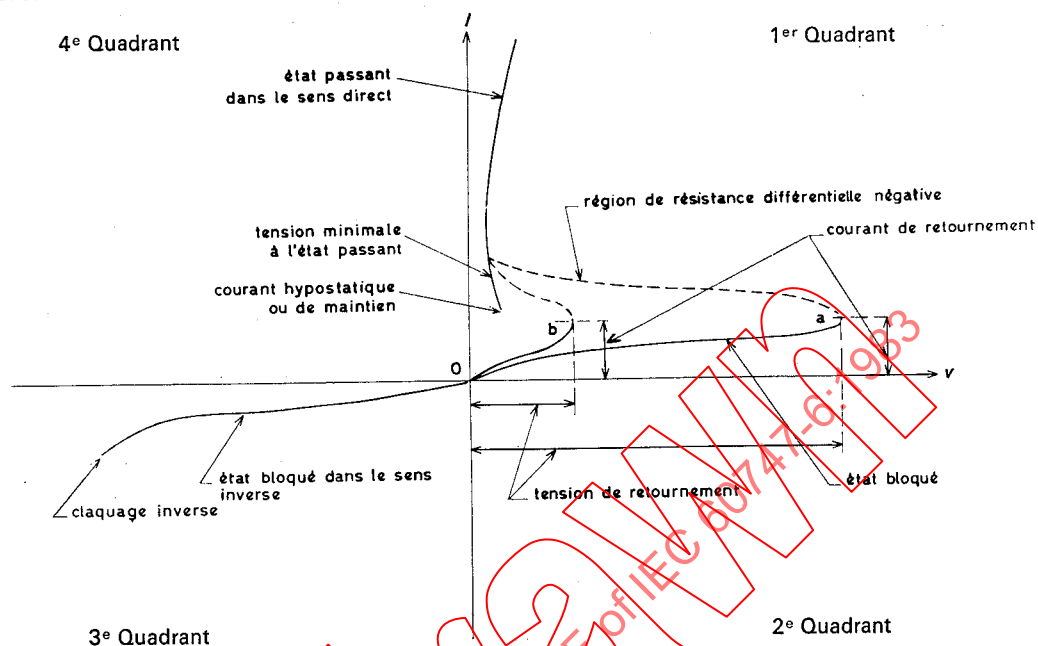
The condition of a thyristor corresponding to the portion of the principal characteristic between the origin and the breakover point or points.

2.14 *Reverse blocking state **

The condition of a reverse blocking thyristor corresponding to the portion of the anode characteristic for reverse currents of lower magnitude than the current at the reverse breakdown voltage.

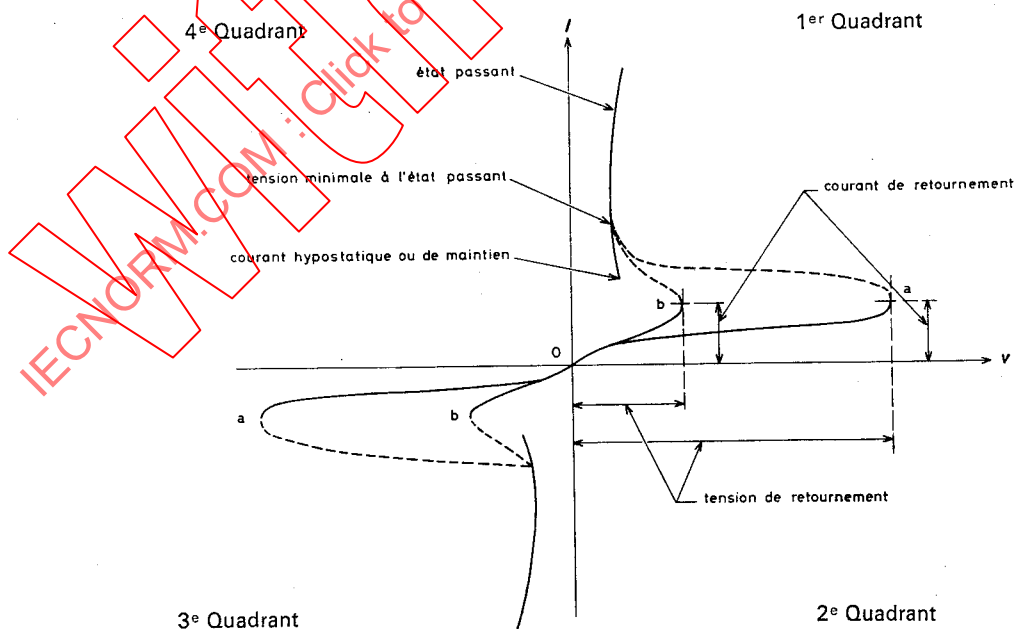
2.15 Région de résistance différentielle négative

Toute partie de la caractéristique principale pour laquelle la résistance différentielle est négative.



Note. — La courbe a correspond à un courant de gâchette nul ou à un thyristor diode.
La courbe b correspond à la présence d'un courant de gâchette.

FIG. 1. — Caractéristique tension-courant d'anode-cathode pour thyristors diodes et triodes bloqués en inverse.

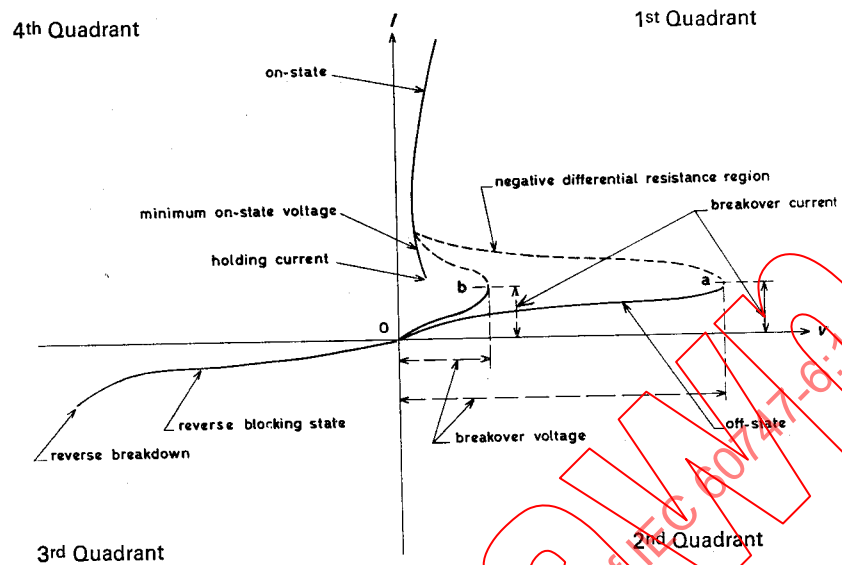


Note. — La courbe a correspond à un courant de gâchette nul ou à un thyristor diode.
La courbe b correspond à la présence d'un courant de gâchette.

FIG. 2. — Caractéristique tension-courant pour les thyristors diodes et triodes bidirectionnels.

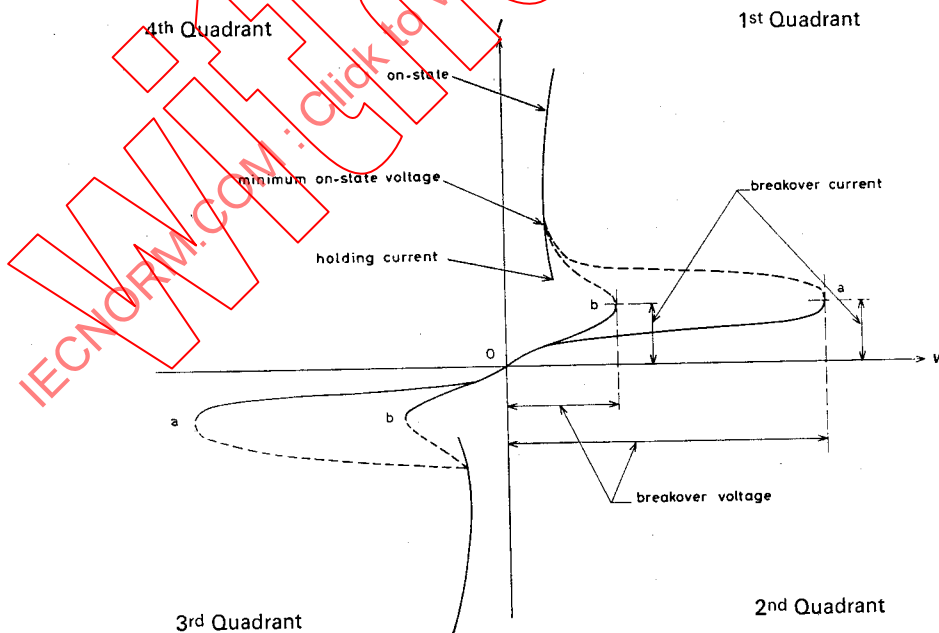
2.15 Negative differential resistance region

Any portion of the principal characteristic within which the differential resistance is negative.



Note. — Curve a corresponds to zero gate current or to a diode thyristor.
Curve b is with gate current present.

FIG. 1. — Anode-cathode voltage-current characteristic for reverse blocking diode and triode thyristors.



Note. — Curve a corresponds to zero gate current or to a diode thyristor.
Curve b is with the gate current present.

FIG. 2. — Voltage-current characteristic for bi-directional diode and triode thyristors.

2.16 Point de retournement

Tout point de la caractéristique principale pour lequel la résistance différentielle est nulle, et où la tension principale atteint une valeur maximale.

3. Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques

Note. — Lorsqu'il existe plusieurs sortes distinctes de symboles littéraux, on donne ici la plus utilisée (voir article 4).

3.1 Tensions principales, tensions anode-cathode

3.1.1 Tension directe *

Tension positive d'anode.

3.1.2 Tension de retournement

Tension principale au point de retournement.

3.1.3 Tension inverse *

Tension négative d'anode.

3.1.4 Tension inverse continue permanente * (V_R)

Valeur de la tension constante appliquée au thyristor lorsqu'il est à l'état bloqué dans le sens inverse.

3.1.5 Tension inverse de claquage (d'un thyristor bloqué en inverse) * (V_{BR})

Tension inverse à laquelle le courant inverse devient plus grand qu'une valeur spécifiée.

3.1.6 Tension inverse de crête (d'un thyristor bloqué en inverse) * (V_{RWM})

Valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse qui apparaît aux bornes du thyristor, excluant toutes les tensions transitoires répétitives et non répétitives (note 1).

3.1.7 Tension inverse de pointe répétitive (d'un thyristor bloqué en inverse) * (V_{RRM})

Valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse qui apparaît aux bornes du thyristor incluant toutes les tensions transitoires répétitives, mais excluant toutes les tensions transitoires non répétitives (note 1).

3.1.8 Tension inverse de pointe non répétitive (d'un thyristor bloqué en inverse) * (V_{RSM})

Valeur instantanée la plus élevée d'une quelconque tension inverse transitoire non répétitive qui apparaît aux normes du thyristor (voir la note du paragraphe 3.1.15).

2.16 Breakover point

Any point on the principal characteristic for which the differential resistance is zero and where the principal voltage reaches a maximum value.

3. Terms relating to ratings and characteristics

Note. — When several distinctive forms of a letter symbol exist, the most commonly used form is given (see Clause 4).

3.1 Principal voltages, anode-cathode voltages

3.1.1 Forward voltage *

A positive anode voltage.

3.1.2 Breakover voltage

The principal voltage at the breakover point.

3.1.3 Reverse voltage *

A negative anode voltage.

3.1.4 Continuous (direct) reverse voltage * (V_R)

The value of the constant voltage applied to the thyristor when it is in the reverse blocking state.

3.1.5 Reverse breakdown voltage (of a reverse blocking thyristor) * (V_{BR})

The reverse voltage at which the reverse current becomes greater than a specified value.

3.1.6 Crest (peak) working reverse voltage (of a reverse blocking thyristor) * (V_{RWM})

The highest instantaneous value of the reverse voltage which occurs across the thyristor, excluding all repetitive and non-repetitive transient voltages (Note 1).

3.1.7 Repetitive peak reverse voltage (maximum recurrent reverse voltage) (of a reverse blocking thyristor) * (V_{RRM})

The highest instantaneous value of the reverse voltage which occurs across the thyristor, including all repetitive transient voltages, but excluding all non-repetitive transient voltages (Note 1).

Note. — Preference should be given to the term “repetitive peak reverse voltage”.

3.1.8 Non-repetitive peak reverse voltage (peak transient reverse voltage) (of a reverse blocking thyristor) * (V_{RSM})

The highest instantaneous value of any non-repetitive transient reverse voltage which occurs across the thyristor (see note to Sub-clause 3.1.15).

Note. — Preference should be given to the term “non-repetitive peak reverse voltage”.

3.1.9 Tension à l'état passant

Tension principale lorsque le thyristor est à l'état passant.

3.1.10 Tension de seuil ($V_{T(TO)}$)

Valeur de la tension à l'état passant obtenue au point de rencontre, avec l'axe des tensions, de la droite représentant approximativement la caractéristique à l'état passant.

3.1.11 Tension à l'état bloqué

Tension principale lorsque le thyristor est à l'état bloqué.

3.1.12 Tension continue permanente à l'état bloqué (V_D)

Valeur de la tension constante appliquée au thyristor lorsqu'il est à l'état bloqué.

3.1.13 Tension de crête à l'état bloqué (V_{DWM})

Valeur instantanée la plus élevée de la tension à l'état bloqué qui apparaît aux bornes du thyristor, excluant toutes les tensions transitoires répétitives et non répétitives (note 1).

3.1.14 Tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM})

Valeur instantanée la plus élevée de la tension à l'état bloqué qui apparaît aux bornes du thyristor, incluant toutes les tensions transitoires répétitives, mais excluant toutes les tensions transitoires non répétitives (note 1).

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

Valeur instantanée la plus élevée d'une quelconque tension transitoire non répétitive à l'état bloqué qui apparaît aux bornes du thyristor (note 1).

Note 1. — Une tension répétitive est habituellement une fonction du circuit et accroît la dissipation de puissance du dispositif. Une tension transitoire non répétitive est habituellement due à une cause extérieure et on admet que son effet a complètement disparu avant que la tension transitoire suivante n'arrive.

3.2 Courants principaux, courants d'anode, courants de cathode

3.2.1 Courant de retournement

Courant principal au point de retournement.

3.2.2 Courant inverse*

Courant principal pour une tension négative d'anode.

3.2.3 Courant inverse à l'état bloqué (d'un thyristor bloqué en inverse)*

Courant inverse lorsqu'un thyristor bloqué en inverse est à l'état bloqué dans le sens inverse.

3.2.4 Courant inverse résistif

Partie du courant inverse en régime permanent autre que le courant de recouvrement, s'il existe.

3.2.5 Courant de recouvrement inverse (i_{RR})

Partie du courant inverse qui existe pendant le temps de recouvrement inverse.

3.1.9 On-state voltage

The principal voltage when the thyristor is in the on-state.

3.1.10 Threshold voltage ($V_{T(To)}$)

The value of the on-state voltage obtained at the intersection of the straight line approximation of the on-state characteristic with the voltage axis.

3.1.11 Off-state voltage

The principal voltage when the thyristor is in the off-state.

3.1.12 Continuous (direct) off-state voltage (V_D)

The value of the constant voltage applied to the thyristor when it is in the off-state.

3.1.13 Crest (peak) working off-state voltage (V_{DWM})

The highest instantaneous value of the off-state voltage which occurs across the thyristor, excluding all repetitive and non-repetitive transient voltages (Note 1).

3.1.14 Repetitive peak off-state voltage (V_{DRM})

The highest instantaneous value of the off-state voltage which occurs across the thyristor including all repetitive transient voltages, but excluding all non-repetitive transient voltages (Note 1).

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

The highest instantaneous value of any non-repetitive transient off-state voltage which occurs across the thyristor (Note 1).

Note 1. — A repetitive voltage is usually a function of the circuit and increases the power dissipation of the device. A non-repetitive transient voltage is usually due to an external cause and it is assumed that its effect has completely disappeared before the next transient arrives.

3.2 Principal currents, anode currents, cathode currents

3.2.1 Breakover current

The principal current at the breakover point.

3.2.2 Reverse current*

The principal current for negative anode voltage.

3.2.3 Reverse blocking current (of a reverse blocking thyristor)*

The reverse current when a reverse blocking thyristor is in the reverse blocking state.

3.2.4 Resistive reverse current

That part of the steady-state reverse current exclusive of the recovery current, if any.

3.2.5 Reverse recovery current (i_{RR})

That part of the reverse current which occurs during the reverse recovery time.

3.2.6 *Courant à l'état passant*

Courant principal lorsque le thyristor est à l'état passant.

3.2.7 *Courant continu permanent à l'état passant (I_T)*

Valeur du courant constant à l'état passant.

3.2.8 *Courant moyen à l'état passant (d'un thyristor bloqué en inverse)**

Valeur moyenne du courant à l'état passant calculée sur la période complète.

3.2.9 *Courant efficace à l'état passant (d'un thyristor bidirectionnel)*

Valeur efficace du courant à l'état passant pour une période complète.

3.2.10 *Courant de pointe répétitif à l'état passant (I_{TRM})*

Valeur de pointe du courant à l'état passant incluant tous les courants transitoires répétitifs.

3.2.11 *Courant de surcharge prévisible à l'état passant (I_{OV})*

Courant dont l'application permanente causerait un dépassement de la valeur limite maximale de la température virtuelle, mais qui est limité dans le temps de manière que cette température ne soit pas dépassée.

Note. — Les dispositifs peuvent être soumis à des courants de surcharge prévisible aussi fréquemment que l'application le demande, tout en étant soumis également à des tensions de fonctionnement normales.

3.2.12 *Courant de surcharge accidentelle à l'état passant (I_{TSM})*

Courant dont l'application provoque un dépassement de la valeur limite maximale de la température virtuelle, mais que l'on suppose ne se produire que rarement, avec un nombre limité de fois durant la vie du dispositif, et être la conséquence de conditions inhabituelles dans le circuit (par exemple des conditions de défaut).

3.2.13 *Courant d'accrochage (I_L)*

Courant principal minimal nécessaire pour maintenir le thyristor à l'état passant immédiatement après la commutation de l'état bloqué à l'état passant, lorsque le signal de déclenchement a cessé.

Note. — La valeur du courant d'accrochage dépend des conditions de fonctionnement.

3.2.14 *Courant hypostatique ou de maintien*

Courant principal minimal nécessaire pour maintenir le thyristor à l'état passant.

3.2.15 *Courant à l'état bloqué*

Courant principal lorsque le thyristor est à l'état bloqué.

3.3 *Caractéristiques de gâchette*

3.3.1 *Tension de gâchette*

Tension de la borne de gâchette par rapport à une borne maîtresse spécifiée.

3.2.6 *On-state current*

The principal current when the thyristor is in the on-state.

3.2.7 *Continuous (direct) on-state current (I_T)*

The value of the constant on-state current.

3.2.8 *Mean on-state current (of a reverse blocking thyristor)**

The mean value of the on-state current averaged over a full cycle.

3.2.9 *R.M.S. on-state current (of a bi-directional thyristor)*

The r.m.s. value of the on-state current for full cycle.

3.2.10 *Repetitive peak on-state current (I_{TRM})*

The peak value of the on-state current including all repetitive transient currents.

3.2.11 *Overload on-state current (I_{OV})*

A current, the continuous application of which would cause the maximum rated virtual temperature to be exceeded, but which is limited in time such that this temperature is not exceeded.

Note. — Devices may be subjected to overload currents as frequently as called for by the application, whilst being subjected to normal operating voltages.

3.2.12 *Surge on-state current (I_{TSM})*

A current the application of which causes the maximum rated virtual temperature to be exceeded, but which is assumed to occur rarely and with a limited number of such occurrences during the service life of the device and to be a consequence of unusual circuit conditions (e.g. fault conditions).

3.2.13 *Latching current (I_L)*

The minimum principal current required to maintain the thyristor in the on-state, immediately after switching from the off-state to the on-state, after the triggering signal has been removed.

Note. — The value of latching current is dependent on operating conditions.

3.2.14 *Holding current*

The minimum principal current required to maintain the thyristor in the on-state.

3.2.15 *Off-state current*

The principal current when the thyristor is in the off-state.

3.3 *Gate characteristics*

3.3.1 *Gate voltage*

The voltage between a gate terminal and a specified main terminal.

3.3.2 Tension directe de gâchette *

Tension négative de la gâchette par rapport à l'anode pour un thyristor N et tension positive de la gâchette par rapport à la cathode pour un thyristor P.

3.3.3 Tension directe de pointe de gâchette * (V_{FGM})

Valeur instantanée la plus élevée de la tension directe de gâchette incluant toutes les tensions transitoires.

3.3.4 Tension inverse de gâchette *

Tension positive de la gâchette par rapport à l'anode pour un thyristor N et tension négative de la gâchette par rapport à la cathode pour un thyristor P.

3.3.5 Tension inverse de pointe de gâchette * (V_{RGM})

Valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse de gâchette, incluant toutes les tensions transitoires.

3.3.6 Tension d'amorçage par la gâchette

Tension de gâchette nécessaire pour produire le courant de gâchette d'amorçage.

3.3.7 Tension de non-amorçage par la gâchette

Tension de gâchette la plus élevée qui ne commute pas le thyristor de l'état bloqué à l'état passant.

3.3.8 Tension de désamorçage par la gâchette

Tension de gâchette nécessaire pour produire le courant de gâchette de désamorçage.

Note. — Les thyristors ne peuvent pas tous être désamorcés par la gâchette.

3.3.9 Courant direct de gâchette *

Courant de gâchette correspondant à la tension directe de gâchette.

3.3.10 Courant direct de pointe de gâchette * (I_{FGM})

Valeur instantanée la plus élevée du courant direct de gâchette incluant tous les courants transitoires.

3.3.11 Courant inverse de gâchette *

Courant de gâchette correspondant à la tension inverse de gâchette.

3.3.12 Courant de gâchette d'amorçage

Courant de gâchette le plus faible nécessaire pour provoquer la commutation d'un thyristor de l'état bloqué à l'état passant.

3.3.13 Courant de gâchette de non-amorçage

Courant de gâchette correspondant à la tension de non-amorçage par la gâchette.

3.3.2 *Forward gate voltage**

The negative gate-anode voltage for N-gate thyristors. The positive gate-cathode voltage for P-gate thyristors.

3.3.3 *Peak forward gate voltage** (V_{FGM})

The highest instantaneous value of forward gate voltage including all transient voltages.

3.3.4 *Reverse gate voltage**

The positive gate-anode voltage for N-gate thyristors. The negative gate-cathode voltage for P-gate thyristors.

3.3.5 *Peak reverse gate voltage** (V_{RGM})

The highest instantaneous value of reverse gate voltage including all transient voltages.

3.3.6 *Gate trigger voltage*

The gate voltage required to produce the gate trigger current.

3.3.7 *Gate non-trigger voltage*

The highest gate voltage which will not cause the thyristor to switch from the off-state to the on-state.

3.3.8 *Gate turn-off voltage*

The gate voltage required to produce the gate turn-off current.

Note. — Not all thyristors can be turned off by the gate.

3.3.9 *Forward gate current**

The gate current corresponding to the forward gate voltage.

3.3.10 *Peak forward gate current** (I_{FGM})

The highest instantaneous value of forward gate current including all transient currents.

3.3.11 *Reverse gate current**

The gate current corresponding to the reverse gate voltage.

3.3.12 *Gate trigger current*

The lowest gate current required to switch a thyristor from the off-state to the on-state.

3.3.13 *Gate non-trigger current*

The gate current corresponding to the gate non-trigger voltage.

3.3.14 *Courant de gâchette de désamorçage*

Courant de gâchette le plus faible nécessaire pour provoquer la commutation d'un thyristor de l'état passant à l'état bloqué.

Note. — Les thyristors ne peuvent pas tous être désamorcés par la gâchette.

3.4 *Dissipation de puissance*

3.4.1 *Dissipation de puissance en inverse (d'un thyristor triode passant en inverse) (P_R)*

Dissipation de puissance due à la circulation du courant inverse.

3.4.2 *Dissipation de puissance à l'état passant (P_T)*

Dissipation de puissance due au passage du courant à l'état passant.

3.4.3 *Dissipation de puissance moyenne à l'état passant*

Valeur moyenne du produit de la tension instantanée à l'état passant et du courant instantané à l'état passant calculée sur une période complète.

3.4.4 *Dissipation à l'établissement du courant*

Puissance dissipée dans le thyristor lors du passage de l'état bloqué à l'état passant, lorsque le thyristor est commuté d'une tension à l'état bloqué à un courant à l'état passant.

3.4.5 *Dissipation à la coupure du courant*

Puissance dissipée dans le thyristor lors du passage de l'état passant à l'état bloqué ou à l'état bloqué dans le sens inverse, lorsque le thyristor est commuté d'un courant à l'état passant à une tension à l'état bloqué ou à une tension inverse à l'état bloqué.

3.5 *Autres caractéristiques*

3.5.1 *Droite représentant approximativement la caractéristique à l'état passant*

Approximation de la caractéristique à l'état passant de la tension en fonction du courant à l'aide d'une droite qui coupe cette caractéristique en deux points spécifiés.

3.5.2 *Résistance apparente à l'état passant (r_T)*

Valeur de la résistance qui correspond à la pente de la droite représentant approximativement la caractéristique à l'état passant.

3.5.3 *Résistance thermique (R_{th})*

A l'étude.

3.5.4 *Impédance thermique transitoire ($Z_{th)t}$)*

A l'étude.

3.5.5 *Température virtuelle de jonction (T_{vj})*

A l'étude.

3.3.14 Gate turn-off current

The lowest gate current required to switch a thyristor from the on-state to the off-state.

Note. — Not all thyristors can be turned off by the gate.

3.4 Power dissipation

3.4.1 Reverse power dissipation (of a reverse conducting triode thyristor) (P_R)

The power dissipation resulting from the flow of the reverse current.

3.4.2 On-state power dissipation (P_T)

The power dissipation resulting from the flow of on-state current.

3.4.3 Mean on-state power dissipation

The mean value of the product of the instantaneous on-state voltage and the instantaneous on-state current averaged over a full cycle.

3.4.4 Turn-on dissipation

The power dissipated within the thyristor during the change between off-state and on-state, when the thyristor is switched from an off-state voltage to an on-state current.

3.4.5 Turn-off dissipation

The power dissipated within the thyristor during the change between on-state and off-state or reverse blocking state, when the thyristor is switched from an on-state current to an off-state voltage or to a reverse blocking voltage.

3.5 Other characteristics

3.5.1 Straight line approximation of the on-state characteristic

An approximation of the voltage versus current on-state characteristic by means of a straight line which crosses this characteristic at two specified points.

3.5.2 On-state slope resistance (r_T)

The value of the resistance calculated from the slope of the straight line approximation of the on-state characteristic.

3.5.3 Thermal resistance (R_{th})

Under consideration.

3.5.4 Transient thermal impedance ($Z_{(th)t}$)

Under consideration.

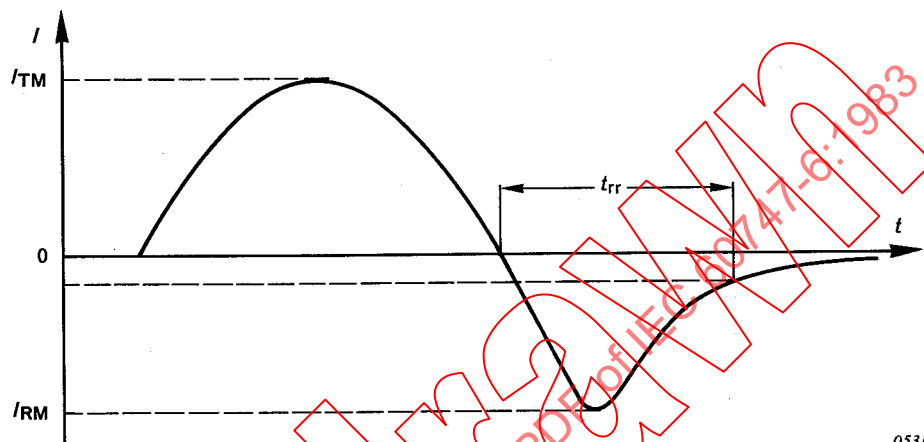
3.5.5 Virtual junction temperature (T_{vj})

Under consideration.

3.5.6 Temps de recouvrement inverse (d'un thyristor bloqué en inverse) (t_{rr})

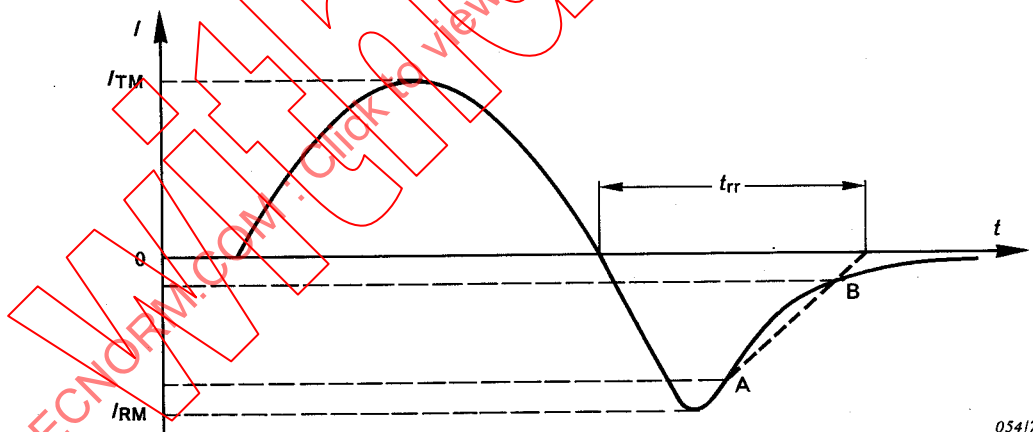
Intervalle de temps compris entre l'instant où le courant passe par la valeur zéro, au cours du passage de l'état passant à l'état bloqué dans le sens inverse, et l'instant où le courant inverse, après avoir atteint la valeur de pointe I_{RM} , est réduit à une faible valeur spécifiée (comme il est indiqué dans la figure 3) ou atteint par extrapolation la valeur zéro (comme il est indiqué dans la figure 4).

Note. — L'extrapolation est effectuée en traçant une droite passant par deux points A et B spécifiés, comme il est indiqué dans la figure 4.



053/79

FIGURE 3



054/79

FIGURE 4

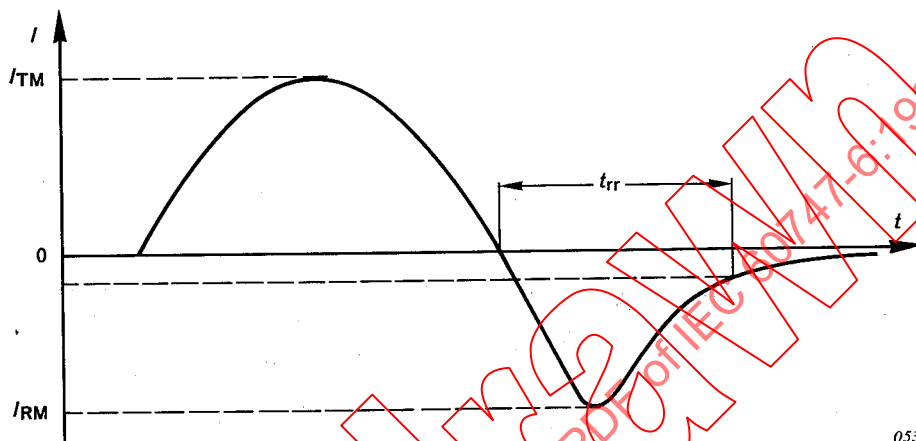
3.5.7 Temps de recouvrement après commutation du circuit (temps de désamorçage après commutation du circuit) (t_q)

Temps écoulé entre l'instant où le courant principal est devenu nul, après commutation extérieure des circuits maîtres et l'instant où la tension principale spécifiée que le thyristor est susceptible de supporter sans se réamorcer passe par zéro.

3.5.6 Reverse recovery time (of a reverse blocking thyristor) (t_{rr})

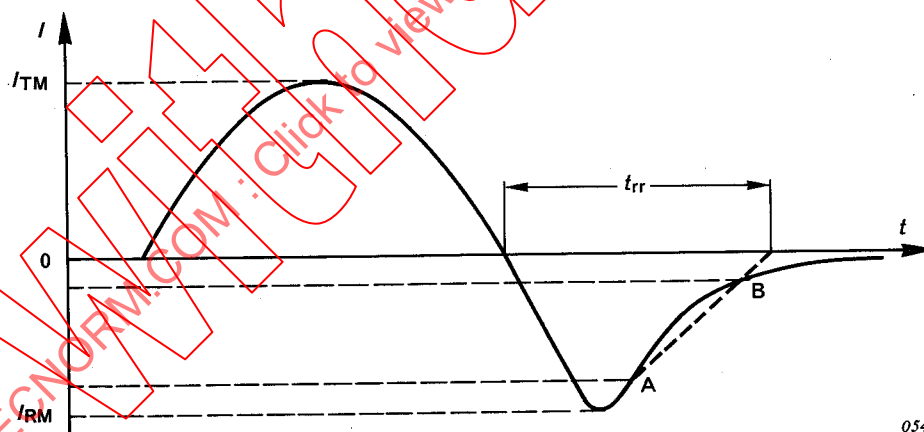
The time interval between the instant when the current passes through zero, when changing from the on-state to the reverse blocking state, and the instant when the reverse current is reduced from its peak value I_{RM} to a specified low value (as shown in Figure 3), or when the extrapolated reverse current reaches zero (as shown in Figure 4).

Note. — The extrapolation is carried out with respect to specified points A and B, as shown in generalized form in Figure 4.



053/79

FIGURE 3



054/79

FIGURE 4

3.5.7 Circuit commutated recovery time (circuit commutated turn-off time) (t_q)

The time interval between the instant when the principal current has decreased to zero after external switching of the main circuits, and the instant when the specified principal voltage which the thyristor is capable of supporting without turning-on passes zero.

3.5.8 Temps de recouvrement à l'état bloqué (d'un thyristor triode passant en inverse) (t_{dr})

Intervalle de temps entre l'instant où le courant s'annule lors du passage d'une condition inverse à une condition à l'état bloqué, et l'instant où le courant à l'état bloqué est réduit — après avoir atteint sa valeur de pointe I_{DM} — à une faible valeur spécifiée (comme indiqué dans la figure 5) ou lorsque la valeur obtenue par extrapolation du courant à l'état bloqué atteint la valeur zéro (comme indiqué dans la figure 6).

Note. — L'extrapolation s'effectue entre deux points spécifiés A et B, comme il est indiqué dans la figure 6.

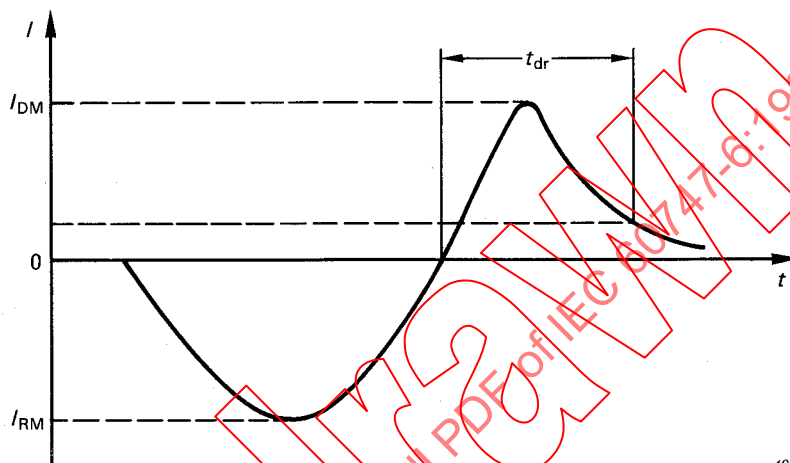
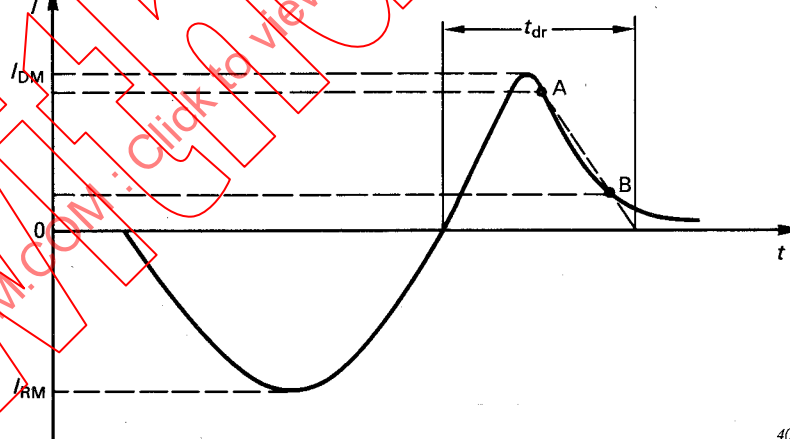


FIGURE 5

408/82



409/82

FIG. 5 et 6. — Formes d'onde du courant.

3.5.9 Intervalle de suppression (t_H)

Intervalle entre l'instant où le courant principal des dispositifs à semiconducteurs d'une valve à convertisseurs devient nul et celui où les mêmes dispositifs à semiconducteurs sont soumis à une tension à l'état bloqué.

Note. — L'intervalle de suppression doit être supérieur au temps de désamorçage après commutation du circuit des dispositifs à semiconducteurs.

Ils dépendent tous deux des conditions d'utilisation du semiconducteur.

3.5.8 Off-state recovery time (of a reverse conducting triode thyristor) (t_{dr})

The time interval between the instant when the current passes through zero, when changing from the reverse direction to the off-state condition and the instant when the off-state current is reduced from its peak value I_{DM} to a specified low value (as shown in Figure 5) or when the extrapolated off-state current reaches zero (as shown in Figure 6).

Note. — The extrapolation is carried out with respect to specified points A and B as shown in generalized form in Figure 6.

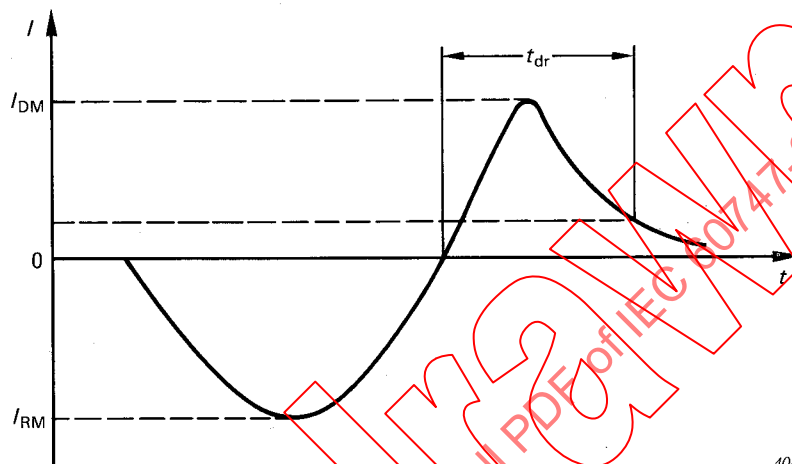
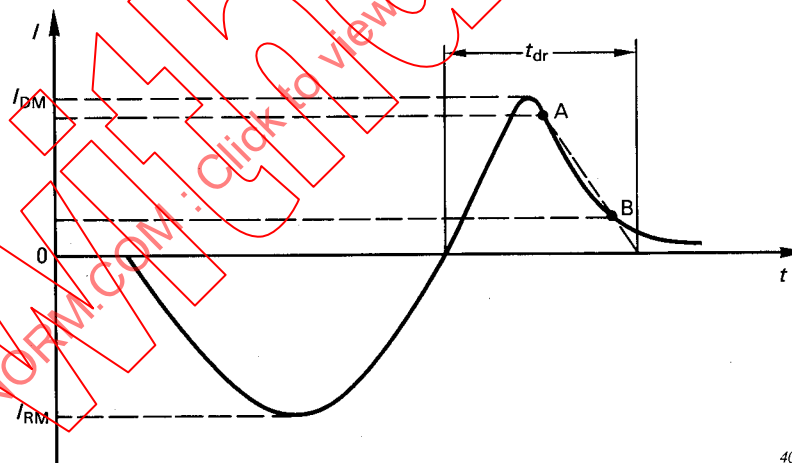


FIGURE 5

408/82



409/82

FIGS. 5 and 6. — Current waveforms.

3.5.9 Hold-off interval (t_H)

The interval between the instant when the principal current of the semiconductor devices of a converter valve has decreased to zero and the instant when the same semiconductor devices are subjected to off-state voltage.

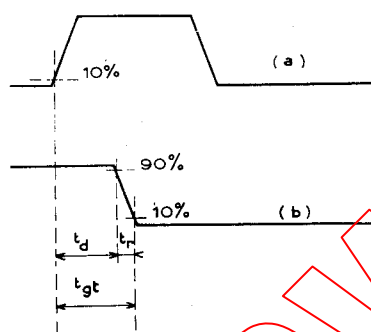
Note. — The hold-off interval should exceed the circuit commutated turn-off time of the semiconductor devices.

Both of them depend on the service conditions of the converter.

3.5.10 Temps d'amorçage par la gâchette (t_{gt})

Intervalle de temps pendant lequel le thyristor est commuté de l'état bloqué à l'état passant, par l'application d'une impulsion d'amorçage par la gâchette.

Note. — Cet intervalle est habituellement mesuré à partir d'un point spécifié au début de l'impulsion de gâchette, jusqu'à l'instant où la tension principale a diminué de sa valeur initiale à une valeur spécifiée. Le temps d'amorçage est la somme du retard à la croissance et du temps de croissance.



t_d = retard à la croissance
 t_r = temps de croissance
 t_{gt} = temps d'amorçage par la gâchette

Courbe (a): impulsion de gâchette provoquant l'amorçage.
 Courbe (b): amplitude de la tension principale.

FIG. 7. — Caractéristique d'amorçage d'un thyristor.

3.5.11 Retard à la croissance commandée par la gâchette (t_{gd}), (t_d)

Intervalle de temps entre un point spécifié au début de l'impulsion de gâchette et l'instant auquel la tension principale est tombée à une valeur spécifiée proche de sa valeur initiale, durant la commutation du thyristor de l'état bloqué à l'état passant, par une impulsion de gâchette.

Note. — Lorsque aucune confusion n'est susceptible de se produire, ce terme peut être abrégé en «retard à la croissance».

3.5.12 Temps de croissance commandée par la gâchette (t_{gr}), (t_r)

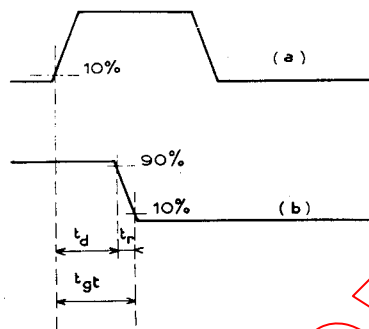
Intervalle de temps entre l'instant où la tension principale commence à décroître depuis une valeur spécifiée proche de sa valeur initiale et l'instant où elle atteint une valeur spécifiée inférieure, pendant la commutation du thyristor de l'état bloqué à l'état passant, par une impulsion de gâchette.

Note. — Lorsque aucune confusion n'est susceptible de se produire, ce terme peut être abrégé en «temps de croissance».

3.5.10 Gate controlled turn-on time (t_{gt})

The time interval during which the thyristor is switching from the off-state to the on-state as a result of the application of a gate trigger pulse.

Note. — The interval is usually measured from a specified point at the beginning of the gate pulse to the instant at which the principal voltage has dropped from its initial value to a specified value.
The turn-on time is the sum of the delay time and the rise time.



t_d = delay time
 t_r = rise time
 t_{gt} = gate controlled turn-on time

Curve (a): gate pulse causing turn-on.
 Curve (b): principal voltage amplitude.

FIG. 7. — Turn-on characteristic of a thyristor.

3.5.11 Gate controlled delay time (t_{gd}), (t_d)

The time interval between a specified point at the beginning of the gate pulse and the instant at which the principal voltage has dropped to a specified value, near its initial value, during the switching of a thyristor from the off-state to the on-state by a gate pulse.

Note. — Where no confusion is likely to occur, the term can be abbreviated to “delay time”.

3.5.12 Gate controlled rise time (t_{gr}), (t_r)

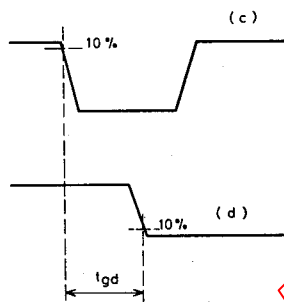
The time interval between the instant when the principal voltage has dropped from a specified value, near its initial value, and the instant when it reaches a specified low value, during the switching of a thyristor from the off-state to the on-state by a gate pulse.

Note. — Where no confusion is likely to occur, the term can be abbreviated to “rise time”.

3.5.13 Temps de désamorçage par la gâchette (t_{gq})

Temps écoulé entre l'application à la borne de gâchette d'une impulsion de forme d'onde spécifiée qui commute le thyristor de son état passant à son état bloqué et l'instant où le courant principal a décroché jusqu'à une valeur spécifiée, les conditions de circuit étant spécifiées.

Note. — Les thyristors ne peuvent pas tous être désamorçés par la gâchette.



t_{gd} = temps de désamorçage par la gâchette

Courbe (c): impulsion de gâchette provoquant le désamorçage.

Courbe (d): amplitude du courant principal.

FIG. 8. — Caractéristique de désamorçage d'un thyristor.

3.5.14 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant

Valeur la plus élevée de la vitesse de croissance du courant à l'état passant qu'un thyristor peut supporter sans détérioration.

3.5.15 Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué

La plus forte valeur de la vitesse de croissance de la tension qui n'entraîne pas la commutation de l'état bloqué à l'état passant dans des conditions spécifiées.

3.5.16 Vitesse critique de croissance de la tension de commutation (d'un thyristor triode passant en inverse)

La plus forte valeur de la vitesse de croissance de la tension principale, immédiatement après conduction du courant inverse, qui ne provoque pas la commutation de l'état bloqué à l'état passant.

3.5.17 Vitesse critique de croissance de la tension de commutation (d'un triac)

ou:

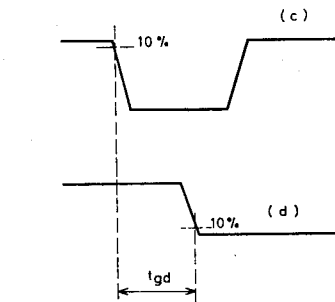
vitesse critique de croissance de la tension réappliquée à l'état bloqué (d'un triac)

La plus forte valeur de la vitesse de croissance de la tension principale, immédiatement après conduction du courant dans le sens opposé, qui ne provoque pas la commutation de l'état bloqué à l'état passant.

3.5.13 Gate controlled turn-off time (t_{gq})

The time interval between the application at the gate terminal of a pulse of a specified waveform, which pulse switches the thyristor from its on-state to its off-state, and the instant when the principal current has decreased to a specified value, the circuit conditions being specified.

Note. — Not all thyristors can be turned off by the gate.



t_{gd} = gate controlled turn-off time

Curve (c): gate pulse causing turn-off.

Curve (d): principal current amplitude.

FIG. 8. — Turn-off characteristic of a thyristor.

3.5.14 Critical rate of rise of on-state current

The highest value of the rate of rise of on-state current which a thyristor can withstand without deleterious effect.

3.5.15 Critical rate of rise of off-state voltage

The highest value of the rate of rise of voltage that will not cause switching from the off-state to the on-state under specified conditions.

3.5.16 Critical rate of rise of commutating voltage (of a reverse conducting triode thyristor)

The highest value of the rate of rise of principal voltage, immediately following reverse current conduction, that will not cause switching from the off-state to the on-state.

3.5.17 Critical rate of rise of commutating voltage (of a triac)

or:

Critical rate of rise of the reapplied off-state voltage (of a triac)

The highest value of the rate of rise of principal voltage, immediately following on-state current conduction in the opposite direction, that will not cause switching from the off-state to the on-state.

3.5.18 Charge recouvrée (Q_r)

Charge totale recouvrée dans le thyristor après commutation d'une condition de courant à l'état passant spécifiée à une condition inverse spécifiée.

Note. — Cette charge inclut les composantes dues aux porteurs de charge stockée et à la capacité de la couche diélectrique.

3.5.19 Charge recouvrée à l'état bloqué (d'un thyristor triode passant en inverse) (Q_{dr})

Charge totale recouvrée par le thyristor après commutation d'une condition de courant inverse spécifiée à une condition à l'état bloqué spécifiée.

4. Symboles littéraux

4.1 Généralités

Les règles générales de la Publication 747-1, chapitre V, sont applicables en partie.

4.2 Indices généraux supplémentaires

En supplément à la liste des indices généraux donnés dans la Publication 747-1, chapitre V, les indices spéciaux suivants sont recommandés pour le domaine des thyristors:

4.2.1 Pour les courants, les tensions et les puissances

(Voir aussi paragraphe 2.2.1 de la Publication 747-1, chapitre V)

A, a = anode
 K, k = cathode
 G, g = gâchette
 D, d = état bloqué, désamorçage
 T, t = état passant, amorçage
 H, h = hypostatique, maintien
 (BO) = retournement
 Q, q = bloquant
 (TO) = seuil.

4.2.2 Pour les paramètres électriques

(Voir aussi paragraphe 2.2.2 de la Publication 747-1, chapitre V)

t = amorçage
 q = désamorçage
 T = apparent.

4.3 Liste de symboles littéraux

Les symboles littéraux contenus dans les listes suivantes sont recommandés pour être utilisés dans le domaine des thyristors; ils ont été établis en accord avec les règles générales.

3.5.18 Recovered charge (Q_r)

The total charge recovered from the thyristor after switching from a specified on-state current condition to a specified reverse condition.

Note. — This charge includes components due to both carrier storage and depletion layer capacitance.

3.5.19 Off-state recovered charge (of a reverse conducting triode thyristor) (Q_{dr})

The total charge recovered from the thyristor after switching from a specified reverse current condition to a specified off-state condition.

4. Letter symbols

4.1 General

The general rules of Publication 747-1, Chapter V, are applicable in part.

4.2 Additional general subscripts

In addition to the list of recommended general subscripts given in Publication 747-1, Chapter V, the following special subscripts are recommended for the field of thyristors:

4.2.1 For currents, voltages and powers

(See also Sub-clause 2.2.1 of Publication 747-1, Chapter V)

A, a = anode
K, k = cathode
G, g = gate
D, d = off-state, non-trigger
T, t = on-state, trigger
H, h = holding
(BO) = breakover
Q, q = turn-off
(TO) = threshold.

4.2.2 For electrical parameters

(See also Sub-clause 2.2.2 of Publication 747-1, Chapter V)

t = turn-on
q = turn-off
T = slope.

4.3 List of letter symbols

The symbols contained in the following lists are recommended for use in the field of thyristors; they have been compiled in accordance with the general rules.

4.3.1 Tensions principales, tensions anode-cathode

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Tension continue à l'état bloqué	V_D	
Tension de pointe à l'état bloqué	V_{DM}	
Tension de crête à l'état bloqué	V_{DWM}	
Tension de pointe répétitive à l'état bloqué	V_{DRM}	
Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué	V_{DSM}	
Tension continue de retournement	$V_{(BO)}$	
Tension continue à l'état passant	V_T	
Tension minimale à l'état passant	V_{TMIN}	
Tension de seuil à l'état passant	$V_{T(To)}$	
Tension inverse continue	V_R	
Tension inverse de crête	V_{RWM}	
Tension inverse de pointe répétitive	V_{RRM}	
Tension inverse de pointe non répétitive	V_{RSM}	
Tension inverse de claquage	$V_{(BR)}$	

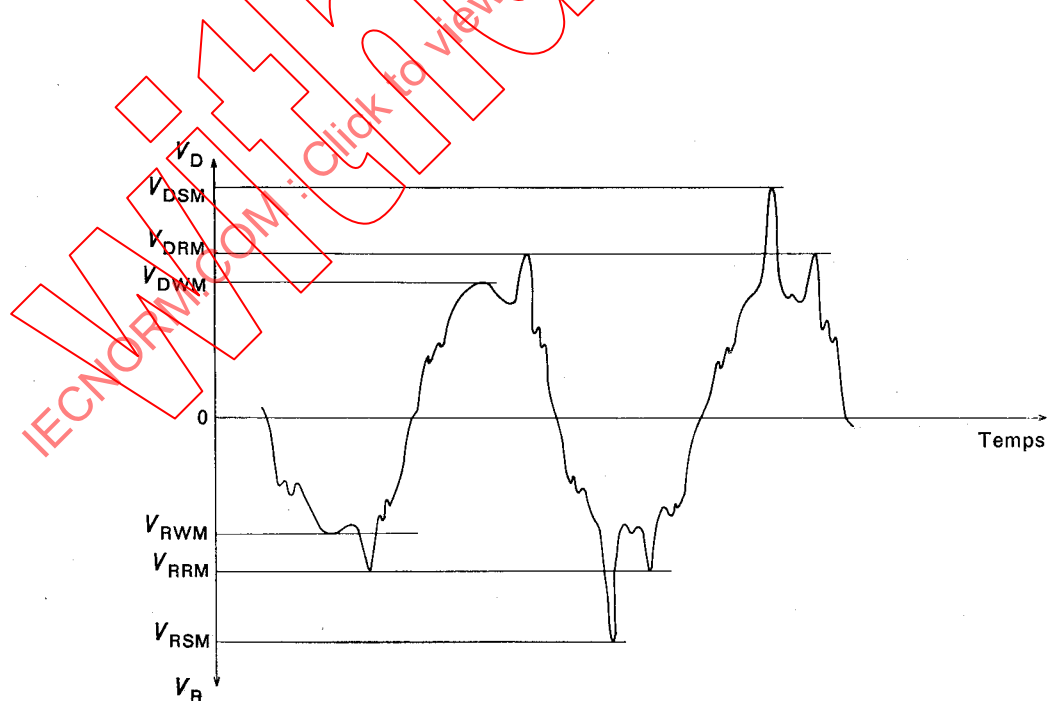


FIGURE 9

4.3.1 *Principal voltages, anode-cathode voltages*

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Continuous (direct) off-state voltage	V_D	
Peak off-state voltage	V_{DM}	
Crest (peak) working off-state voltage	V_{DWM}	
Repetitive peak off-state voltage	V_{DRM}	
Non-repetitive peak off-state voltage	V_{DSM}	
Breakover continuous (direct) voltage	$V_{(BO)}$	
Continuous (direct) on-state voltage	V_T	
Minimum on-state voltage	V_{TMIN}	
On-state threshold voltage	$V_{T(TO)}$	
Continuous (direct) reverse voltage	V_R	
Crest (peak) working reverse voltage	V_{RWM}	
Repetitive peak reverse voltage	V_{RRM}	
Non-repetitive peak reverse voltage	V_{RSM}	
Reverse breakdown voltage	V_{BR}	



FIGURE 9

4.3.2 Courants principaux, courants d'anode, courants de cathode

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Courant continu à l'état bloqué	I_D	
Courant continu de retournement	$I_{(BO)}$	
Courant continu hypostatique	I_H	
Courant continu à l'état passant	I_T	
Courant de surcharge prévisible à l'état passant	$I_{(OV)}$	
Courant de pointe répétitif à l'état passant	I_{TRM}	
Courant de surcharge accidentelle à l'état passant	I_{TSM}	
Courant inverse continu à l'état bloqué	I_R	
Courant inverse de pointe répétitif	I_{RRM}	
Courant de recouvrement inverse	i_{RR}	
Courant d'accrochage	I_L	

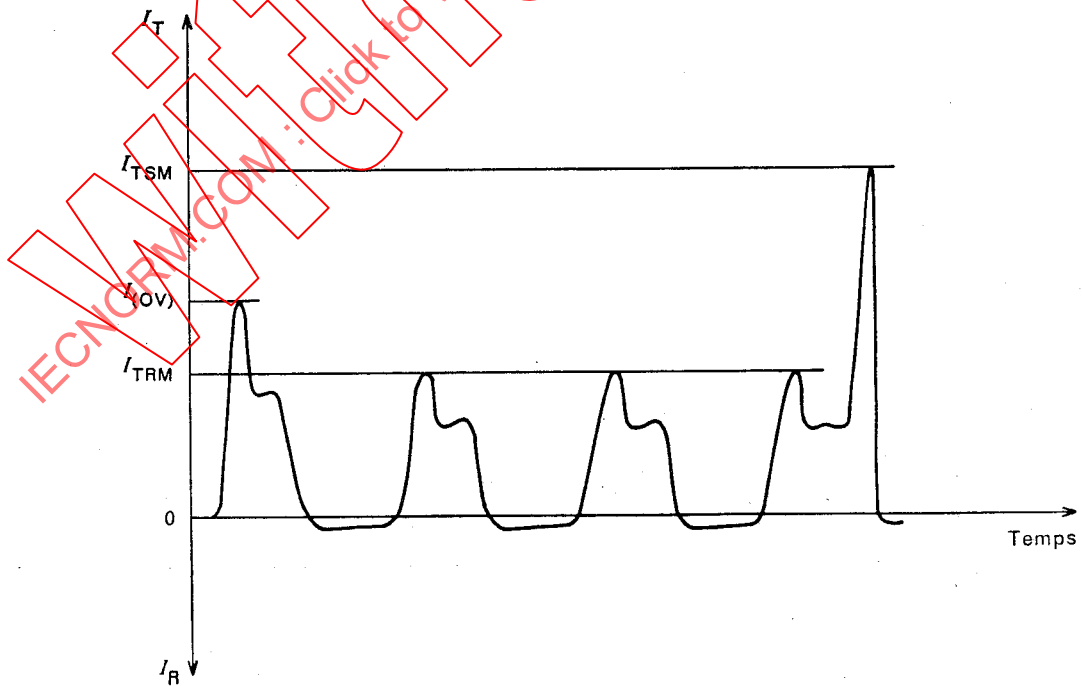


FIGURE 10

4.3.2 Principal currents, anode currents, cathode currents

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Continuous (direct) off-state current	I_D	
Continuous (direct) breakover current	$I_{(BO)}$	
Continuous (direct) holding current	I_H	
Continuous (direct) on-state current	I_T	
Overload on-state current	$I_{(OV)}$	
Repetitive peak on-state current	I_{TRM}	
Surge (non-repetitive) on-state current	I_{TSM}	
Continuous (direct) reverse blocking current	I_R	
Repetitive peak reverse current	I_{RRM}	
Reverse recovery current	i_{RR}	
Latching current	I_L	

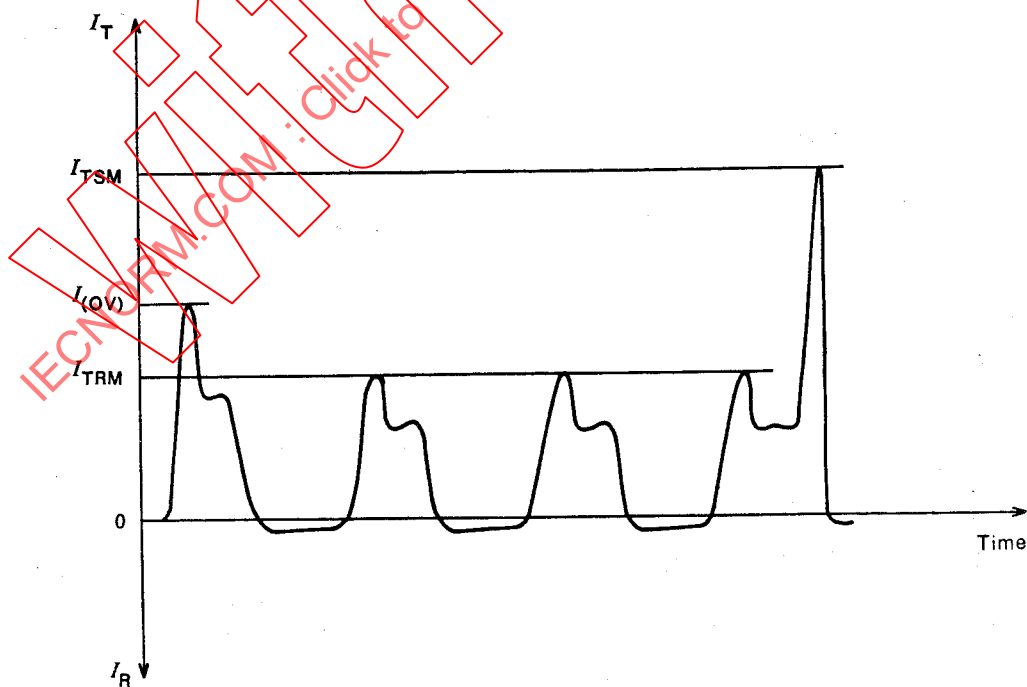


FIGURE 10

4.3.3 Tensions de gâchette

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Tension directe continue de gâchette	V_{FG}	
Tension directe de pointe de gâchette	V_{FGM}	
Tension inverse continue de gâchette	V_{RG}	
Tension inverse de pointe de gâchette	V_{RGM}	
Tension continue d'amorçage par la gâchette	V_{GT}	
Tension continue minimale d'amorçage par la gâchette	V_{GTMIN}	
Tension continue de non-amorçage par la gâchette	V_{GD}	
Tension continue de désamorçage par la gâchette	V_{GQ}	

4.3.4 Courants de gâchette

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Courant direct continu de gâchette	I_{FG}	
Courant direct de pointe de gâchette	I_{FGM}	
Courant inverse continu de gâchette	I_{RG}	
Courant continu de gâchette d'amorçage	I_{GT}	
Courant continu de gâchette de non-amorçage	I_{GD}	
Courant continu de gâchette de désamorçage	I_{GQ}	

4.3.5 Grandeurs de temps

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Temps d'amorçage par la gâchette	t_{gt}	
Temps de désamorçage par la gâchette	t_{gq}	
Temps de désamorçage par commutation du circuit	t_q	
Retard à la croissance commandée par la gâchette	$t_{gd}, (t_d)$	t_d et t_r ne doivent être utilisés que si aucune confusion n'est possible

4.3.3 Gate voltages

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Forward gate continuous (direct) voltage	V_{FG}	
Peak forward gate voltage	V_{FGM}	
Reverse gate continuous (direct) voltage	V_{RG}	
Peak reverse gate voltage	V_{RGM}	
Gate trigger continuous (direct) voltage	V_{GT}	
Minimum gate trigger voltage	V_{GTMIN}	
Gate non-trigger continuous (direct) voltage	V_{GD}	
Gate turn-off continuous (direct) voltage	V_{GQ}	

4.3.4 Gate currents

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Forward gate continuous (direct) current	I_{FG}	
Peak forward gate current	I_{FGM}	
Reverse gate continuous (direct) current	I_{RG}	
Gate trigger continuous (direct) current	I_{GT}	
Gate non-trigger continuous (direct) current	I_{GD}	
Gate turn-off continuous (direct) current	I_{GQ}	

4.3.5 Time quantities

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Gate controlled turn-on time	t_{gt}	
Gate controlled turn-off time	t_{gq}	
Circuit commutated recovery time (circuit commutated turn-off time)	t_q	
Gate-controlled delay time	$t_{gd}, (t_d)$	t_d and t_r are to be used only when misinterpretation will not result

4.3.5 (suite)

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Temps de croissance commandée par la gâchette	t_{gr} , (t_r)	t_d et t_r ne doivent être utilisés que si aucune confusion n'est possible
Temps de recouvrement à l'état bloqué	t_{dr}	Pour les thyristors triodes passant en inverse
Intervalle de suppression	t_H	

4.3.6 Grandeurs diverses

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Résistance apparente à l'état passant	r_T	
Vitesse critique de croissance de la tension de commutation	$dv/dt (c)$, ($dv/dt (com)$)	Pour les thyristors triodes passant en inverse, $dv/dt (c)$ est le symbole préféré
Charge recouvrée à l'état bloqué	Q_{dr}	Pour les thyristors triodes passant en inverse
Energie totale d'une impulsion de courant à l'état passant	E_p W_p	

4.3.7 Dissipations de puissance

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Dissipation de puissance à l'état passant	P_T	
Dissipation de puissance en inverse	P_R	Pour les thyristors triodes bloqués et passant en inverse
Dissipation de puissance à l'état bloqué	P_D	
Dissipation à l'établissement du courant: - dissipation moyenne à l'établissement du courant - dissipation totale instantanée à l'établissement du courant - dissipation de pointe à l'établissement du courant	$P_{TT(AV)}$ P_{TT} P_{TTM}	
Dissipation à la coupure du courant: - dissipation moyenne à la coupure du courant - dissipation totale instantanée à la coupure du courant - dissipation de pointe à la coupure du courant	$P_{RQ(AV)}$ ou $P_{DQ(AV)}$ P_{RQ} ou P_{DQ} P_{RQM} ou P_{DQM}	

4.3.5 (continued)

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Gate-controlled rise time	t_{gr} , (t_r)	t_d and t_r are to be used only when misinterpretation will not result
Off-state recovery time	t_{dr}	For reverse conducting triode thyristors
Hold-off interval	t_H	

4.3.6 Sundry quantities

Name and designation	Letter symbol	Remarks
On-state slope resistance	r_T	
Critical rate of rise of commutating voltage	dv/dt (c), (dv/dt (com))	For reverse conducting triode thyristors, dv/dt (c) is the preferred symbol
Off-state recovered charge	Q_{dr}	For reverse conducting triode thyristors
Total energy of on-state current pulse	E_p W_p	

4.3.7 Power dissipation

Name and designation	Letter symbol	Remarks
On-state power dissipation	P_T	
Reverse power dissipation	P_R	For reverse blocking and conducting triode thyristors
Off-state power dissipation	P_D	
Turn-on dissipation: – average turn-on dissipation – total instantaneous turn-on dissipation – peak turn-on dissipation	$P_{TT(AV)}$ P_{TT} P_{TTM}	
Turn-off dissipation: – average turn-off dissipation – total instantaneous turn-off dissipation – peak turn-off dissipation	$P_{RQ(AV)}$ or $P_{DQ(AV)}$ P_{RQ} or P_{DQ} P_{RQM} or P_{DQM}	

CHAPITRE III: VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES

SECTION UN – THYRISTORS TRIODES BLOQUÉS EN INVERSE

1. Généralités

1.1 Gamme d'application

Cette section donne des normes pour les thyristors triodes bloqués en inverse, soit de type P, soit de type N.

Les thyristors blocables ne sont pas spécifiquement couverts par ces normes. Le terme «thyristor triode bloqué en inverse» a été abrégé dans le texte en «thyristor».

1.2 Méthodes de spécification

On doit spécifier les thyristors comme des dispositifs à température ambiante spécifiée ou comme des dispositifs à température de boîtier spécifiée.

Aux fréquences élevées, les valeurs limites de courant des thyristors prévus pour applications en commutation rapide dépendent, d'une manière plutôt complexe, des dissipations dues à l'état passant, à l'amorçage, au recouvrement inverse et au courant de gâchette. C'est pourquoi, il est nécessaire de prévoir des valeurs limites dépendant de la fréquence.

Outre les valeurs limites de courant données pour une température spécifiée d'un point de référence, on doit connaître la dissipation de puissance moyenne ou l'énergie totale pour un fonctionnement dans ces conditions de valeurs limites du courant, afin de calculer les conditions de refroidissement nécessaires. Pour effectuer ce calcul, on doit indiquer l'énergie moyenne pour une impulsion. On obtient la dissipation de puissance moyenne en multipliant l'énergie par impulsion par la fréquence de répétition.

1.3 Températures recommandées

Plusieurs des valeurs limites et des caractéristiques doivent être indiquées à une température de 25 °C et à une autre température spécifiée. Sauf indication contraire, cette autre température spécifiée doit être choisie par le fabricant dans la liste donnée par la Publication 747-1; de plus, les températures de -40 °C et de +35 °C peuvent être utilisées.

2. Conditions pour les valeurs limites

Les valeurs limites données à l'article 3 doivent être indiquées pour une ou plusieurs des conditions thermiques suivantes:

2.1 Thyristors à température ambiante spécifiée

2.1.1 Convection libre

A 25 °C et à une température plus élevée (voir paragraphe 1.3). Le fluide de refroidissement et la pression (dans le cas d'un gaz) doivent être spécifiés.

La pression atmosphérique doit être au moins 90 kPa (900 mbar), ce qui correspond à une altitude maximale de 1000 m au-dessus du niveau de la mer.

CHAPTER III: ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS

SECTION ONE – REVERSE BLOCKING TRIODE THYRISTORS

1. General

1.1 Range of application

This section gives standards for reverse blocking triode thyristors, which may be either of the “P” gate or the “N” gate types.

Turn-off thyristors are not specifically covered by these standards. The term “reverse blocking triode thyristor” has been abbreviated in the text to “thyristor”.

1.2 Rating methods

Thyristors should be specified as ambient-rated devices or as case-rated devices.

The current ratings of *fast-switching thyristors* depend on the on-state, turn-on, reverse recovery and gate current dissipation in a rather complicated way. Therefore, ratings dependent on frequency are necessary.

Besides the current ratings given for a specified reference-point temperature, the average power dissipation when operating under these current rating conditions should be known to calculate the cooling conditions necessary. For this calculation, the average power or the total energy for one pulse should be given. If the energy per pulse is given, the average power dissipation is obtained by multiplying it by the repetition frequency.

1.3 Recommended temperatures

Many of the ratings and characteristics are required to be quoted at a temperature of 25 °C and at one other specified temperature. Unless otherwise stated, the one other specified temperature should be chosen by the manufacturer from the list in Publication 747-1, in addition, temperatures of –40 °C and +35 °C may be used.

2. Rating conditions

The ratings given in Clause 3 should be stated under one or more of the following thermal conditions.

2.1 Ambient-rated thyristors

2.1.1 Natural convection

At 25 °C and at one higher temperature (see Sub-clause 1.3). The cooling fluid and pressure (in the case of a gas) should be specified.

Air pressure should be at least 90 kPa (900 mbar), corresponding to a maximum level of 1000 m above sea level.

2.1.2 Circulation forcée

A une température de la liste des températures recommandées (voir paragraphe 1.3).

Le type, la pression et le débit du fluide de refroidissement doivent être spécifiés.

2.2 Thyristors à température de boîtier spécifiée

A une température du point de référence choisie dans la liste des températures recommandées (voir paragraphe 1.3).

Note. — La température du point de référence est normalement la température du boîtier. Pour les petits thyristors, la température d'une des bornes peut être spécifiée.

3. Valeurs limites de tension et de courant

Les valeurs limites suivantes doivent être valables dans toute la gamme des conditions de fonctionnement pour les dispositifs particuliers.

3.1 Tensions anode-cathode

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

Valeur maximale d'une impulsion de tension inverse en forme de demi-onde sinusoïdale, dont la durée doit être spécifiée.

Cette durée doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 10; 8,3; 1 et 0,1 ms.

3.1.2 Tension inverse de pointe répétitive (V_{RRM})

Valeur maximale des impulsions de tension inverse répétitives en forme de demi-ondes sinusoïdales, dont la durée et la vitesse de répétition doivent être spécifiées.

Cette durée doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 10; 8,3; 1 et 0,1 ms.

3.1.3 Tension inverse de crête (V_{RWM})

Valeur maximale d'une tension inverse répétitive en forme de demi-ondes sinusoïdales à la fréquence du réseau, en général 50 ou 60 Hz (durée: 10 ou 8,3 ms).

3.1.4 Tension inverse continue (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

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

Valeur maximale d'une impulsion de tension à l'état bloqué en forme de demi-onde sinusoïdale, dont la durée doit être spécifiée.

Cette durée doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 10; 8,3; 1 et 0,1 ms.

3.1.6 Tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM})

Valeur maximale des impulsions de tension répétitives à l'état bloqué, en forme de demi-ondes sinusoïdales, dont la durée et la vitesse de répétition doivent être spécifiées.

Cette durée doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 10; 8,3; 1 et 0,1 ms.

2.1.2 Forced circulation

At a temperature taken from the list of recommended temperatures (see Sub-clause 1.3).

The type, pressure and flow of the cooling fluid should be specified.

2.2 Case-rated thyristors

At a reference-point temperature taken from the list of recommended temperatures (see Sub-clause 1.3).

Note. — The reference-point temperature is normally the case temperature. For small thyristors, the temperature on one of the terminals may be specified.

3. Voltage and current ratings (limiting values)

The following ratings must be valid for the whole range of operating conditions as stated for the particular device.

3.1 Anode-cathode voltages

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

Maximum value of a pulse of reverse voltage with a half-wave sinusoidal waveform, the duration of which has to be specified.

This duration should be chosen from the following values: 10; 8.3; 1 and 0.1 ms.

3.1.2 Repetitive peak reverse voltage (V_{RRM})

Maximum value of repetitive reverse voltage pulses, with half-wave sinusoidal waveform, whose duration and repetition rate have to be specified.

This duration should be chosen from the following values: 10; 8.3; 1 and 0.1 ms.

3.1.3 Crest (peak) working reverse voltage (V_{RWM})

Maximum value of a repetitive reverse voltage having a half-wave sinusoidal waveform at mains frequency, usually 50 or 60 Hz (duration: 10 or 8.3 ms).

3.1.4 Continuous (direct) reverse voltage (where appropriate)

Maximum value.

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

Maximum value of a pulse of off-state voltage with a half-wave sinusoidal waveform, the duration of which has to be specified.

This duration should be chosen from the following values: 10; 8.3; 1 and 0.1 ms.

3.1.6 Repetitive peak off-state voltage (V_{DRM})

Maximum value of repetitive off-state voltage pulses, with half-wave sinusoidal waveform, whose duration and repetition rate have to be specified.

This duration should be chosen from the following values: 10; 8.3; 1 and 0.1 ms.

3.1.7 Tension de crête à l'état bloqué (V_{DWM})

Valeur maximale d'une tension répétitive à l'état bloqué en forme de demi-ondes sinusoïdales à la fréquence du réseau, en général 50 ou 60 Hz (durée: 10 ou 8,3 ms).

3.1.8 Tension continue à l'état bloqué (s'il y a lieu)

Valeur maximale dans des conditions spécifiées de signal de commande et d'impédance du circuit de gâchette.

3.2 Tensions de gâchette

Les tensions de gâchette sont appliquées entre les bornes de gâchette et de cathode dans le cas d'un thyristor P (gâchette positive pour une tension directe de gâchette) et entre les bornes de gâchette et d'anode dans le cas d'un thyristor N (anode positive pour une tension directe de gâchette).

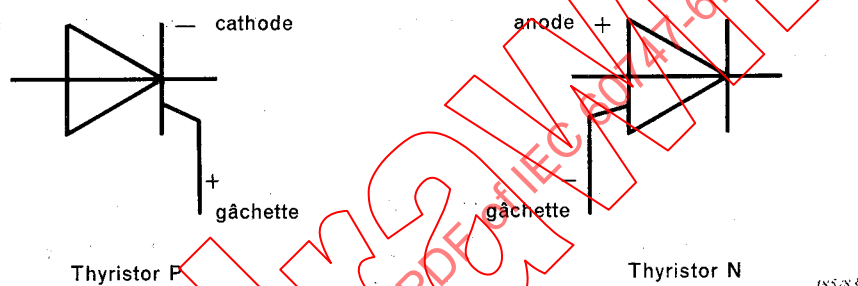


FIGURE 11

3.2.1 Tension directe de pointe de gâchette (anode positive par rapport à la cathode)

Valeur maximale.

3.2.2 Tension directe de pointe de gâchette (anode négative par rapport à la cathode)

Valeur maximale.

3.2.3 Tension inverse de pointe de gâchette

Valeur maximale.

3.3 Courant à l'état passant

3.3.1 Courant moyen à l'état passant

Courbe indiquant les valeurs maximales en fonction de la température ambiante ou de la température de boîtier pour un circuit monophasé, simple alternance, avec un angle de conduction de 180° et avec une charge résistive. En outre, on peut donner des courbes pour d'autres angles de conduction.

Note. — La valeur limite du courant moyen à l'état passant est donnée en supposant qu'aucune surcharge ne se produise.

3.3.2 Courant de pointe répétitif à l'état passant (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

Cette valeur limite doit être exprimée en fonction de l'angle de conduction directe.

3.1.7 Crest (peak) working off-state voltage (V_{DWM})

Maximum value of a repetitive off-state voltage having a half-wave sinusoidal waveform at mains frequency, usually 50 or 60 Hz (duration: 10 or 8.3 ms).

3.1.8 Continuous (direct) off-state voltage (where appropriate)

Maximum value under specified conditions of control signal and gate circuit impedance.

3.2 Gate voltages

Gate voltages are applied between gate and cathode terminals of a P-gate thyristor (gate positive for a forward gate voltage), and between anode and gate terminals of a N-gate thyristor (anode positive for a forward gate voltage).

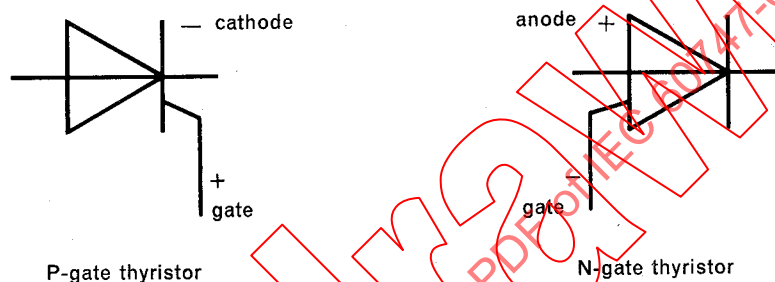


FIGURE 11

3.2.1 Peak forward gate voltage (anode positive with respect to cathode)

Maximum value.

3.2.2 Peak forward gate voltage (anode negative with respect to cathode)

Maximum value.

3.2.3 Peak reverse gate voltage

Maximum value.

3.3 On-state current

3.3.1 Mean on-state current

A curve showing maximum values versus ambient or case temperature for single-phase half-wave circuit with 180° conduction angle and with resistive load. In addition, curves for other conduction angles may be given.

Note. — The rated mean on-state current is given on the assumption that no overload occurs.

3.3.2 Repetitive peak on-state current (where appropriate)

Maximum value.

This rating should be expressed with relation to the forward conduction angle.

3.3.3 Courant efficace à l'état passant (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

3.3.4 Courant de surcharge prévisible à l'état passant

Quand cette valeur limite est nécessaire, on doit la donner en indiquant la valeur maximale de la température virtuelle de jonction et l'impédance thermique transitoire maximale. De plus, des valeurs limites de courant de surcharge prévisible peuvent être données par des graphiques.

3.3.5 Courant de surcharge accidentelle à l'état passant

Cette valeur limite doit être donnée dans des conditions initiales correspondant à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction. De plus, des chiffres correspondant à des températures virtuelles de jonction initiales plus basses peuvent être donnés.

Les valeurs limites de courant de surcharge accidentelle doivent être données pour les durées suivantes:

- a) Pour des durées inférieures à une demi-période (à 50 Hz ou 60 Hz), mais supérieures à environ 1 ms, en termes de la valeur limite maximale de

$$\int i^2 dt$$

On peut donner ces valeurs limites par une courbe ou par des valeurs spécifiées. On suppose qu'il n'y a pas d'application de la tension inverse ou de la tension à l'état bloqué suivant immédiatement la surcharge accidentelle.

- b) Pour des durées égales ou supérieures à une demi-période et inférieures à 15 périodes (à 50 ou 60 Hz) sous forme d'une courbe montrant la valeur limite maximale du courant de surcharge accidentelle en fonction du temps.

On doit supposer qu'une perte de contrôle par la gâchette peut se produire temporairement. Ces valeurs limites doivent être données de préférence pour une tension inverse égale à 80 % de la valeur maximale de la tension inverse de pointe répétitive. Des valeurs limites supplémentaires peuvent être données pour des tensions inverses égales à 50 % ou 100 % de la valeur maximale de la tension inverse de pointe répétitive.

- c) Pour une durée égale à 1 période, sans application de la tension inverse.

3.3.6 Courant continu à l'état passant (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

3.3.7 Courant sinusoïdal maximal à l'état passant aux fréquences élevées (s'il y a lieu)

Courbes indiquant les valeurs maximales du courant de pointe à l'état passant en fonction de la durée de l'impulsion de courant demi-sinusoïdal, avec comme paramètre la fréquence de répétition, dans les conditions suivantes:

- a) température spécifiée d'un point de référence;
- b) tension spécifiée à l'état bloqué avant l'amorçage;
- c) tension inverse spécifiée;

Note. — Etant donné que l'influence de la tension inverse appliquée est significative, il est recommandé de donner deux ou plusieurs familles de courbes.

3.3.3 R.M.S. on-state current (where appropriate)

Maximum value.

3.3.4 Overload on-state current

Where this rating is appropriate, it should be given by stating the maximum virtual junction temperature and the maximum transient thermal impedance. In addition, overload current ratings may be given by means of diagrams.

3.3.5 Surge on-state current

This rating should be given at initial conditions corresponding to maximum virtual junction temperature. In addition, figures corresponding to lower initial virtual junction temperatures may be given.

Surge current ratings should be given for the following time periods:

- a) For times smaller than one half-cycle (at 50 Hz or 60 Hz), but greater than approximately 1 ms, in terms of maximum rated value of

$$\int i^2 dt$$

These ratings may be given by means of a curve or by specified values. No immediate subsequent application of reverse voltage or off-state voltage is assumed.

- b) For times equal to, or greater than, one half-cycle and smaller than 15 cycles (at 50 or 60 Hz), in the form of a curve showing the maximum rated surge current versus time. Temporary loss of gate control must be assumed to occur.

These ratings should preferably be given for a reverse voltage of 80% of the maximum repetitive peak reverse voltage. Additional ratings may be given for reverse voltages of 50% or 100% of the maximum repetitive peak reverse voltage.

- c) For a time equal to one cycle, with no reverse voltage applied.

3.3.6 Continuous (direct) on-state current (where appropriate)

Maximum value.

3.3.7 Maximum sinusoidal on-state current at higher frequencies (where appropriate)

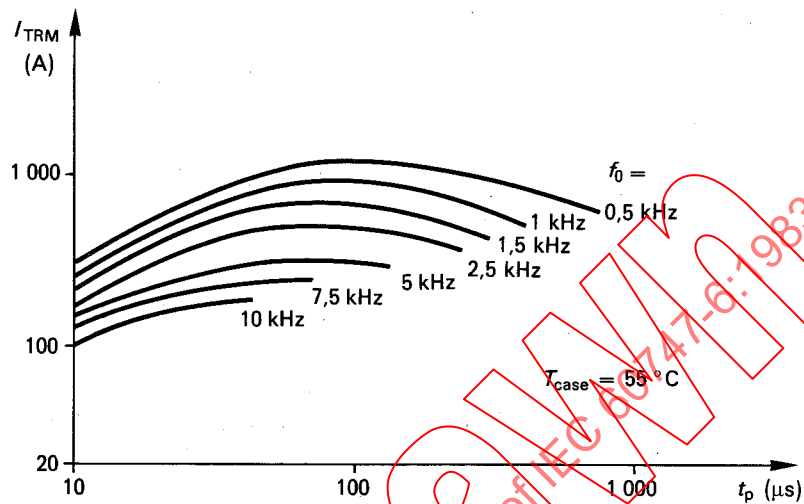
Curves showing the maximum peak on-state current values as functions of the half-sine wave current pulse duration, with the repetition frequency as a parameter, under the following conditions:

- specified reference-point temperature;
- specified off-state voltage before turn-on;
- specified reverse voltage;

Note. — As there is a significant dependence on the applied reverse voltage, it is recommended that two or more families of curves be given.

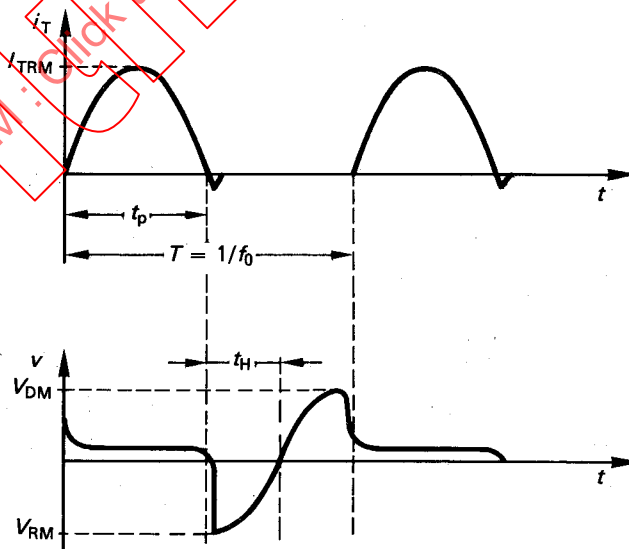
- d) conditions de gâchette spécifiées pendant l'établissement et la coupure du courant;
- e) réseau d'amortissement RC spécifié;
- f) intervalle de suppression minimal spécifié t_H .

La figure 12A est donnée comme exemple et la figure 12B pour explication.



348/83

FIG. 12A. — Courant maximal sinusoïdal de pointe à l'état passant I_{TRM} (voir figure 12B) en fonction de la durée de l'impulsion t_p , avec comme paramètre la fréquence de répétition $f_0 = 1/T$.



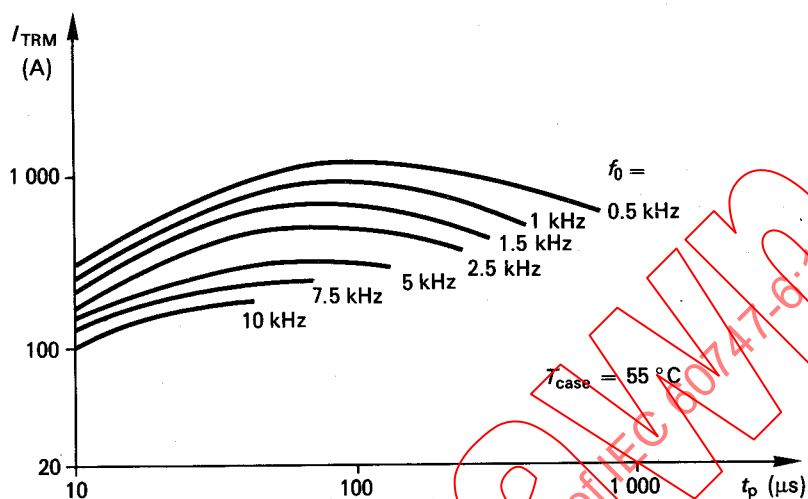
349/83

Figure 12B

Note. — La forme d'onde de l'impulsion comprend le courant d'impulsion dû au réseau d'amortissement RC.

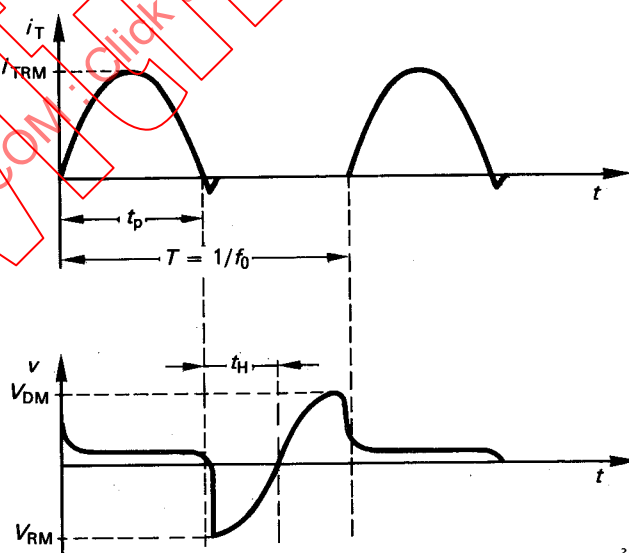
- d) specified gate conditions during turn-on and turn-off;
- e) specified RC damping network (snubber);
- f) specified minimum hold-off interval, t_H .

Figure 12A is given as an example. Figure 12B is given for explanatory purposes only.



348/83

FIG. 12A. — Maximum peak sinusoidal on-state current I_{TRM} (see Figure 12B) as a function of pulse duration t_p . Parameter: repetition frequency $f_0 = 1/T$.



349/83

Figure 12B

Note. — The pulse waveform includes the current pulse due to the RC damping network.

3.3.8 Courant trapézoïdal maximal à l'état passant aux fréquences élevées (s'il y a lieu)

Courbes montrant les valeurs du courant maximal à l'état passant en fonction de la vitesse de croissance du courant à l'état passant, de la fréquence de répétition et du facteur d'utilisation ou de la durée de l'impulsion dans les conditions suivantes:

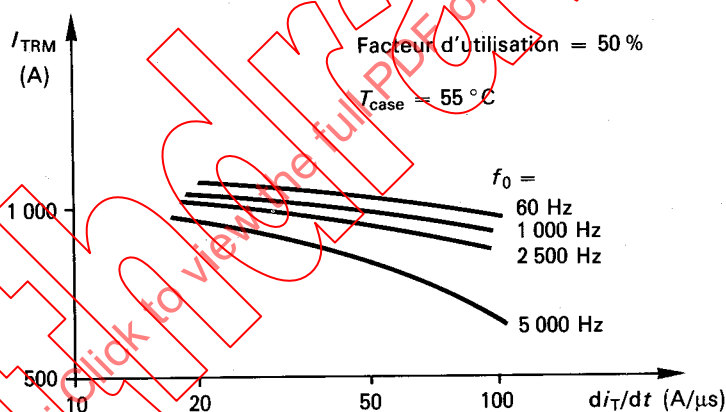
- a) température d'un point de référence spécifié;
- b) tension à l'état bloqué spécifiée avant établissement du courant;
- c) tension inverse spécifiée;

Note. — Etant donné que l'influence de la tension inverse appliquée est significative, il est recommandé de donner deux ou plusieurs familles de courbes.

- d) conditions de gâchette spécifiées pendant l'établissement et la coupure du courant;
- e) réseau d'amortissement RC spécifié;
- f) facteur d'utilisation ou durée d'impulsion spécifiés.

Les figures 13A et 13B sont données à titre d'exemple.

La figure 13C n'est donnée que dans un but explicatif.



350/83

FIG. 13A. — Courant maximal trapézoïdal à l'état passant I_{TRM} pour une durée d'impulsion t_w spécifiée (voir figure 13C) en fonction de la vitesse de croissance du courant à l'état passant, avec comme paramètre la fréquence de répétition $f_0 = 1/T$.

3.3.8 Maximum trapezoidal on-state current at higher frequencies (where appropriate)

Curves showing the maximum on-state current values related to the rate of rise of on-state current, the repetition frequency and either the duty cycle or pulse duration under the following conditions:

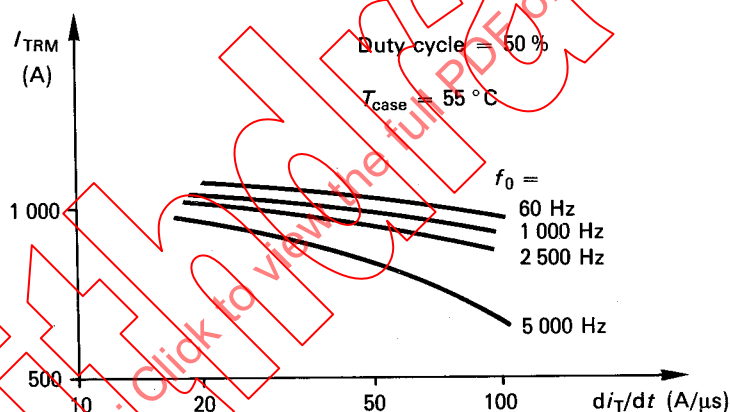
- a) specified reference-point temperature;
- b) specified off-state voltage before turn-on;
- c) specified reverse voltage;

Note. — As there is a significant dependence on the applied reverse voltage, it is recommended that two or more families of curves be given.

- d) specified gate conditions during turn-on and turn-off;
- e) specified RC damping network (snubber);
- f) specified duty cycle or pulse duration.

Figures 13A and 13B are given as examples.

Figure 13C is given for explanatory purposes only.



350/83

FIG. 13A. — Maximum trapezoidal on-state current I_{TRM} for a specified t_w (see Figure 13C) as a function of the rate of rise of on-state current. Parameter: repetition frequency $f_0 = 1/T$.

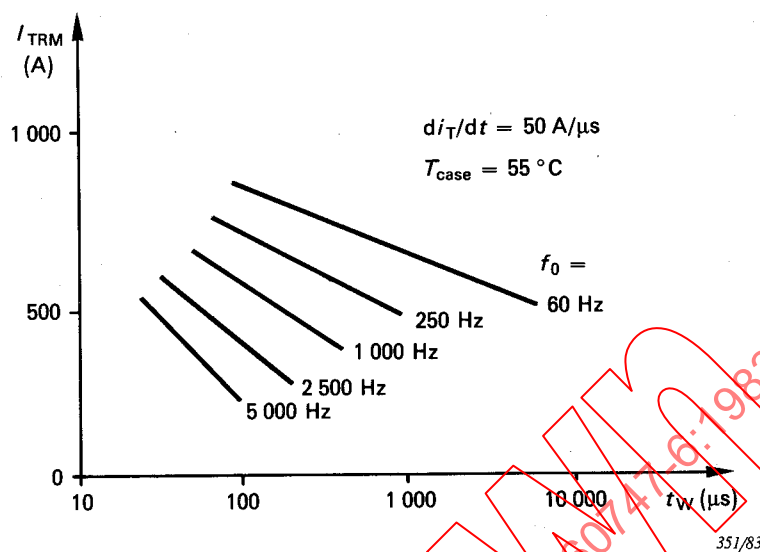


FIG. 13B. — Courant maximal trapézoïdal à l'état passant I_{TRM} ayant une valeur spécifiée de di_T/dt (voir figure 13C) en fonction de la largeur d'impulsion t_w , avec comme paramètre la fréquence de répétition $f_0 = 1/T$.

Note. — Différents ensembles de courbes sont nécessaires pour différentes valeurs de di_T/dt .

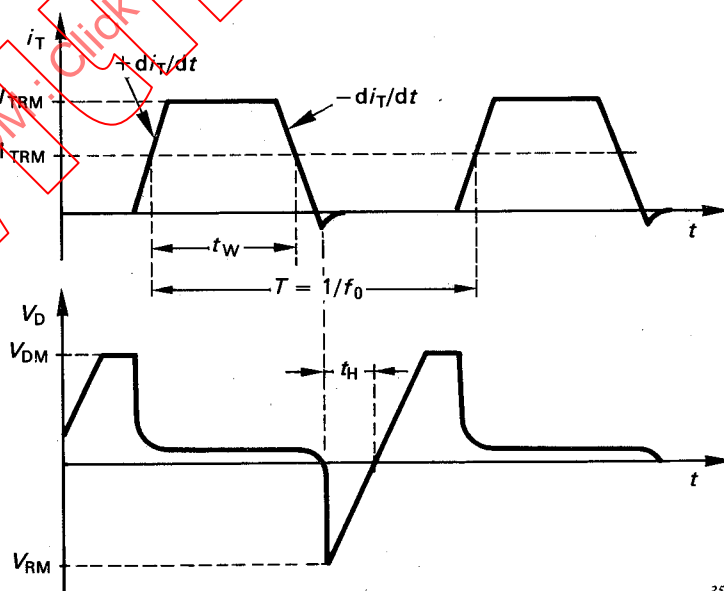


FIGURE 13C

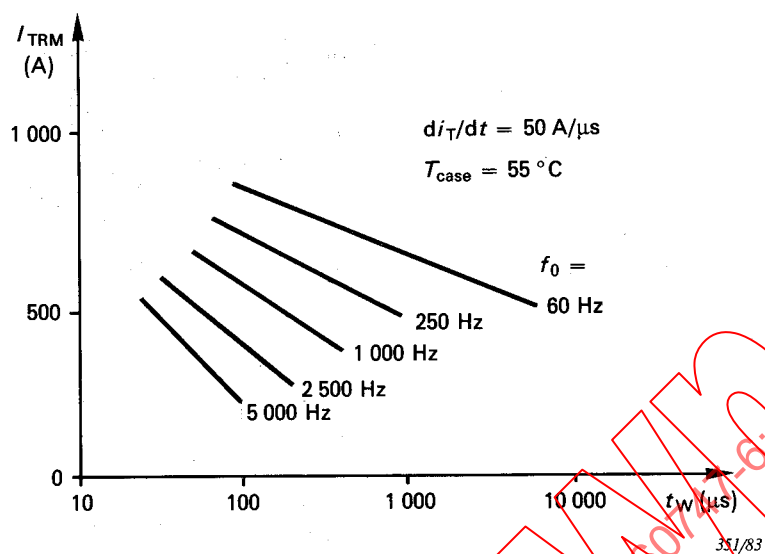


FIG. 13B. — Maximum trapezoidal on-state current I_{TRM} having a specified di_T/dt (see Figure 13C) as a function of t_w . Parameter: repetition frequency $f_0 = 1/T$.

Note. — Different set of curves are required for different values of di_T/dt .

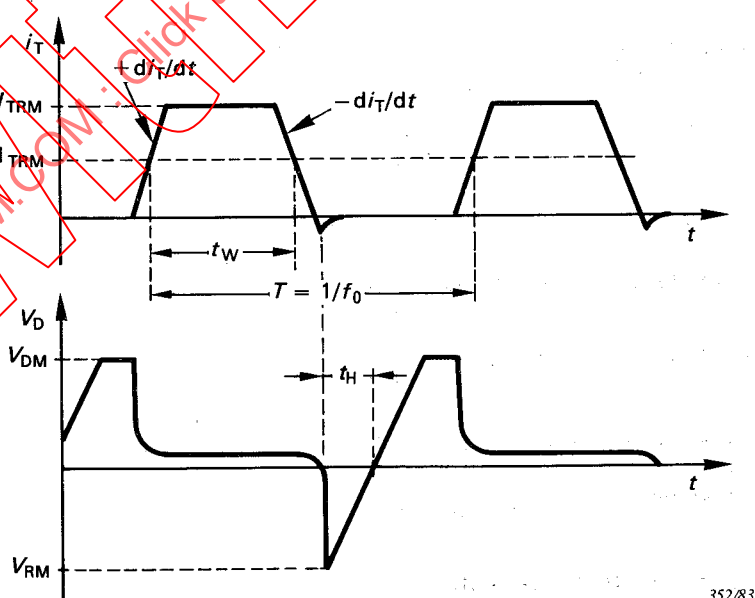


FIGURE 13C

3.3.9 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant $di/dt(c)$

Valeur maximale dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) tension à l'état bloqué (avant l'état passant), de préférence égale aux deux tiers de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué indiquée au paragraphe 3.1.6;
- b) valeur de pointe du courant à l'état passant, de préférence égale à deux fois la valeur limite du courant moyen à l'état passant indiqué au paragraphe 3.3.1;
- c) vitesse de répétition, de préférence 50 ou 60 Hz;
- d) température ambiante ou température d'un point de référence égale à la température la plus élevée pour laquelle la valeur de pointe du courant à l'état passant est permise;
- e) conditions d'amorçage par la gâchette;
- f) durée de l'essai (la durée doit être plus longue que la constante de temps thermique du dispositif, par exemple 5 s).

Notes 1. — Les valeurs limites de di/dt ne s'appliquent pas aux thyristors à faible courant.

2. — On donne la valeur limite de di/dt dans le cas où il n'y a pas de réseau RC en parallèle avec le thyristor. Si l'on donne une valeur limite supplémentaire de di/dt dans le cas d'un réseau RC, on doit donner l'amplitude et la durée admissibles de la surcharge due à ce réseau ou bien les paramètres du réseau.

3.4 Courant de gâchette

3.4.1 Courant direct de pointe de gâchette

Valeur maximale, pour une polarité spécifiée de la tension anode-cathode.

Note. — On doit indiquer toutes les qualifications (par exemple de temps, d'énergie, etc.) applicables à cette valeur limite.

4. Valeurs limites de fréquence

S'il y a lieu, fréquences maximale et/ou minimale pour lesquelles les valeurs limites de tension et de courant (article 3) s'appliquent.

5. Valeurs limites de dissipation de puissance

5.1 Dissipation de puissance de gâchette

5.1.1 Puissance moyenne de gâchette

Valeur maximale.

5.1.2 Puissance de pointe de gâchette

Valeur maximale.

Si ces valeurs limites dépendent de la température, une information concernant la réduction de la puissance admissible doit être donnée.

3.3.9 Critical rate of rise of on-state current $di/dt(c)$

Maximum value under the following specified conditions:

- a) off-state voltage (prior to turn-on), preferably equal to two-thirds of the repetitive peak off-state voltage of Sub-clause 3.1.6;
- b) peak value of on-state current equal to two times the rated mean on-state current of Sub-clause 3.3.1;
- c) repetition rate, preferably 50 or 60 Hz;
- d) ambient or reference-point temperature, equal to the highest temperature at which the peak value of on-state current is permitted;
- e) gate trigger conditions;
- f) test duration (the duration should be longer than the thermal time constant of the device, for example, 5 s).

Notes 1. — di/dt ratings are not applicable to low-current thyristors.

- 2. — The rated value of di/dt should be given for the case of no RC network connected in parallel with the thyristor. If an additional di/dt rating is given for the case where a RC network is present, the permissible amplitude and duration of the surges from this network or the parameters of this network must be stated.

3.4 Gate current

3.4.1 Peak forward gate current

Maximum value, with anode-cathode voltage polarity specified.

Note. — Any qualifications (for example, of time, energy, etc.) applicable to this rating should be stated.

4. Frequency ratings (limiting values)

Where applicable, the maximum and/or minimum frequencies for which the voltage and current ratings in Clause 3 apply.

5. Power dissipation ratings (limiting values)

5.1 Gate power dissipation

5.1.1 Mean gate power

Maximum value.

5.1.2 Peak gate power

Maximum value.

If these ratings are temperature-dependent, derating information should be given.

6. Valeurs limites de température

6.1 Thyristors à température ambiante spécifiée et à température de boîtier spécifiée

Températures minimale et maximale du fluide de refroidissement ou du point de référence.

6.2 Températures de stockage

Valeurs minimale et maximale.

6.3 Température virtuelle de jonction (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

7. Caractéristiques électriques

(A une température du fluide de refroidissement ou du point de référence de 25 °C, sauf indication contraire.)

7.1 Caractéristiques à l'état passant (s'il y a lieu)

Courbes montrant la valeur instantanée de la tension à l'état passant en fonction du courant à l'état passant jusqu'à la valeur maximale du courant de pointe répétitif à l'état passant (paragraphe 3.3.2) à une température du fluide de refroidissement ou du point de référence de 25 °C, et à une autre température plus élevée, de préférence égale à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction.

7.2 Tension à l'état passant

Valeur maximale pour un courant égal à π fois la valeur limite du courant moyen à l'état passant (paragraphe 3.3.1).

Note. — π peut être considéré comme égal à 3.

7.3 Courant hypostatique (ou de maintien)

Valeur maximale et, s'il y a lieu, valeur minimale dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) tension à l'état bloqué, de préférence égale à 12 V;
- b) conditions de polarisation de gâchette;
- c) courant de pointe initial à l'état passant.

Note. — La valeur maximale du courant hypostatique est la valeur du plus petit courant qui maintiendra tous les thyristors d'un type déterminé à l'état passant.

La valeur minimale du courant hypostatique est la valeur la plus élevée du courant au-dessous de laquelle tous les thyristors d'un type déterminé reviendront à l'état bloqué.

7.4 Courant d'accrochage

Valeur maximale dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) tension à l'état bloqué, de préférence égale à 12 V;

6. Temperature ratings (limiting values)

6.1 Ambient-rated and case-rated thyristors

Minimum and maximum cooling fluid or reference-point temperatures.

6.2 Storage temperatures

Minimum and maximum values.

6.3 Virtual junction temperature (where appropriate)

Maximum value.

7. Electrical characteristics

(At 25 °C cooling fluid or reference-point temperature, unless otherwise stated.)

7.1 On-state characteristics (where appropriate)

Curves showing instantaneous value of on-state voltage versus on-state current up to the maximum value of the peak repetitive on-state current (Sub-clause 3.3.2), at a cooling fluid or reference-point temperature of 25 °C and at one other higher temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature.

7.2 On-state voltage

Maximum value at a current of π times the rated mean on-state current (Sub-clause 3.3.1).

Note. — π may be taken as equal to 3.

7.3 Holding current

Maximum value and, where appropriate, minimum value under the following specified conditions:

- a) off-state voltage, preferably equal to 12 V;
- b) gate bias conditions;
- c) peak initial on-state current.

Note. — The maximum value of holding current is the smallest current that will maintain all thyristors of a given type in the on-state.

The minimum value of holding current is the highest current below which all thyristors of a given type will return to the off-state.

7.4 Latching current

Maximum value under the following specified conditions:

- a) off-state voltage, preferably equal to 12 V;

- b) impulsion de déclenchement: temps de croissance, temps de décroissance, durée de l'impulsion, amplitude de la tension et résistance du générateur d'impulsions de déclenchement.

Note. — La valeur maximale du courant d'accrochage est la valeur du plus petit courant qui maintiendra tous les thyristors d'un type déterminé à l'état passant.

7.5 *Courant de pointe répétitif à l'état bloqué*

Valeur maximale pour la valeur limite de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué à 25 °C et, s'il y a lieu, à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction.

7.6 *Courant inverse de pointe répétitif*

Valeur maximale pour la valeur limite de la tension inverse de pointe répétitive; en outre, s'il y a lieu, valeur maximale pour la valeur maximale de la température virtuelle de jonction.

7.7 *Courant de gâchette d'amorçage et tension de gâchette d'amorçage*

Valeurs du courant de gâchette et de la tension de gâchette qui provoquent l'amorçage de tous les thyristors d'un type déterminé pour une faible tension anode-cathode spécifiée. Les autres conditions influant sur les valeurs de ces caractéristiques doivent être spécifiées.

Les conditions suivantes doivent être spécifiées:

- a) tension à l'état bloqué, de préférence égale à 12 V;
- b) conditions de polarisation de gâchette;
- c) température ambiante ou température d'un point de référence.

7.8 *Courant de gâchette de non-amorçage et tension de gâchette de non-amorçage*

Valeurs du courant de gâchette et de la tension de gâchette qui ne provoquent l'amorçage d'aucun thyristor pour la valeur répétitive limite de la tension de crête à l'état bloqué. Les autres conditions influant sur les valeurs de ces caractéristiques doivent être spécifiées.

Les conditions suivantes doivent être spécifiées:

- a) tension à l'état bloqué, de préférence égale aux deux tiers de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM}) du paragraphe 3.1.6;
- b) température ambiante ou température d'un point de référence, de préférence égale à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction;
- c) conditions de polarisation de gâchette.

7.9 *Retard à la croissance commandée par la gâchette*

Valeur typique et, s'il y a lieu, valeurs maximale et/ou minimale, dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) amplitude du courant de gâchette et impédance du circuit de gâchette;
- b) temps de croissance de l'impulsion de gâchette, de préférence 0,5 μ s;
- c) durée minimale de l'impulsion de gâchette, de préférence deux fois le retard à la croissance spécifié;

- b) triggering pulse: rise time, fall time, duration, voltage amplitude and resistance of the trigger pulse generator.

Note. — The maximum value of the latching current is the smallest current that will maintain all thyristors of a given type in the on-state.

7.5 Repetitive peak off-state current

Maximum value at the rated repetitive peak off-state voltage at 25 °C and, where appropriate, at the maximum virtual junction temperature.

7.6 Repetitive peak reverse current

Maximum value at the rated repetitive peak reverse voltage; in addition, where appropriate, maximum value at the maximum virtual junction temperature.

7.7 Gate trigger current and gate trigger voltage

Values of gate current and gate voltage required to turn-on all thyristors of a given type at a specified low anode-cathode voltage. Any other conditions affecting the values of these characteristics should be specified.

The following conditions should be specified:

- a) off-state voltage, preferably equal to 12 V;
- b) gate circuit conditions;
- c) ambient or reference-point temperature.

7.8 Gate non-trigger current and gate non-trigger voltage

Values of the gate current and gate voltage which will not turn-on any thyristor of a given type at the rated repetitive peak off-state voltage. Any other conditions affecting the values of these characteristics should be specified.

The following conditions should be specified:

- a) off-state voltage, preferably equal to two-thirds of the repetitive peak off-state voltage (V_{DRM}) of Sub-clause 3.1.6;
- b) ambient or reference-point temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature;
- c) gate bias conditions.

7.9 Gate controlled delay time

Typical and, where appropriate, maximum and/or minimum value(s), under the following specified conditions:

- a) gate current amplitude and gate circuit impedance;
- b) rise time of the gate pulse, preferably 0.5 μs ;
- c) minimum duration of the gate pulse, preferably two times the specified delay time;

- d) tension à l'état bloqué (avant l'état passant), de préférence égale à 0,5 fois la tension de pointe répétitive à l'état bloqué définie au paragraphe 3.1.6.

7.10 Temps de désamorçage par commutation du circuit

Valeur maximale dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) forme d'onde du courant à l'état passant précédent;

Note. — La forme d'onde doit être de préférence rectangulaire et la durée doit être suffisante pour que l'équilibre des porteurs soit obtenu. L'amplitude doit être de préférence égale à trois fois la valeur limite du courant moyen à l'état passant.

- b) température ambiante ou température d'un point de référence égale à la température la plus élevée pour laquelle la valeur de pointe du courant à l'état passant est permise;

- c) forme de la tension inverse à l'état bloqué;

Note. — La forme d'onde doit être de préférence triangulaire avec une amplitude égale au moins aux deux tiers de la valeur limite de la tension inverse répétitive de crête, ou rectangulaire avec une amplitude maximale de 100 V.

- d) tension inverse à l'instant où la tension à l'état bloqué est appliquée (l'instant t_1 dans la figure 14);

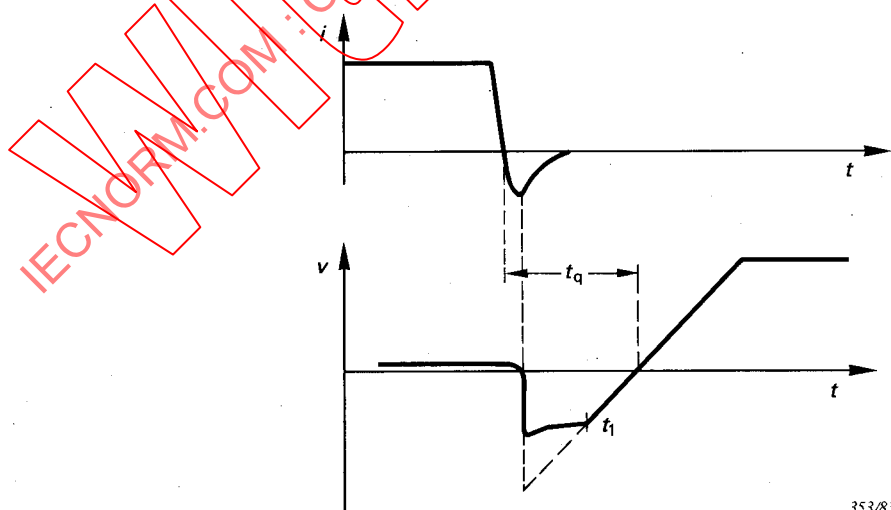
- e) valeur de pointe et vitesse de croissance de la tension à l'état bloqué;

Note. — La valeur de la tension de pointe à l'état bloqué doit être au moins égale aux deux tiers de la valeur limite de la tension répétitive de pointe à l'état bloqué.

- f) polarisation de gâchette pendant que le thyristor est à l'état bloqué:

- tension de la source de gâchette;
- impédance de la source de gâchette;

- g) vitesse de décroissance du courant à l'état passant ($-di/dt$).



353/83

FIG. 14. — Forme d'onde du courant et de la tension pendant le temps de désamorçage après commutation du circuit.

- d) off-state voltage (prior to turn-on), preferably equal to 0.5 times the repetitive peak off-state voltage of Sub-clause 3.1.6.

7.10 Circuit commutated turn-off time

Maximum value under the following specified conditions:

- a) waveshape of the preceding on-state current;

Note. — The waveshape should preferably be rectangular and the duration must be sufficient to achieve charge carrier equilibrium. The amplitude should be preferably three times the rated mean on-state current.

- b) ambient or reference-point temperature equal to the highest temperature at which the peak value of the on-state current is permitted;

- c) waveshape of the reverse blocking voltage;

Note. — The waveshape should be preferably triangular with an amplitude of at least two-thirds of the rated repetitive peak reverse voltage, or rectangular with an amplitude of 100 V maximum.

- d) reverse voltage at the time of initiation of off-state voltage (time instant t_1 in Figure 14);

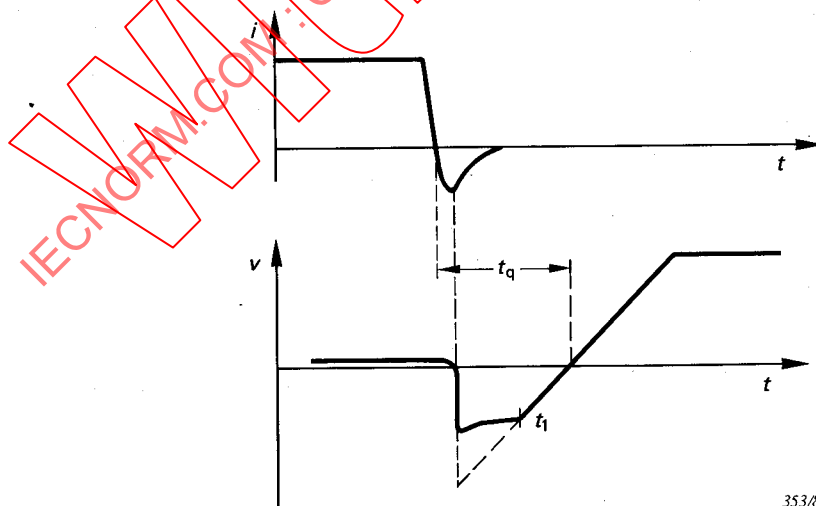
- e) peak value and rate of rise of off-state voltage;

Note. — The peak value of the off-state voltage should be at least two-thirds of the rated repetitive peak off-state voltage.

- f) gate bias while the thyristor is in the off-state;

- gate source voltage,
- gate source impedance;

- g) rate of fall of on-state current ($-di/dt$).



353/83

FIG. 14. — Current and voltage waveform during circuit commutated turn-off time.

7.11 Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué

Valeur maximale de la vitesse de croissance d'une tension appliquée croissant de façon sensiblement linéaire de zéro à au moins deux tiers de la valeur maximale de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué, dans des conditions spécifiées de fréquence de répétition de la commutation, de polarisation de gâchette et de température virtuelle de jonction.

Les conditions suivantes doivent être spécifiées:

- a) température ambiante ou température d'un point de référence, de préférence égale à la valeur maximale de la température de jonction;
- b) tension de pointe à l'état bloqué, de préférence égale aux deux tiers de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM}) du paragraphe 3.1.6;
- c) conditions de polarisation de gâchette;
- d) fréquence de répétition de la commutation.

7.12 Dissipation de puissance totale

Pour les thyristors à température de boîtier spécifiée seulement, courbes donnant la dissipation de puissance totale maximale à la température maximale virtuelle de jonction en fonction du courant moyen à l'état passant et de l'angle de conduction, pour la tension inverse de pointe répétitive et pour la valeur maximale de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué. On doit donner une courbe pour chaque condition de fonctionnement spécifiée au paragraphe 3.3.1.

7.12.1 Energie totale pour une impulsion de courant à l'état passant en forme de demi-onde sinusoïdale (s'il y a lieu)

Courbes indiquant l'énergie totale maximale comprenant: l'énergie à l'établissement du courant, l'énergie à l'état passant et l'énergie de recouvrement inverse en fonction du courant à l'état passant et de la durée de l'impulsion dans les conditions suivantes.

Note. — Les courbes de l'énergie totale maximale sont données dans des conditions telles que l'on atteigne la température de jonction de fonctionnement maximale.

- a) Tension spécifiée à l'état bloqué avant l'amorçage.
- b) Tension inverse spécifiée.

Note. — Etant donné que l'influence de la tension inverse appliquée est significative sur la dissipation de recouvrement inverse, il est recommandé de donner deux ou plusieurs familles de courbes basées sur différentes tensions inverses, afin de rendre possible le calcul de la dissipation de recouvrement inverse.

- c) Conditions de gâchette spécifiées pendant l'établissement et la coupure du courant.
- d) Réseau d'amortissement RC spécifié.

7.11 Critical rate of rise of off-state voltage

Maximum value of the rate of rise of an applied voltage rising in an approximately linear manner from zero to at least two-thirds of the maximum repetitive peak off-state voltage under specified switching repetition frequency, gate bias conditions and virtual junction temperature.

The following conditions should be specified:

- a) ambient or reference-point temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature;
- b) peak off-state voltage, preferably equal to two-thirds the repetitive peak off-state voltage (V_{DRM}) of Sub-clause 3.1.6;
- c) gate bias conditions;
- d) switching repetition frequency.

7.12 Total power dissipation

For case-rated thyristors only, curves showing the maximum total power dissipation at maximum virtual junction temperature as a function of mean on-state current and conduction angle, at the maximum value of the repetitive peak reverse voltage and at the maximum value of the repetitive peak off-state voltage. A curve should be given for each operating condition specified in Sub-clause 3.3.1.

7.12.1 Total energy for one half-sine wave on-state current pulse (where appropriate)

Curves showing the maximum total energy comprising turn-on plus on-state plus reverse recovery energy related to the peak on-state current and pulse duration under the following conditions.

Note. — Curves for maximum total energy are given under conditions that cause the maximum operating junction temperature to be reached.

- a) Specified off-state voltage before turn-on.
- b) Specified reverse voltage.

Note. — As there is a significant dependence on the reverse recovery dissipation, it is recommended that two or more families of curves be given based on different reverse voltages, in order to make it possible to calculate the reverse recovery dissipation.

- c) Specified gate conditions during turn-on and turn-off.
- d) Specified RC damping network (snubber).

La figure 15A est donnée à titre d'exemple.

La figure 15B est donnée à titre explicatif seulement.

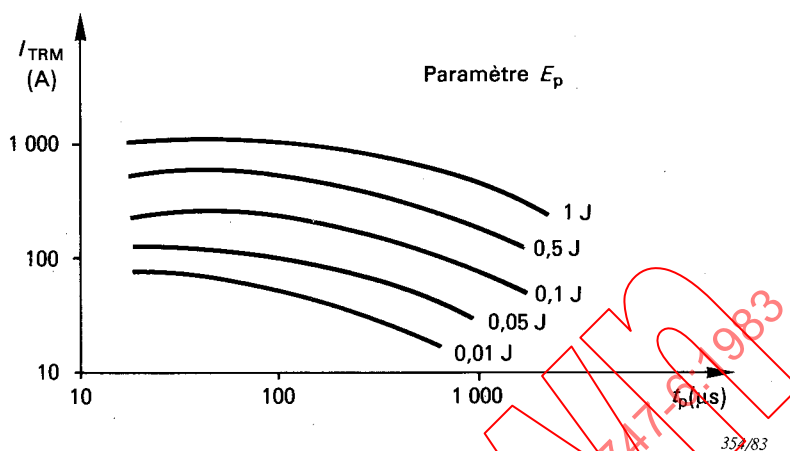


FIG. 15A. — Courant de pointe en fonction de la durée de l'impulsion pour une énergie d'impulsions constante dissipée dans le thyristor.

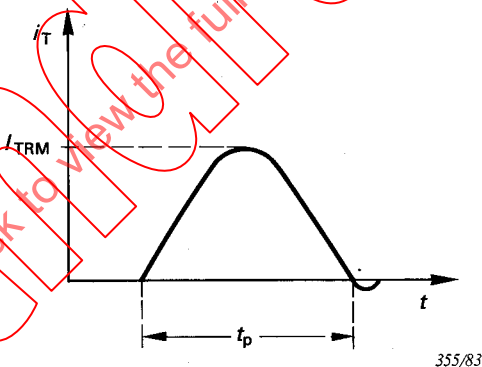


FIGURE 15B

7.12.2 Energie totale pour une impulsion de courant à l'état passant de forme trapézoïdale (s'il y a lieu).

Courbes indiquant les valeurs de l'énergie totale maximale en fonction du courant à l'état passant maximal et de la durée de l'impulsion dans les conditions suivantes:

- a) tension à l'état bloqué spécifiée avant établissement du courant;
- b) tension inverse spécifiée;

Note. — Etant donné que l'influence de la tension inverse appliquée est significative sur la dissipation de recouvrement inverse, il est recommandé de donner deux ou plusieurs familles de courbes basées sur différentes tensions inverses, afin de rendre possible le calcul de la dissipation de recouvrement inverse.

Figure 15A is given as an example.

Figure 15B is given for explanatory purposes only.

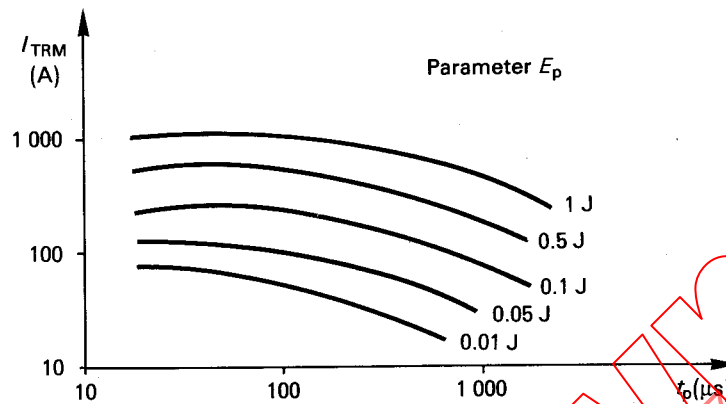


FIG. 15A. — Peak current as a function of pulse duration for constant pulse energy dissipated within the thyristor.

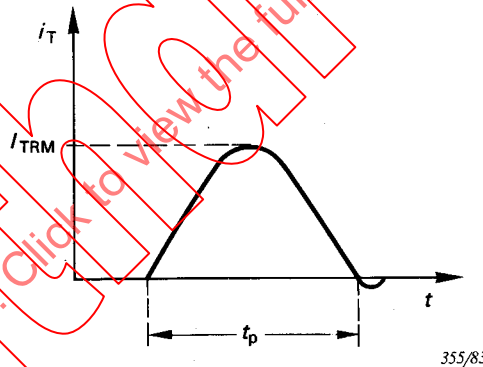


FIGURE 15B

7.12.2 Total energy for one trapezoidal on-state current pulse (where appropriate).

Curves showing the maximum total energy values related to the maximum on-state current and the pulse duration under the following conditions:

- specified off-state voltage before turn-on;
- specified reverse voltage;

Note. — As there is a significant dependence on the reverse recovery dissipation, it is recommended that two or more families of curves be given based on different reverse voltages, in order to make it possible to calculate the reverse recovery dissipation.

- c) conditions de gâchette spécifiées pendant l'établissement et la coupure du courant;
- d) réseau d'amortissement RC spécifié;
- e) vitesses de croissance et de décroissance du courant à l'état passant spécifiée.

La figure 16A est donnée à titre d'exemple.

La figure 16B n'est donnée qu'à titre explicatif.

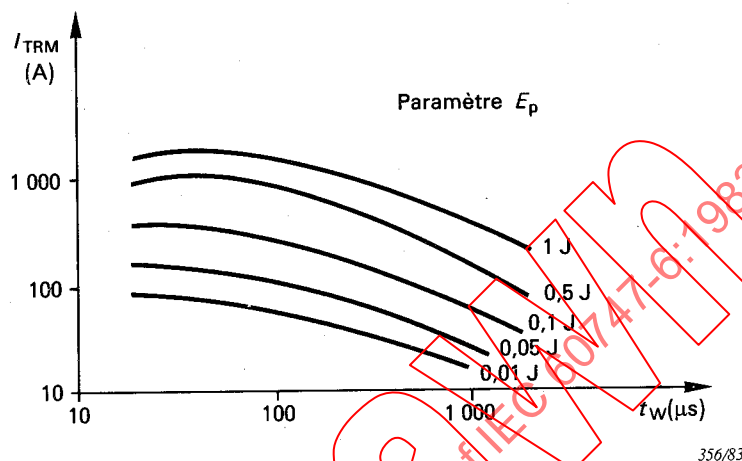


FIG. 16A. — Energie totale maximale pour une impulsion de courant à l'état passant de forme trapézoïdale (voir figure 16B), pour différentes valeurs de courant et de durée de l'impulsion.

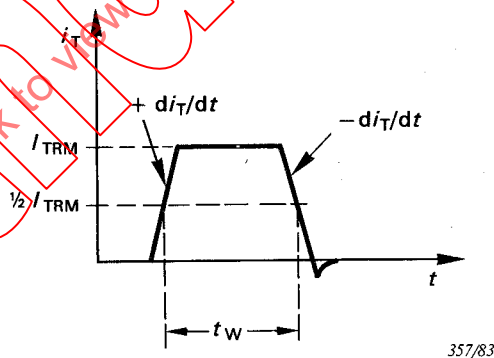


FIGURE 16B

7.13 Charge recouvrée (s'il y a lieu)

Valeur maximale, ou valeurs maximale et minimale, dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) courant à l'état passant, de préférence égal à la valeur de crête du courant moyen limite indiquée dans le paragraphe 3.3.1;
- b) vitesse de décroissance du courant à l'état passant di/dt ;
- c) tension inverse, de préférence égale à 50% de la tension inverse de pointe répétitive (V_{RRM}) indiquée au paragraphe 3.1.2;

- c) specified gate conditions during turn-on and turn-off;
- d) specified RC damping network (snubber);
- e) specified rates of rise and decay of on-state current.

Figure 16A is given as an example.

Figure 16B is given for explanatory purposes only.

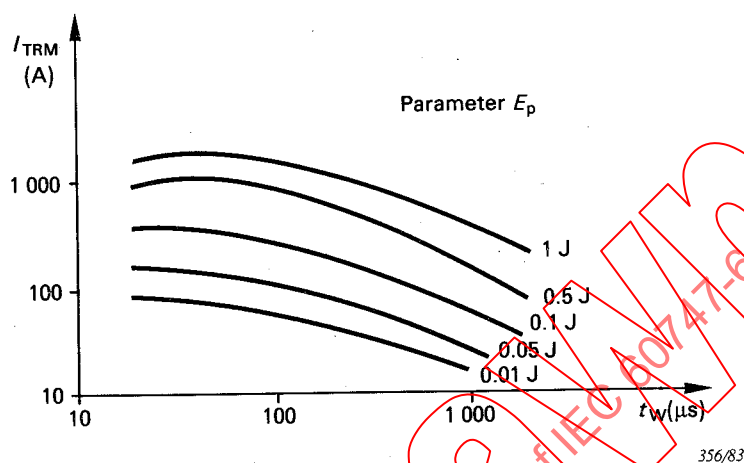


FIG. 16A. — Maximum total energy of one trapezoidal waveform on-state current pulse (see Figure 16B), for various values of current and pulse duration.

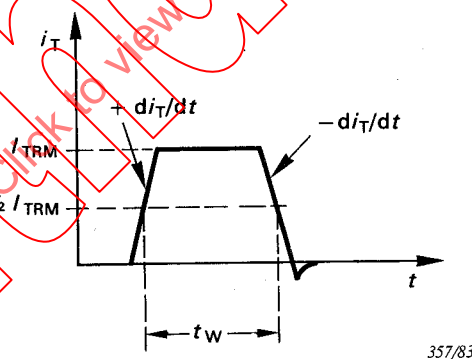


FIGURE 16B

7.13 Recovered charge (where appropriate)

Maximum value, or maximum and minimum values, under the following specified conditions:

- a) on-state current, preferably equal to the crest value of the rated mean current of Sub-clause 3.3.1;
- b) decay rate of on-state current di/dt ;
- c) reverse voltage, preferably equal to 50% of the repetitive peak reverse voltage (V_{RRM}) of Sub-clause 3.1.2;

- d) température ambiante ou température d'un point de référence égale à la température la plus élevée pour laquelle la valeur de pointe du courant à l'état passant est permise.

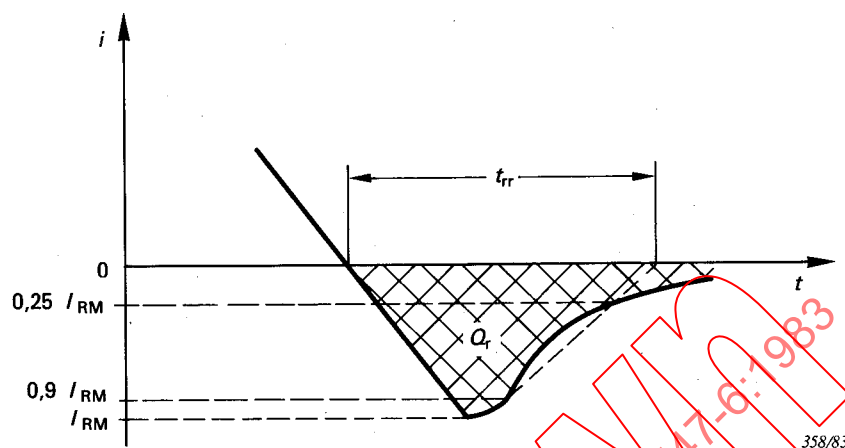


FIG. 17. — Charge recouvrée Q_r , courant de recouvrement inverse de pointe I_{RM} , temps de recouvrement inverse t_{rr} (caractéristiques idéales).

- 7.14 *Courant de recouvrement inverse de pointe* (s'il y a lieu). Voir la figure 17 ci-dessus.

Valeur maximale, dans les mêmes conditions spécifiées aux points a) à d) du paragraphe 7.13.

- 7.15 *Temps de recouvrement inverse* (s'il y a lieu). Voir la figure 17 ci-dessus.

Valeur maximale dans les mêmes conditions spécifiées aux points a) à d) du paragraphe 7.13.

8. Caractéristiques thermiques (s'il y a lieu)

8.1 Impédance thermique transitoire

Courbe de l'impédance thermique transitoire maximale en fonction du temps, depuis le régime permanent jusqu'à 1 ms ou moins, ou bien relation mathématique.

9. Caractéristiques mécaniques et autres données

Voir la Publication 747-1.

10. Données d'applications

Une indication des exigences spéciales qui sont applicables aux montages série ou parallèle des thyristors ou des blocs à thyristors.

On devra consulter le fabricant pour des informations détaillées.

- d) ambient or reference-point temperature equal to the highest temperature at which the peak value of the on-state current is permitted.

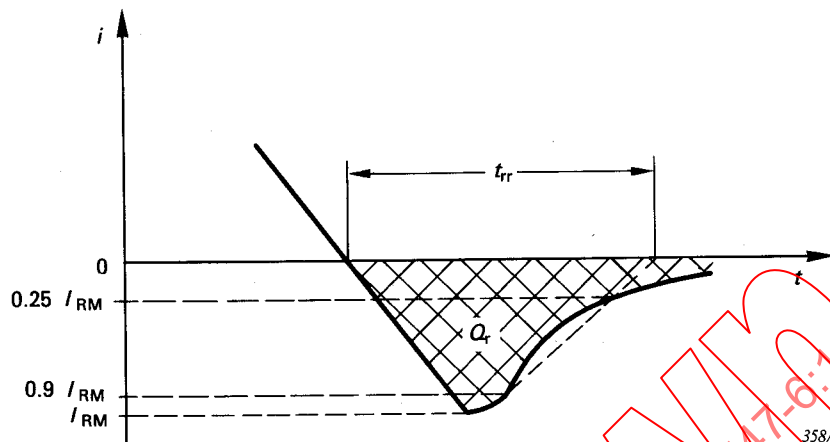


FIG. 17. — Recovered charge Q_r , peak reverse recovery current I_{RM} , reverse recovery time t_{rr} (idealized characteristics).

7.14 *Peak reverse recovery current* (where appropriate). See Figure 17 above.

Maximum value under the same specified conditions (see Items a) to d)) as in Sub-clause 7.13.

7.15 *Reverse recovery time* (where appropriate). See Figure 17 above.

Maximum value under the same specified conditions a) to d) as in Sub-clause 7.13.

8. Thermal characteristics (where appropriate)

8.1 *Transient thermal impedance*

Curve showing maximum transient thermal impedance versus time, extending from steady-state value down to 1 ms or less or, alternatively, a mathematical relation.

9. Mechanical characteristics and other data

See Publication 747-1.

10. Application data

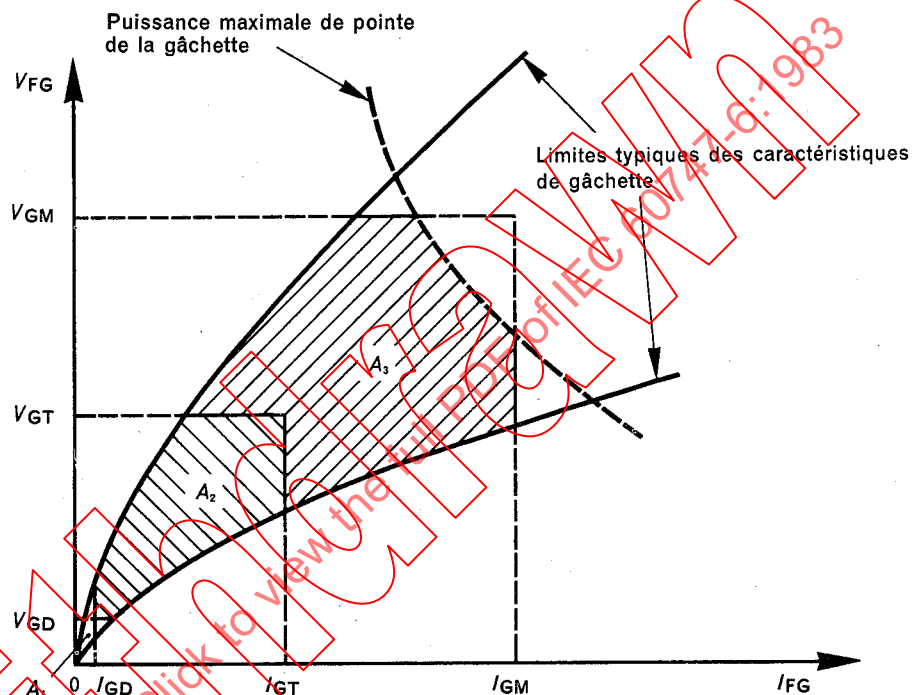
A statement of the special requirements that are applicable to series or parallel connection of thyristors or thyristor stacks.

The manufacturer should be consulted for detailed information.

Présentation des valeurs limites et des caractéristiques de gâchette

On donne de préférence les valeurs limites et les caractéristiques de gâchette dans un schéma représenté par la figure 18. La surface indiquant un amorçage certain peut avoir une limite inférieure donnée soit par deux droites définies par le courant et par la tension d'amorçage par la gâchette, soit par une seule droite indiquant une caractéristique de sortie convenable du système d'amorçage.

Note. — On doit indiquer les valeurs de tension et de courant de non-amorçage par la gâchette à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction. On doit indiquer les valeurs de tension et de courant d'amorçage par la gâchette à 25 °C et à la température de fonctionnement minimale.



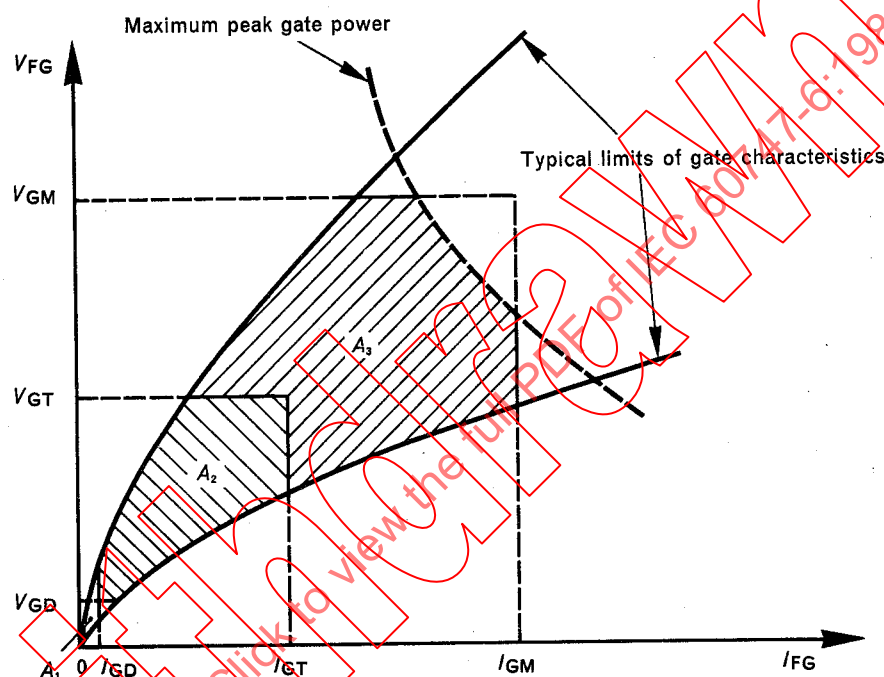
- I_{GD} = courant de gâchette de non-amorçage
- I_{GT} = courant de gâchette d'amorçage
- I_{GM} = courant de pointe direct maximal de gâchette
- V_{GD} = tension de non-amorçage par la gâchette
- V_{GT} = tension d'amorçage par la gâchette
- V_{GM} = tension directe de pointe maximale de gâchette
- A_1 = surface de non-amorçage
- A_2 = surface d'amorçage non certain
- A_3 = surface d'amorçage certain

FIG. 18. — Tension directe de gâchette en fonction du courant direct de gâchette.

Presentation of limiting values and characteristics for the gate

Limiting values and characteristics for the gate are preferably given with reference to a diagram as shown in Figure 18. The area indicating certain triggering has a lower limit given either by two lines defined by the gate trigger current and voltage, or by a single line indicating a suitable output characteristic of the trigger equipment.

Note. — The values of gate non-trigger voltage and current should be given at maximum virtual junction temperature. The values of gate trigger voltage and current should be given at 25 °C and at minimum operating temperature.



- I_{GD} = gate non-trigger current
- I_{GT} = gate trigger current
- I_{GM} = maximum peak forward gate current
- V_{GD} = gate non-trigger voltage
- V_{GT} = gate trigger voltage
- V_{GM} = maximum peak forward gate voltage
- A_1 = area of non-triggering
- A_2 = area of uncertain triggering
- A_3 = area of certain triggering

FIG. 18. — Forward gate voltage versus forward gate current.

SECTION DEUX – THYRISTORS TRIODES BIDIRECTIONNELS (TRIACS)

1. Généralités

1.1 Gamme d'application

Cette section donne des normes pour les triacs.

1.2 Méthodes de spécification

On doit spécifier les triacs comme des dispositifs à température ambiante spécifiée ou comme des dispositifs à température de boîtier spécifiée.

1.3 Températures recommandées

Un certain nombre de valeurs limites et de caractéristiques doivent être indiquées à une température de 25 °C et à une autre température spécifiée.

Sauf indication contraire, cette autre température spécifiée doit être choisie par le fabricant dans la liste donnée par la Publication 747-1; de plus, les températures de -40 °C et de +35 °C peuvent être utilisées.

2. Conditions pour les valeurs limites

Les valeurs limites données à l'article 3 doivent être indiquées pour une ou plusieurs des conditions thermiques suivantes:

2.1 Triacs à température ambiante spécifiée

2.1.1 Convection libre

A 25 °C et à une température plus élevée (voir le paragraphe 1.3). Le fluide de refroidissement et la pression (dans le cas d'un gaz) doivent être spécifiés.

La pression atmosphérique doit être au moins de 90 kPa (900 mbar), ce qui correspond à une altitude maximale de 1000 m au-dessus du niveau de la mer.

2.1.2 Circulation forcée

A une température choisie dans la liste des températures recommandées (voir le paragraphe 1.3). Le type, la pression et le débit du fluide de refroidissement doivent être spécifiés.

2.2 Triacs à température de boîtier spécifiée

A une température du point de référence choisie dans la liste des températures recommandées (voir le paragraphe 1.3).

Note. — La température du point de référence est normalement celle du boîtier. Pour les petits triacs, on peut spécifier la température de l'une des bornes.

3. Valeurs limites de tension et de courant

Les valeurs limites suivantes doivent être valables dans toute la gamme des conditions de fonctionnement pour les dispositifs particuliers.

SECTION TWO – BI-DIRECTIONAL TRIODE THYRISTORS (TRIACS)

1. General**1.1 Range of application**

This section gives standards for triacs.

1.2 Rating methods

Triacs should be specified as ambient-rated devices, or as case-rated devices.

1.3 Recommended temperatures

Many of the ratings and characteristics are required to be quoted at a temperature of 25 °C and at one other specified temperature.

Unless otherwise stated, the one other specified temperature should be chosen by the manufacturer from the list in Publication 747-1; in addition, temperatures of –40 °C and +35 °C may be used.

2. Rating conditions

The ratings given in Clause 3 should be stated under one or more of the following thermal conditions:

2.1 Ambient-rated triacs**2.1.1 Natural convection**

At 25 °C and at one higher temperature (see Sub-clause 1.3). The cooling fluid and pressure (in the case of a gas) should be specified.

Air pressure should be at least 90 kPa (900 mbar), corresponding to a maximum level of 1000 m above sea level.

2.1.2 Forced circulation

At a temperature taken from the list of recommended temperatures (see Sub-clause 1.3). The type, pressure and flow of the cooling fluid should be specified.

2.2 Case-rated triacs

At a reference-point temperature taken from the list of recommended temperatures (see Sub-clause 1.3).

Note. — The reference-point temperature is normally the case temperature. For small triacs, the temperature on one of the terminals may be specified.

3. Voltage and current ratings (limiting values)

The following ratings must be valid for the whole range of operating conditions as stated for the particular device.

Les valeurs limites et les caractéristiques recommandées ici sont basées sur le fonctionnement symétrique du dispositif et, par conséquent, doivent correspondre à des valeurs limites pour chaque sens de fonctionnement. Si une caractéristique dépend du mode de déclenchement par la gâchette, le(s) mode(s) applicable(s) doit (doivent) être spécifié(s).

3.1 Tensions principales

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

Valeur maximale d'une impulsion de tension à l'état bloqué en forme de demi-onde sinusoïdale dont la durée doit être spécifiée. Cette durée doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 10 ms; 8,3 ms; 1 ms et 0,1 ms.

3.1.2 Tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM})

Valeur maximale des impulsions de tension répétitive à l'état bloqué en forme de demi-ondes sinusoïdales dont la durée et la vitesse de répétition doivent être spécifiées. Cette durée doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 10 ms; 8,3 ms; 1 ms et 0,1 ms.

3.1.3 Tension de crête à l'état bloqué (V_{DWM})

Valeur maximale d'une tension répétitive à l'état bloqué en forme de demi-ondes sinusoïdales à la fréquence du réseau, en général 50 Hz ou 60 Hz (durée: 10 ms ou 8,3 ms).

3.2 Tensions de gâchette

Les tensions de gâchette sont appliquées entre la gâchette et la borne principale 1 du triac, cette borne 1 étant le point de référence pour la polarité de la tension de gâchette.

3.2.1 Tension positive de pointe de gâchette

Valeur maximale.

3.2.2 Tension négative de pointe de gâchette

Valeur maximale.

3.3 Courant principal

3.3.1 Courant efficace à l'état passant

Courbe donnant les valeurs maximales en fonction de la température ambiante ou de la température de boîtier pour un circuit monophasé, double alternance, avec un angle de conduction de 360° et avec une charge résistive.

Note. — La valeur limite du courant efficace à l'état passant est donnée en supposant qu'aucune surcharge ne se produise.

3.3.2 Courant de pointe répétitif à l'état passant (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

Cette valeur limite doit être exprimée en fonction de l'angle de conduction.

The ratings and characteristics recommended here are based upon symmetrical operation of the device and, therefore, should be based upon limiting values for either direction of operation. If a characteristic is sensitive to the gate triggering mode, the mode(s) applicable should be specified.

3.1 *Principal voltages*

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

Maximum value of a pulse of off-state voltage with a half-wave sinusoidal waveform, the duration of which has to be specified. This duration should be chosen from the following values: 10 ms; 8.3 ms; 1 ms and 0.1 ms.

3.1.2 Repetitive peak off-state voltage (V_{DRM})

Maximum value of repetitive off-state voltage pulses, with half-wave sinusoidal waveform, whose duration and repetition rate have to be specified. This duration should be chosen from the following values: 10 ms; 8.3 ms; 1 ms and 0.1 ms.

3.1.3 Crest (peak) working off-state voltage (V_{DWM})

Maximum value of a repetitive off-state voltage having a half-wave sinusoidal waveform at mains frequency, usually 50 Hz or 60 Hz (duration: 10 ms or 8.3 ms).

3.2 *Gate voltages*

Gate voltages are applied between gate and main terminal 1 of the triac, with terminal 1 being the reference point for gate voltage polarity.

3.2.1 Peak positive gate voltage

Maximum value.

3.2.2 Peak negative gate voltage

Maximum value.

3.3 *Principal current*

3.3.1 R.M.S. on-state current

A curve showing maximum values versus ambient or case temperature for single-phase full-wave circuit with 360° conduction angle and with resistive load.

Note. — The rated r.m.s. on-state current is given on the assumption that no overload occurs.

3.3.2 Repetitive peak on-state current (where appropriate)

Maximum value.

This rating should be expressed in relation to the conduction angle.

3.3.3 Courant de surcharge prévisible à l'état passant

Quand cette valeur limite est nécessaire, on doit la donner en indiquant la valeur maximale de la température virtuelle de jonction et l'impédance thermique transitoire maximale. De plus, des valeurs limites de courant de surcharge prévisible peuvent être données par des graphiques.

3.3.4 Courant de surcharge accidentelle à l'état passant

Cette valeur limite doit être donnée dans des conditions initiales correspondant à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction. De plus, des chiffres correspondant à des températures virtuelles de jonction initiales plus basses peuvent être donnés.

Les valeurs limites de courant de surcharge accidentelle doivent être données pour les durées suivantes:

- a) Pour des durées inférieures à une demi-période (à 50 Hz ou 60 Hz), mais supérieures à environ 1 ms, en termes de la valeur limite maximale de

$$\int i^2 dt$$

On peut donner ces valeurs limites par une courbe ou par des valeurs spécifiées. La valeur limite s'applique au fonctionnement avec les deux polarités de la tension principale. On suppose qu'il n'y a pas d'application de la tension à l'état bloqué immédiatement après la surcharge accidentelle.

- b) Pour des durées égales ou supérieures à une période entière et inférieures à 15 périodes (à 50 Hz ou 60 Hz), sous forme d'une courbe montrant la valeur limite maximale du courant de surcharge accidentelle en fonction du temps.

On doit supposer qu'une perte de contrôle par la gâchette peut se produire temporairement.

Ces valeurs limites sont données pour des périodes complètes du courant de surcharge accidentelle sinusoïdal à 50 Hz ou 60 Hz.

- c) Pour une durée égale à une période complète.

3.4 Courant de gâchette

3.4.1 Courant positif de pointe de gâchette

Valeur maximale.

3.4.2 Courant négatif de pointe de gâchette

Valeur maximale.

3.5 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant $di/dt(c)$

Valeur maximale dans des conditions suivantes:

- a) tension à l'état bloqué avant l'amorçage, de préférence égale aux deux tiers de la valeur limite de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM}) du paragraphe 3.1.2;
- b) valeur du courant de pointe à l'état passant, de préférence égale à $\sqrt{2}$ fois le courant efficace à l'état passant (paragraphe 3.3.1) spécifié pour une température de boîtier de 85 °C;

3.3.3 Overload on-state current

Where this rating is appropriate, it should be given by stating the maximum virtual junction temperature and the maximum transient thermal impedance. In addition, overload current ratings may be given by means of diagrams.

3.3.4 Surge on-state current

This rating should be given at initial conditions corresponding to maximum virtual junction temperature. In addition, figures corresponding to lower initial virtual junction temperatures may be given.

Surge current ratings should be given for the following time periods:

- a) For times smaller than one half-cycle (at 50 Hz or 60 Hz), but greater than approximately 1 ms, in terms of maximum rated value of

$$\int i^2 dt$$

These ratings may be given by means of a curve or by specified values. The rating applies for operation with either polarity of principal voltage. No immediate subsequent application of off-state voltage is assumed.

- b) For times equal to or greater than one full cycle and smaller than 15 cycles (at 50 Hz or 60 Hz), in the form of a curve showing the maximum rated surge current versus time.

Temporary loss of gate control must be assumed to occur.

These ratings are given for full cycles of 50 Hz or 60 Hz sine wave surge current.

- c) For a time equal to one full cycle.

3.4 Gate current

3.4.1 Peak positive gate current

Maximum value.

3.4.2 Peak negative gate current

Maximum value.

3.5 Critical rate of rise of on-state current $di/dt(c)$

Maximum value under the following specified conditions:

- a) off-state voltage prior to turn-on, preferably equal to two-thirds the peak off-state voltage of Sub-clause 3.1.2;
- b) peak value of on-state current, preferably equal to $\sqrt{2}$ times the rated r.m.s. on-state current of Sub-clause 3.3.1 specified for 85 °C temperature;

- c) vitesse de répétition, de préférence 50 ou 60 Hz;
- d) température ambiante ou température d'un point de référence égale à la température la plus élevée pour laquelle la valeur de pointe du courant à l'état passant est permise;
- e) conditions d'amorçage par la gâchette.

Notes 1. — Les valeurs de di/dt ne s'appliquent pas aux triacs à faible courant.
2. — On donnera la valeur de di/dt dans le cas où il n'y a pas de réseau RC en parallèle avec le triac. Si, dans le cas d'un réseau RC, on donne une valeur limite supplémentaire de di/dt , on devra spécifier l'amplitude et la durée admissibles de la surcharge accidentelle due à ce réseau ou bien les paramètres du réseau.

4. Valeurs limites de fréquence

S'il y a lieu, fréquences maximale et/ou minimale pour lesquelles les valeurs limites de tension et de courant (article 3) s'appliquent.

5. Valeurs limites de dissipation de puissance

5.1 Dissipation de puissance de gâchette

5.1.1 Puissance moyenne de gâchette

Valeur maximale.

5.1.2 Puissance de pointe de gâchette

Valeur maximale.

Si ces valeurs limites dépendent de la température ou du facteur d'utilisation, une information concernant la réduction de la puissance admissible doit être donnée.

6. Valeurs limites de température

6.1 Triacs à température ambiante spécifiée et à température de boîtier spécifiée

Températures minimale et maximale du fluide de refroidissement ou du point de référence.

6.2 Températures de stockage

Valeurs minimale et maximale.

6.3 Température virtuelle de jonction

Valeur maximale.

7. Caractéristiques électriques

(A une température du fluide de refroidissement ou du point de référence de 25 °C, sauf indication contraire.)

- c) repetition rate, preferably 50 or 60 Hz;
- d) ambient or reference-point temperature equal to the highest temperature at which the peak value of the on-state current is permitted;
- e) gate trigger conditions.

Notes 1. — di/dt ratings are not applicable to low-current triacs.

- 2. — The rated value of di/dt shall be given for the case of no RC network connected in parallel with the triac. If an additional di/dt rating is given for the case where an RC network is present, the permissible amplitude and duration of the surge from this network or the parameters of this network must be stated.

4. Frequency ratings (limiting values)

Where applicable, maximum and/or minimum frequencies for which the voltage and current ratings (Clause 3) apply.

5. Power dissipation ratings (limiting values)

5.1 Gate power dissipation

5.1.1 Mean gate power

Maximum value.

5.1.2 Peak gate power

Maximum value.

If these ratings are temperature or duty factor dependent, derating information should be given.

6. Temperature ratings (limiting values)

6.1 Ambient-rated and case-rated triacs

Minimum and maximum cooling fluid or reference-point temperatures.

6.2 Storage temperatures

Minimum and maximum values.

6.3 Virtual junction temperature

Maximum value.

7. Electrical characteristics

(At 25 °C cooling fluid or reference-point temperature, unless otherwise stated.)

Les caractéristiques recommandées ici sont basées sur le fonctionnement symétrique du dispositif et, par conséquent, doivent correspondre à des valeurs limites pour chaque sens de fonctionnement. Si une caractéristique dépend du mode de déclenchement par la gâchette, le(s) mode(s) applicable(s) doit (doivent) être spécifié(s).

7.1 *Caractéristiques à l'état passant (s'il y a lieu)*

Courbes montrant la valeur instantanée de la tension à l'état passant en fonction du courant à l'état passant jusqu'à la valeur maximale du courant de pointe répétitif à l'état passant (paragraphe 3.3.2), à une température du fluide de refroidissement ou du point de référence de 25 °C, et à une autre température plus élevée, de préférence égale à la température virtuelle maximale de jonction.

On doit mesurer cette caractéristique en impulsions, de façon que la température de jonction soit sensiblement égale à la température du point de référence.

7.2 *Tension à l'état passant*

Valeur maximale pour un courant égal à $\sqrt{2}$ fois la valeur limite du courant efficace à l'état passant (paragraphe 3.3.1).

7.3 *Courant hypostatique ou de maintien*

Valeurs maximale et, s'il y a lieu, minimale dans les conditions spécifiées suivantes:

a) tension à l'état bloqué, de préférence égale à 12 V;

b) conditions de polarisation de gâchette.

Note. — La valeur maximale du courant hypostatique est la valeur du plus petit courant qui maintiendra tous les triacs d'un type déterminé à l'état passant.
La valeur minimale du courant hypostatique est la valeur la plus élevée du courant au-dessous de laquelle tous les triacs d'un type déterminé reviendront à l'état bloqué.

7.4 *Courant d'accrochage*

Valeur maximale, dans les conditions spécifiées suivantes:

a) tension à l'état bloqué, de préférence 12 V;

b) impulsion d'amorçage: temps de croissance, temps de décroissance, durée, amplitude de la tension et résistance du générateur d'impulsion.

Note. — La valeur maximale du courant d'accrochage est la valeur du plus petit courant qui maintiendra tous les triacs d'un type déterminé à l'état passant.

7.5 *Courant de pointe répétitif à l'état bloqué*

Valeur maximale, pour la valeur limite de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué et pour la valeur maximale de la température virtuelle de jonction.

7.6 *Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué*

Valeur maximale de la vitesse de croissance d'une tension appliquée, croissant de façon sensiblement linéaire ou de façon exponentielle de zéro à au moins deux tiers de la valeur maximale de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué, dans des conditions spécifiées de fréquence de répétition de la commutation, de polarisation de gâchette et de température virtuelle de jonction.

Les conditions suivantes doivent être spécifiées:

The characteristics recommended here are based upon symmetrical operation of the device and, therefore, should be based upon limiting values for either direction of operation. If a characteristic is sensitive to the gate triggering mode, the mode(s) applicable should be specified.

7.1 *On-state characteristics (where appropriate)*

Curves showing instantaneous value of on-state voltage versus on-state current up to the maximum value of the repetitive peak on-state current (Sub-clause 3.3.2) at a cooling fluid or reference-point temperature of 25 °C and at one other higher temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature.

This characteristic should be measured using a pulse method, so that the junction temperature is approximately equal to the reference-point temperature.

7.2 *On-state voltage*

Maximum value at a current of $\sqrt{2}$ times the rated r.m.s. on-state current (Sub-clause 3.3.1).

7.3 *Holding current*

Maximum and, where appropriate, minimum value, under the following specified conditions:

- a) off-state voltage, preferably equal to 12 V;
- b) gate bias conditions.

Note. — The maximum value of holding current is the smallest current that will maintain all triacs of a given type in the on-state.
The minimum value of holding current is the highest current below which all triacs of a given type will return to the off-state.

7.4 *Latching current*

Maximum value under the following specified conditions:

- a) off-state voltage, preferably equal to 12 V;
- b) triggering pulse: rise time, fall time, duration, voltage, amplitude and resistance of the pulse generator.

Note. — The maximum value of the latching current is the smallest current that will maintain all triacs of a given type in the on-state.

7.5 *Repetitive peak off-state current*

Maximum value, at the rated repetitive peak off-state voltage and at the maximum virtual junction temperature.

7.6 *Critical rate of rise of off-state voltage*

Maximum value of the rate of rise of an applied voltage rising in an approximately linear manner or in an exponential manner from zero to at least two-thirds of the maximum repetitive peak off-state voltage, under specified switching repetition frequency, gate bias conditions and virtual junction temperature.

The following conditions should be specified:

- a) température ambiante ou température d'un point de référence, de préférence égale à la température virtuelle maximale de jonction;
- b) tension de pointe à l'état bloqué, de préférence égale aux deux tiers de la tension répétitive à l'état bloqué (V_{DRM}) du paragraphe 3.1.2;
- c) conditions de polarisation de gâchette.

7.7 Vitesse critique de croissance de la tension de commutation

Valeur maximale dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) courant de pointe à l'état passant, de préférence égal à $\sqrt{2}$ fois la valeur du courant efficace à l'état passant du paragraphe 3.3.1 défini pour 25 °C pour les triacs à température ambiante spécifiée ou pour 85 °C pour les triacs à température de boîtier spécifiée;
- b) durée (on recommande 90 % d'une onde demi-sinusoïdale) et vitesse de renversement du courant à l'état passant di/dt ;
- c) tension de pointe à l'état bloqué, de préférence égale aux deux tiers de la tension répétitive à l'état bloqué (V_{DRM}) du paragraphe 3.1.2;
- d) température ambiante ou température d'un point de référence, de préférence égale à la température virtuelle maximale de jonction;
- e) conditions de polarisation de gâchette.

7.8 Courant de gâchette d'amorçage et tension de gâchette d'amorçage

Valeurs du courant de gâchette minimal et de la tension de gâchette minimale qui provoquent l'amorçage de tous les triacs d'un type déterminé pour une faible tension spécifiée entre les bornes principales.

Les conditions suivantes doivent être spécifiées:

- a) tension à l'état bloqué, de préférence 12 V;
- b) conditions de polarisation de gâchette;
- c) température ambiante ou température du point de référence.

Les autres conditions influant sur les valeurs de ces caractéristiques doivent être spécifiées.

7.9 Courant de gâchette de non-amorçage et tension de gâchette de non-amorçage

Valeurs du courant de gâchette maximal et de la tension de gâchette maximale qui ne provoquent l'amorçage d'aucun triac d'un type déterminé pour la valeur limite de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué.

Les conditions suivantes doivent être spécifiées:

- a) tension à l'état bloqué, de préférence égale aux deux tiers de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM}) du paragraphe 3.1.2;
- b) température ambiante ou température d'un point de référence, de préférence égale à la température virtuelle maximale de jonction;
- c) conditions du circuit de gâchette.

Les autres conditions influant sur les valeurs de ces caractéristiques doivent être spécifiées.

- a) ambient or reference-point temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature;
- b) peak off-state voltage, preferably equal to two-thirds of the repetitive off-state voltage (V_{DRM}) of Sub-clause 3.1.2;
- c) gate bias conditions.

7.7 Critical rate of rise of commutating voltage

Maximum value under the following specified conditions:

- a) peak on-state current preferably equal to $\sqrt{2}$ times the r.m.s. value of on-state current of Sub-clause 3.3.1 at 25 °C for ambient-rated triacs or at 85 °C for case-rated triacs;
- b) duration (90% of a half-sine wave recommended) and rate of reversal of on-state current di/dt ;
- c) peak off-state voltage, preferably equal to two-thirds of the repetitive peak off-state voltage (V_{DRM}) of Sub-clause 3.1.2;
- d) ambient or reference-point temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature;
- e) gate bias conditions.

7.8 Gate trigger current and gate trigger voltage

Values of minimum gate current and minimum gate voltage required to turn on all triacs of a given type at specified low voltage between the main terminals.

The following conditions should be specified:

- a) off-state voltage, preferably 12 V;
- b) gate circuit conditions;
- c) ambient or reference-point temperature.

Any other conditions affecting the values of these characteristics should be specified.

7.9 Gate non-trigger current and gate non-trigger voltage

Values of maximum gate current and maximum gate voltage which will not turn on any triac of a given type at the rated repetitive peak off-state voltage.

The following conditions should be specified:

- a) off-state voltage, preferably equal to two-thirds of the repetitive peak off-state voltage (V_{DRM}) of Sub-clause 3.1.2;
- b) ambient or reference-point temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature;
- c) gate circuit conditions.

Any other conditions affecting the values of these characteristics should be specified.

7.10 Temps de délai contrôlé par la gâchette

Valeur typique et, s'il y a lieu, valeur(s) maximale(s), dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) amplitude du courant de gâchette;
- b) temps de croissance du courant de gâchette, de préférence égal à 0,5 μ s;
- c) durée minimale de l'impulsion de gâchette, de préférence égale à deux fois le retard à la croissance spécifié du triac;
- d) tension à l'état bloqué avant l'amorçage, de préférence égale à 0,5 fois la tension de pointe répétitive à l'état bloqué (V_{DRM}) du paragraphe 3.1.2.

7.11 Dissipation de puissance totale

Courbe montrant la dissipation de puissance totale maximale en fonction du courant sinusoïdal efficace à l'état passant à 50 ou 60 Hz.

S'il y a lieu, la dissipation de puissance à l'état passant, les dissipations de puissance à l'amorçage et au désamorçage doivent être spécifiées séparément.

8. Caractéristiques thermiques

8.1 Résistance thermique

Valeur maximale.

8.2 Impédance thermique transitoire (s'il y a lieu)

Courbe de l'impédance thermique transitoire maximale en fonction du temps, depuis le régime permanent jusqu'à 1 ms ou moins.

9. Caractéristiques mécaniques et autres données

Voir la Publication 747-1.

10. Données d'applications

Indication des exigences spéciales relatives à une mise en série ou en parallèle des triacs ou des blocs à triacs.

Le fabricant devra être consulté pour des recommandations particulières.

Présentation des valeurs limites et des caractéristiques de gâchette

On donne de préférence les valeurs limites et les caractéristiques de gâchette en se référant au schéma représenté par la figure 19, page 94. La surface indiquant un amorçage certain peut avoir une limite inférieure donnée soit par deux droites définies par le courant et la tension d'amorçage par la gâchette, soit par une seule droite indiquant une caractéristique de sortie convenable du système d'amorçage.

Notes 1. — On indiquera les valeurs de tension et de courant de non-amorçage par la gâchette à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction. On indiquera les valeurs de tension et de courant d'amorçage par la gâchette à 25 °C et à la température de fonctionnement minimale.

2. — Si les caractéristiques données dans la figure 19 sont différentes selon les quadrants, cela doit être indiqué.

7.10 Gate-controlled delay time

Typical and, where appropriate, maximum value(s), under the following specified conditions:

- a) gate current amplitude;
- b) rise time of gate current, preferably equal to 0.5 μ s;
- c) minimum duration of the gate pulse, preferably equal to two times the specified delay time of the triac;
- d) off-state voltage prior turn-on, preferably equal to 0.5 times the repetitive peak off-state voltage (V_{DRM}) of Sub-clause 3.1.2.

7.11 Total power dissipation

A curve showing the maximum total power dissipation as a function of r.m.s. sinusoidal on-state current at 50 or 60 Hz.

Where appropriate, the on-state power dissipation, the turn-on and turn-off dissipations should be specified separately.

8. Thermal characteristics

8.1 Thermal resistance

Maximum value.

8.2 Transient thermal impedance (where appropriate)

Curve showing maximum transient thermal impedance versus time, extending from steady state down to 1 ms or less.

9. Mechanical characteristics and other data

See Publication 747-1.

10. Application data

A statement of the special requirements that are applicable to series or parallel connection of triacs or triac stacks.

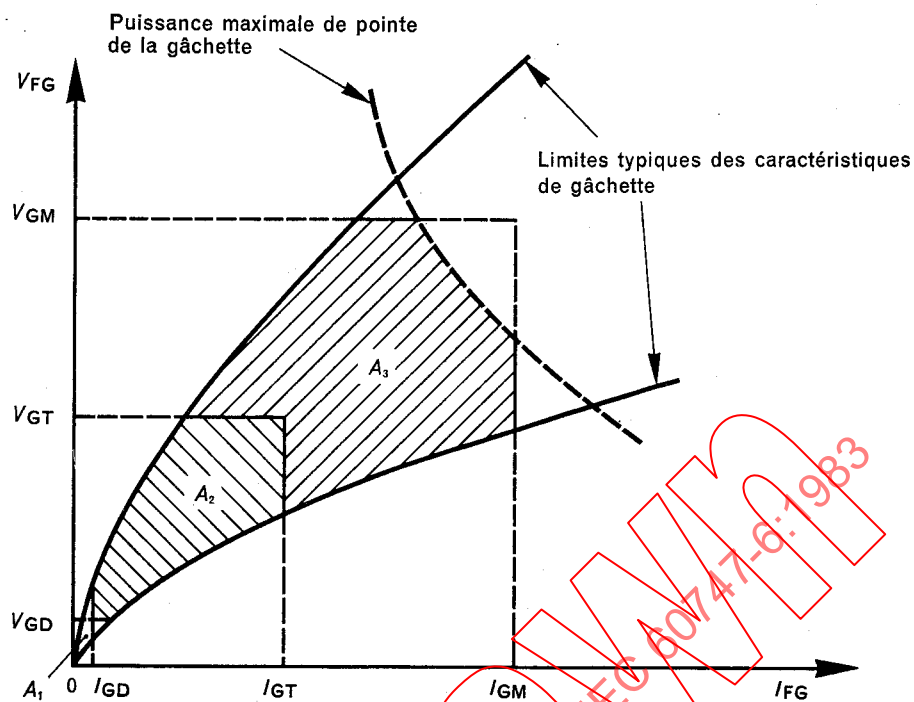
The manufacturer should be consulted for detailed recommendations.

Presentation of limiting values and characteristics for the gate

Limiting values and characteristics for the gate are preferably given with reference to a diagram as shown in Figure 19, page 95. The area indicating certain triggering has a lower limit given either by two lines defined by the gate trigger current and voltage, or by a single line indicating a suitable output characteristic of the trigger equipment.

Notes 1. — The values of gate non-trigger voltage and current should be given at maximum virtual junction temperature. The values of gate trigger voltage and current should be given at 25 °C and a minimum operating temperature.

2. — If the characteristics given in Figure 19 are different for different quadrants, it should be stated.



I_{GD} = courant de gâchette de non-amorçage
 I_{GT} = courant de gâchette d'amorçage
 I_{GM} = courant de pointe direct maximal de gâchette
 V_{GD} = tension de non-amorçage par la gâchette
 V_{GT} = tension d'amorçage par la gâchette
 V_{GM} = tension directe de pointe maximale de gâchette
 A_1 = surface de non-amorçage
 A_2 = surface d'amorçage non certain
 A_3 = surface d'amorçage certain

FIG. 19. — Tension directe de gâchette en fonction du courant direct de gâchette.

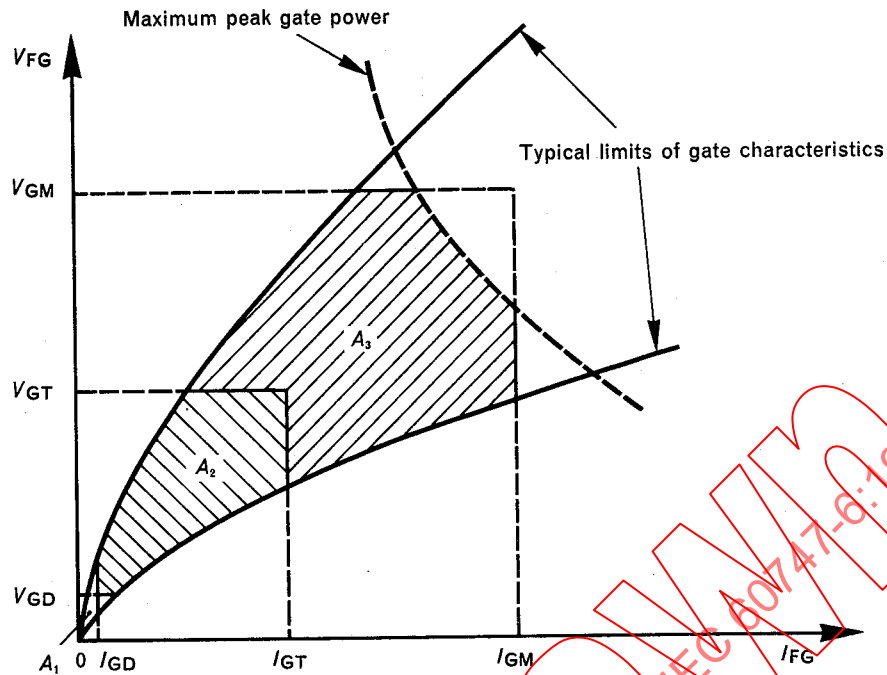
SECTION TROIS — THYRISTORS DIODES D'AMORÇAGE BIDIRECTIONNELS À TEMPÉRATURE AMBIANTE SPÉCIFIÉE

1. Type

Dispositif à température ambiante spécifiée, destiné à être utilisé dans les circuits d'amorçage des thyristors.

2. Matériau semiconducteur: silicium, etc.

3. Polarité: bidirectionnelle



I_{GD} = gate non-trigger current
 I_{GT} = gate trigger current
 I_{GM} = maximum peak forward gate current
 V_{GD} = gate non-trigger voltage
 V_{GT} = gate trigger voltage
 V_{GM} = maximum peak forward gate voltage
 A_1 = area of non-triggering
 A_2 = area of uncertain triggering
 A_3 = area of certain triggering

FIG. 19. — Forward gate voltage versus forward gate current.

SECTION THREE — BI-DIRECTIONAL TRIGGER DIODE THYRISTORS

1. Type

Ambient-rated device intended for use in thyristor trigger circuits.

2. Semiconductor material: silicon, etc.

3. Polarity: bi-directional

4. Encombrement

4.1 Référence CEI (on peut ajouter les références nationales)

4.2 Matériau du boîtier

4.3 Identification des bornes et indication des connexions entre une borne et le boîtier

5. **Valeurs limites** (système des valeurs absolues) dans la gamme des températures de fonctionnement, sauf spécification contraire

5.1 Températures de stockage minimale et maximale (t_{stg})

5.2 Températures ambiantes de fonctionnement minimale et maximale (t_{amb})

5.3 Courant de pointe répétitif maximal, pendant une durée d'impulsion spécifiée à 25 °C I_{TRM} ainsi qu'une courbe de réduction en fonction de la température

6. **Caractéristiques** (applicables aux deux directions et à $t_{amb} = 25\text{ °C}$ sauf indication contraire)

6.1 Valeurs minimale et maximale de la tension de retournement ($V_{(BO)}$)

6.2 Valeur maximale de la différence entre les valeurs absolues $|V_{(BO)_1}| - |V_{(BO)_2}|$ des deux tensions de retournement

Note. — $|V_{(BO)_1}| > |V_{(BO)_2}|$

6.3 Valeur maximale de la variation de la tension de retournement dans la gamme de températures s'étendant entre $t_{amb} = 25\text{ °C}$ et $t_{amb\text{ max}}$

6.4 Valeur maximale du courant de retournement (dans des conditions spécifiées) ($I_{(BO)}$)

6.5 Différence de tension minimale entre la tension de retournement $V_{(BO)}$ et une tension pour un courant spécifié, de préférence 10 mA (ΔV)

7. Informations supplémentaires

Courbe du courant de retournement dans des conditions spécifiées en fonction de la fréquence des impulsions.

4. Outline

4.1 IEC reference (national reference may be added)

4.2 Case material

4.3 Terminal identification and any connection between a terminal and the case

5. **Limiting values** (absolute maximum system) over the operating temperature range, unless otherwise stated

5.1 Minimum and maximum storage temperatures (t_{stg})

5.2 Minimum and maximum ambient operating temperatures (t_{amb})

5.3 Maximum repetitive peak current for a specified pulse duration at 25 °C together with a derating curve as function of temperature (I_{TRM})

6. **Characteristics** (applicable to both directions and at $t_{amb} = 25\text{ °C}$ unless otherwise stated)

6.1 Minimum and maximum values of the breakover voltage ($V_{(BO)}$)

6.2 Maximum value of the breakover voltage asymmetry $|V_{(BO)_1}| - |V_{(BO)_2}|$

Note. — $|V_{(BO)_1}| > |V_{(BO)_2}|$

6.3 Maximum value of the breakover voltage variation in the temperature range of $t_{amb} = 25\text{ °C}$ to $t_{amb\ max}$

6.4 Maximum value of the breakover current (under specified conditions) ($I_{(BO)}$)

6.5 Minimum difference voltage between the breakover voltage $V_{(BO)}$ and the voltage at a specified current, preferably 10 mA (ΔV)

7. Supplementary information

Curve of the breakover current under specified conditions as a function of pulse frequency.

CHAPITRE IV: MÉTHODES DE MESURE

Introduction

A quelques exceptions près, indiquées dans les titres, les méthodes de mesure décrites dans ce chapitre s'appliquent aux thyristors triodes bloqués en inverse. Cependant beaucoup d'entre elles s'appliquent aussi à d'autres types de thyristors.

Pour leurs applications aux thyristors triodes bloqués en inverse, les polarités données dans les circuits sont applicables aux thyristors P. Cependant, ces circuits peuvent être adaptés pour les thyristors N en changeant les polarités des sources d'alimentation et des appareils de mesure, et aussi des bornes d'anode et de cathode.

1. Caractéristiques électriques

1.1 Précautions générales

1.1.1 Précautions générales pour les mesures en courant continu

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

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

1.1.2 Précautions générales pour les mesures en courant alternatif

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

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

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

1.1.3 Conditions de température

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

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

1.2 Tension à l'état passant

1.2.1 Méthode en courant continu

La tension à l'état passant peut être mesurée dans le circuit indiqué par la figure 20. Le courant direct spécifié est établi après que le thyristor a commuté à l'état passant et

CHAPTER IV: METHODS OF MEASUREMENT

Introduction

With few exceptions indicated in the titles, the measuring methods described in this chapter apply to reverse blocking triode thyristors. However, many of them are also applicable to other types of thyristors.

As regards their application to reverse blocking triode thyristors, the polarities shown in the circuits are applicable to P-gate thyristors. However, the circuits can be adapted to N-gate thyristors by changing the polarities of the meters and the sources, and also of the anode and cathode terminals.

1. Electrical characteristics

1.1 General precautions

1.1.1 General precautions for d.c. measurements

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

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

1.1.2 General precautions for a.c. measurements

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

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

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

1.1.3 Temperature conditions

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

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

1.2 On-state voltage

1.2.1 D.C. method

On-state voltage can be measured in the circuit shown in Figure 20. The specified forward current is set after the thyristor switches to the on-state and the voltage between

la tension entre les bornes d'anode et de cathode est mesurée dans des conditions spécifiées de polarisation et d'impédance du circuit de gâchette.

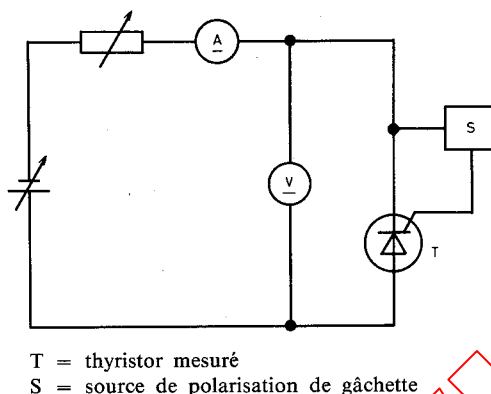


FIG. 20. — Circuit de mesure de la tension à l'état passant (méthode en courant continu).

1.2.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 21a ci-dessous correspond à un circuit utilisant une source de tension sinusoïdale simple alternance pour la mesure de la tension directe instantanée à l'état passant dans des conditions spécifiées de polarisation et d'impédance du circuit de gâchette. Le courant parcourt le thyristor dans le sens direct, le thyristor étant à l'état passant. La courbe tension-courant est présentée sur l'oscilloscope comme indiqué sur la figure 21b.

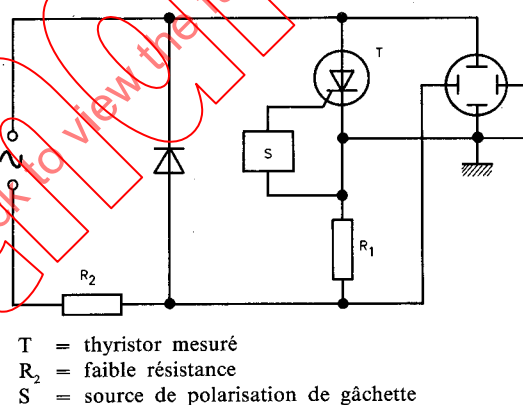


FIG. 21a. — Circuit de mesure de la tension à l'état passant (méthode de l'oscilloscope).

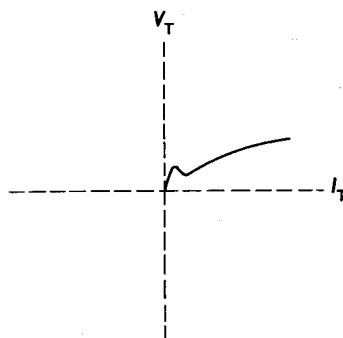
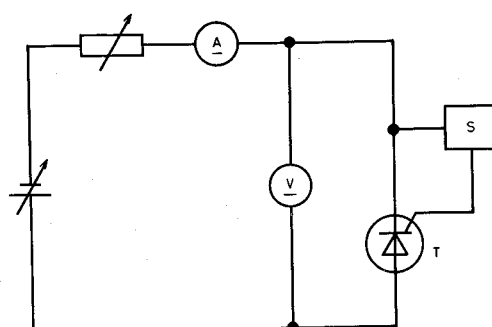


FIG. 21b. — Courbe de la tension à l'état passant en fonction du courant direct.

the anode and cathode terminals is measured under specified conditions of bias and impedance of the gate circuit.

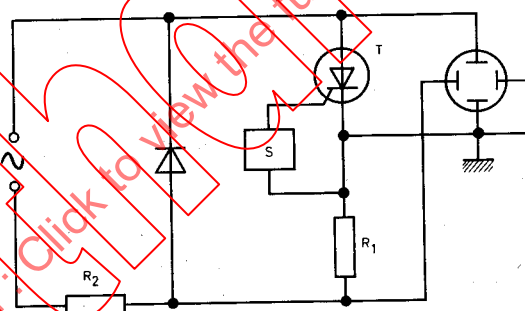


T = thyristor under test
S = gate biasing source

FIG. 20. — Circuit for the measurement of on-state voltage (d.c. method).

1.2.2 Oscilloscope method

Figure 21a below shows a circuit for the measurement of instantaneous on-state voltage, using a half-sine wave voltage supply for specified conditions of bias and impedance of the gate circuit. The current is applied through the thyristor in the forward direction while the thyristor is in the on-state and the voltage-current curve as displayed on the oscilloscope is shown in Figure 21b.



T = thyristor under test
R₂ = resistor, low resistance
S = gate biasing source

FIG. 21a. — Circuit for the measurement of on-state voltage (oscilloscope method).

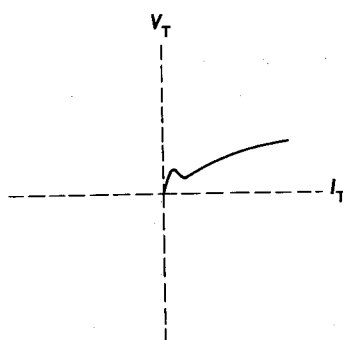


FIG. 21b. — Graphic representation of on-state voltage versus forward current characteristic.

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

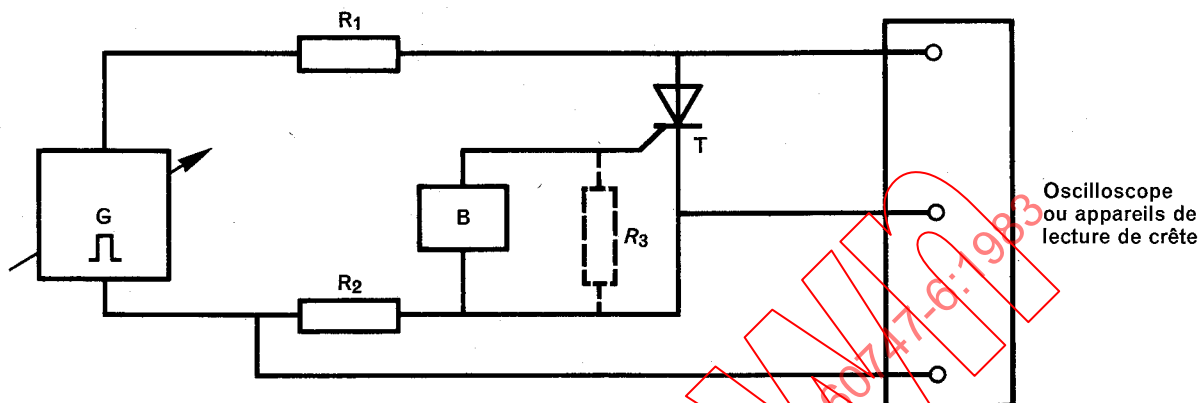


FIGURE 22

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 étalonnée 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.

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.

1.2.3 Pulse method

Purpose

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

Circuit diagram

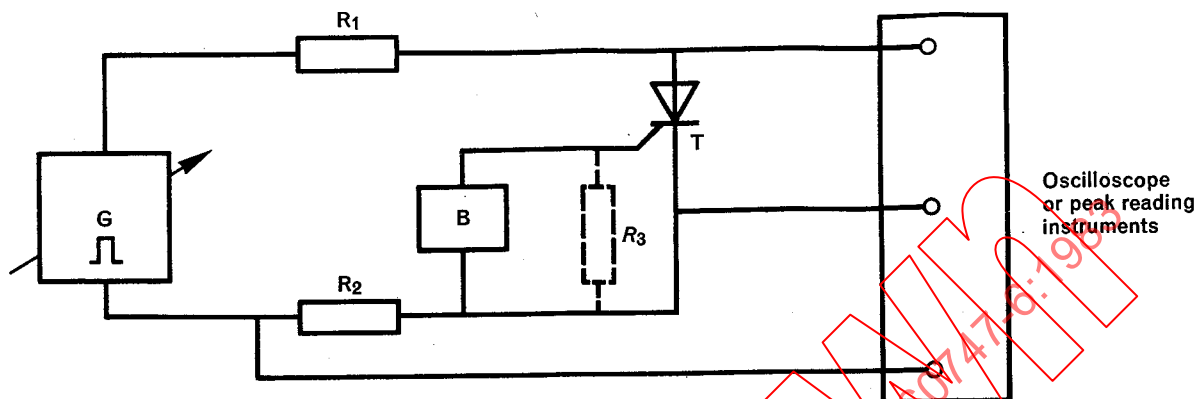


FIGURE 22

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.

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.

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 inverse*1.3.1 *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.

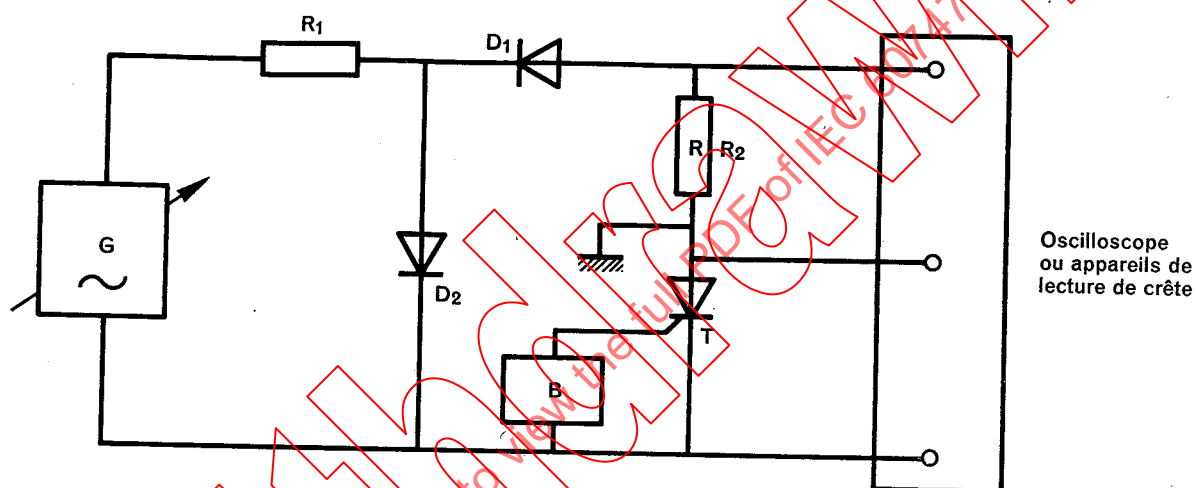
Schéma

FIGURE 23

0069/73

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.

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 *Reverse current*1.3.1 *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.

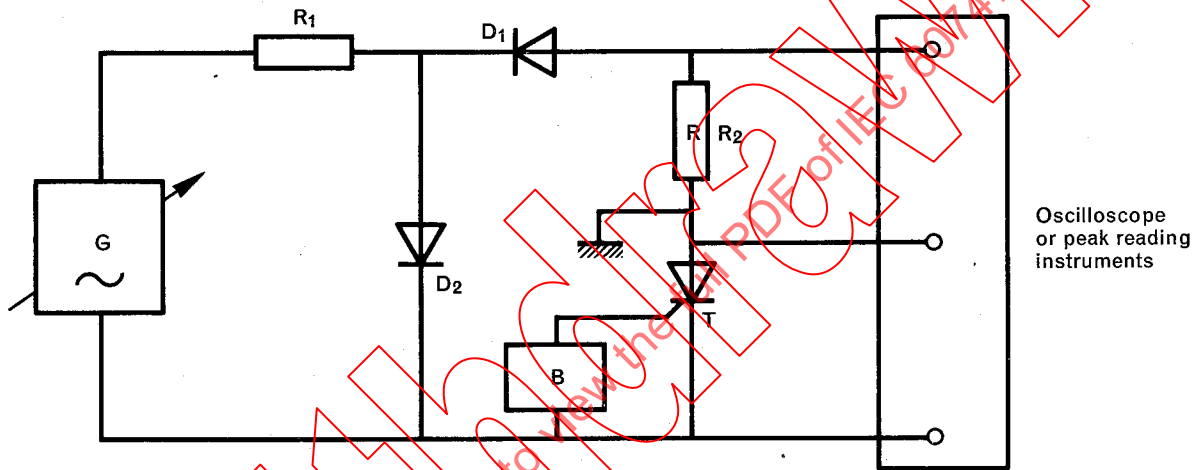
Circuit diagram

FIGURE 23

0069/73

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.

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.

1.4 Courant d'accrochage*But*

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

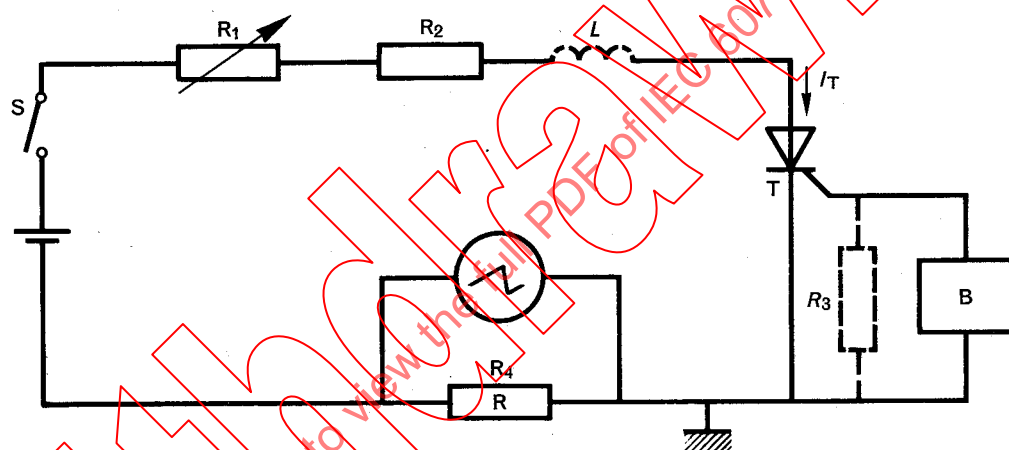
Schéma

FIGURE 24

0070/73

Description et exigences du circuit

B = source de déclenchement et de polarisation de gâchette

R_2 = résistance de protection

R_4 = résistance étalonée 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 25 ci-après).

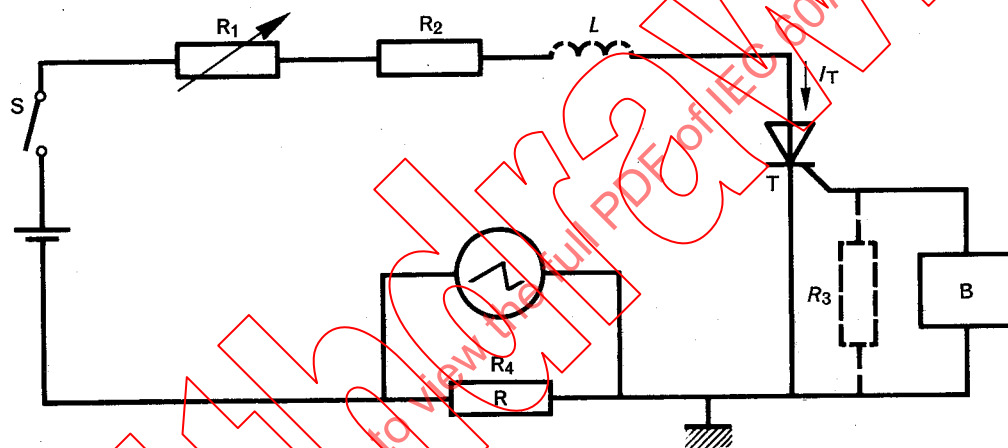
Specified conditions

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.

1.4 *Latching current**Purpose*

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

Circuit diagram

0070/73

FIGURE 24

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 25 below).

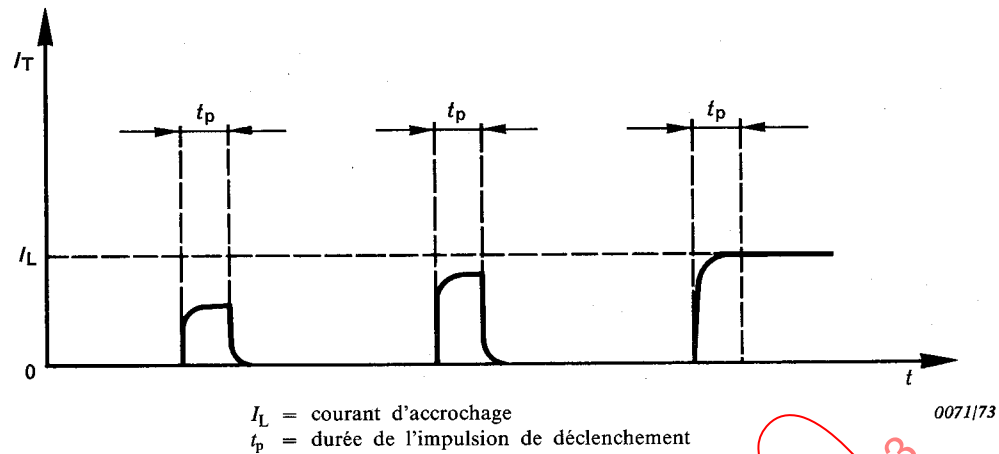


FIGURE 25

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.

1.5 Courant de maintien (I_H)

a) But

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

b) Schéma

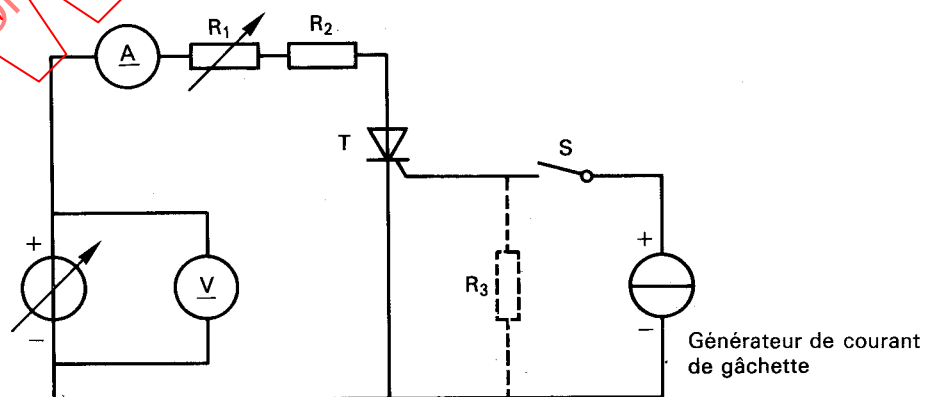


FIGURE 26

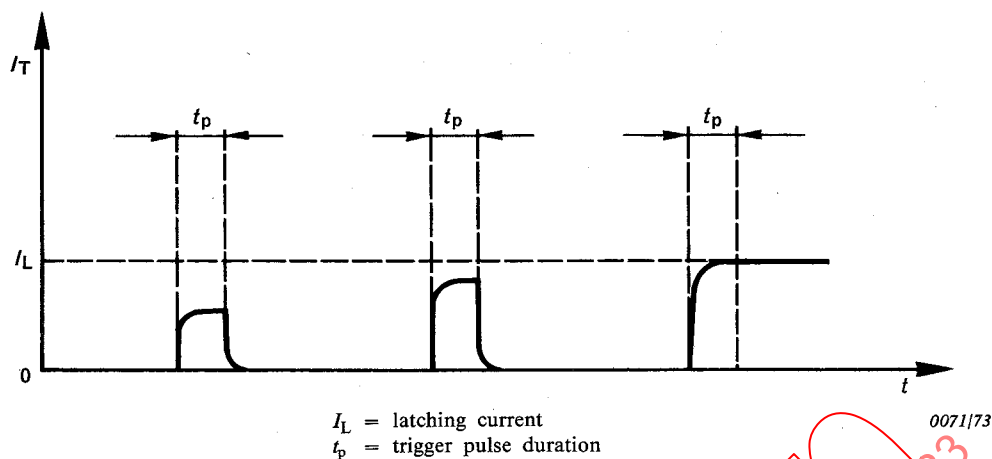


FIGURE 25

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.

1.5 Holding current (I_H)

a) Purpose

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

b) Circuit diagram

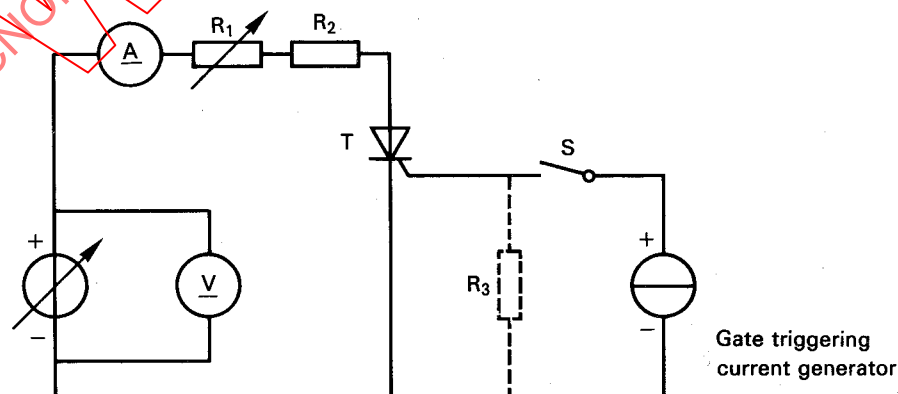


FIGURE 26

359/83

c) *Description et exigences du circuit*

R_2 est une résistance de protection.

On n'utilise R_3 que si elle est spécifiée.

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Augmenter la tension de sortie du générateur pour obtenir la valeur spécifiée de la tension à l'état bloqué V_D .

Fermer l'interrupteur S et augmenter le courant de gâchette jusqu'à ce que le thyristor soit amorcé.

Régler R_1 de façon que le courant à l'état passant soit suffisamment élevé pour être sûr que le thyristor est complètement amorcé.

Ouvrir alors l'interrupteur S et diminuer graduellement le courant à l'état passant en augmentant R_1 jusqu'à ce que le thyristor se désamorce.

La valeur du courant à l'état passant, mesuré sur l'ampèremètre A, immédiatement avant le point de désamorçage, est le courant de maintien.

e) *Conditions spécifiées*

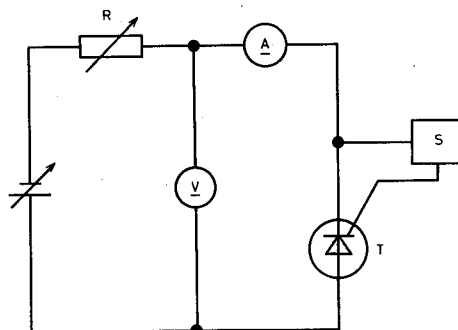
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (T_{amb} , T_{case} , T_{ref}).
- (S'il y a lieu) Courant à l'état passant minimal pour être sûr que le thyristor est complètement amorcé.
- Résistance du circuit de gâchette (R_3), si demandé.
- Tension à l'état bloqué (V_D).

1.6 *Courant à l'état bloqué*1.6.1 *Méthode en courant continu*

Le courant à l'état bloqué peut être mesuré dans le circuit correspondant à la figure 27.

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

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



486/83

S = source de polarisation de gâchette
T = thyristor mesuré

FIG. 27. — Circuit de mesure du courant à l'état bloqué (méthode en courant continu).

c) *Circuit description and requirements*

Resistor R_2 is a protective resistor.

Resistor R_3 is only to be used when specified.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The voltage generator output is increased to obtain the specified value of the off-state voltage V_D .

Switch S is closed and the gate current increased until the thyristor triggers.

R_1 is adjusted so that the on-state current is high enough to ensure that the thyristor is fully turned on.

Switch S is then opened and the on-state current gradually decreased by increasing R_1 until the thyristor turns off.

The value of the on-state current, measured on ammeter A, immediately prior to the turn-off point, is the holding current.

e) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (T_{amb} , T_{case} , T_{ref}).
- (Where appropriate) Minimum on-state current to ensure that the thyristor is fully turned on.
- Gate circuit resistor (R_3), if required.
- Off-state voltage (V_D).

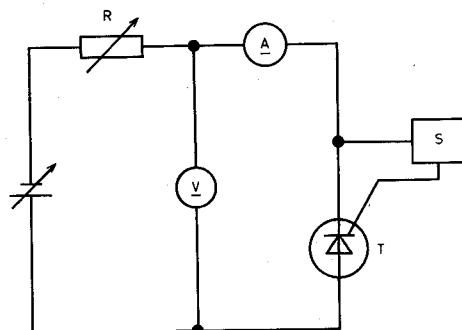
1.6 *Off-state current*

1.6.1 *D.C. method*

Off-state current can be measured in the circuit shown in Figure 27.

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

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



486/83

S = gate biasing source
T = thyristor under test

FIG. 27. — Circuit for the measurement of off-state current (d.c. method).

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

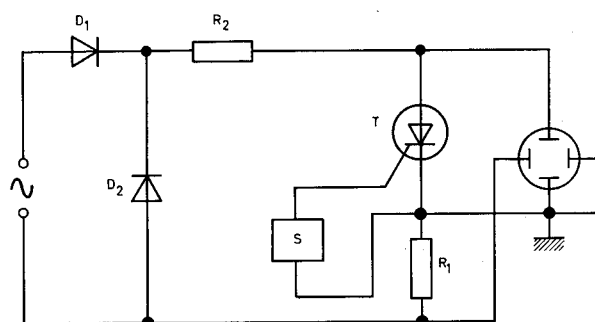
Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- tension de pointe répétitive à l'état bloqué;
- fréquence de la source de tension alternative;
- conditions de polarisation de gâchette: tension de source d'alimentation et résistance de source ou résistance gâchette-cathode;
- température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

1.6.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 28 correspond à un circuit pour la mesure des valeurs instantanées du courant direct à l'état bloqué pour des conditions spécifiées de polarisation et d'impédance du circuit de gâchette. La courbe courant-tension est représentée sur un oscilloscope.

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



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

FIG. 28. — Circuit de mesure du courant à l'état bloqué (méthode de l'oscilloscope).

Circuit description and requirements

B	= gate circuit
D ₁ and D ₂	= diodes to provide positive half-cycles, so that only the off-state characteristic of the thyristor is measured
G	= alternating voltage source
R ₁	= protective resistor
R ₂	= 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

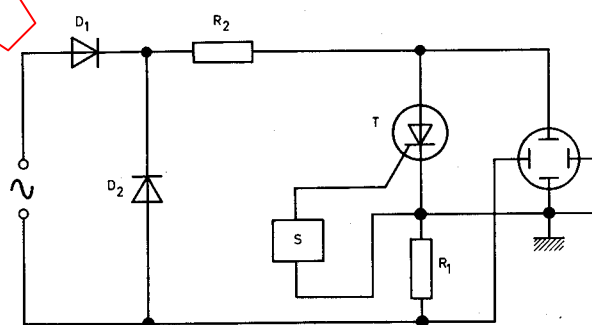
The values of the following conditions should be stated:

- repetitive peak off-stage voltage;
- frequency of alternating voltage source;
- gate bias conditions: source voltage and source resistance or gate-cathode resistor;
- ambient, case or reference-point temperature.

1.6.2 Oscilloscope method

Figure 28 shows a circuit for the measurement of instantaneous values of forward off-state current for specified conditions of bias and impedance of gate circuit. The curve of voltage-current is displayed on the oscilloscope.

Considerable care must be taken in shielding the equipment.



- | | |
|--------------------------------|---|
| T | = thyristor under test |
| R ₂ | = protective resistor |
| D ₁ /D ₂ | = the use of these diodes in this circuit is optional |
| S | = gate biasing source |

FIG. 28. – Circuit for the measurement of off-state current (oscilloscope method).

1.6.3 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

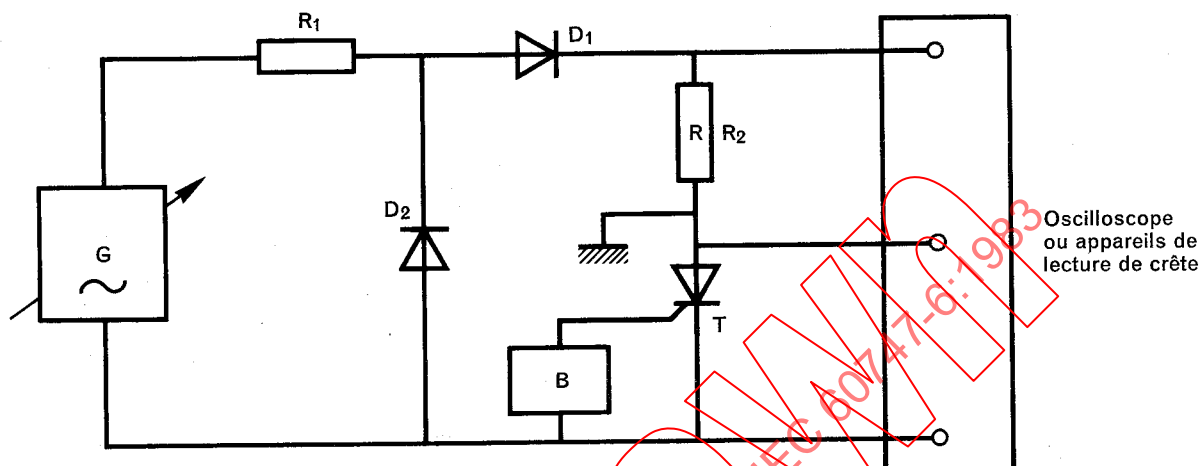


FIGURE 29

0068/73

Description et exigences du circuit

- B = circuit de gâchette
- D_1 et D_2 = 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
- R_1 = résistance de protection
- R_2 = 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 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 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.

1.6.3 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

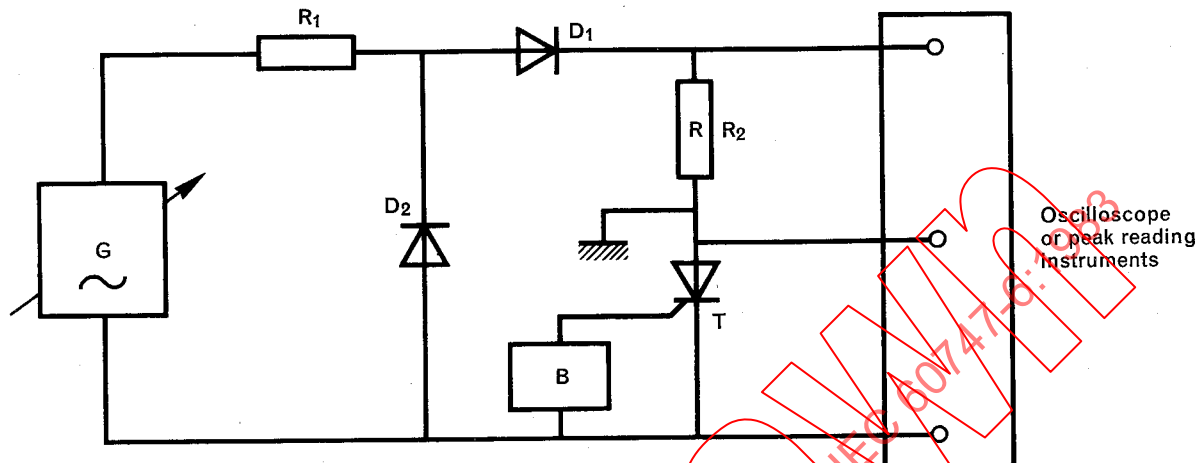


FIGURE 29

0068/73

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:

- repetitive peak off-stage voltage;
- frequency of alternating voltage source;
- gate bias conditions: source voltage and source resistance or gate-cathode resistor;
- ambient, case or reference-point temperature.

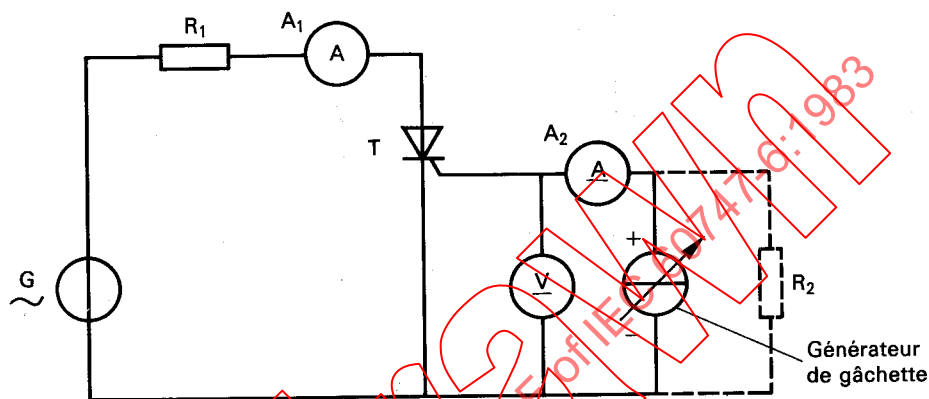
1.7 Courant ou tension d'amorçage par la gâchette (I_{GT}), (V_{GT})

a) But

Mesurer le courant et/ou la tension d'amorçage par la gâchette d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

Cette méthode ne s'applique qu'aux thyristors amorçables par la gâchette.

b) Schéma



360/83

FIGURE 30

c) Description et exigences du circuit

La résistance R_1 détermine le courant à l'état passant qui doit être suffisamment élevé pour que l'on soit sûr que le thyristor soit complètement amorcé.

Le générateur de tension G fournit une tension d'alimentation de faible valeur, de préférence 12 V ou moins.

Notes 1. — Le générateur de tension alternative peut être remplacé par un générateur continu.

2. — Quand on mesure des courants d'amorçage très faibles, l'impédance du voltmètre doit être prise en considération.

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Augmenter progressivement le courant de gâchette jusqu'au point où le thyristor est amorcé; l'ampèremètre A_1 indique le courant à l'état passant.

Le courant d'amorçage par la gâchette est la valeur la plus élevée enregistrée par l'ampèremètre A_2 et la tension d'amorçage par la gâchette est la valeur de la tension correspondante mesurée sur le voltmètre V .

e) Conditions spécifiées

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

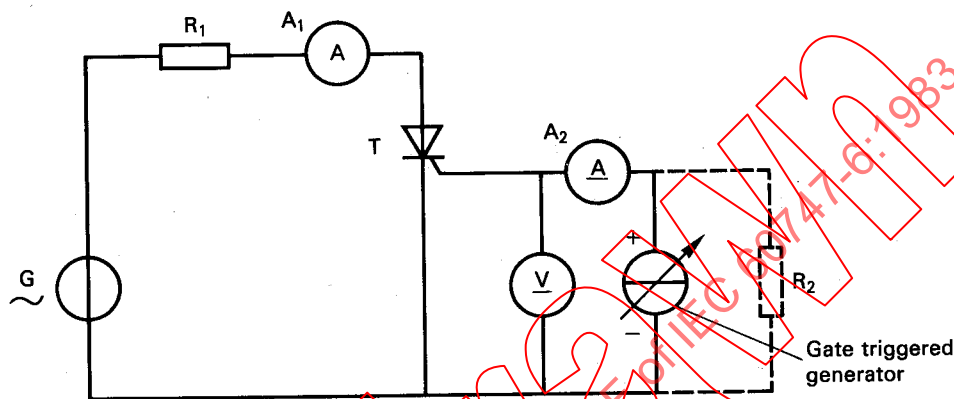
1.7 Gate trigger-current or voltage (I_{GT} , V_{GT})

a) Purpose

To measure the gate trigger current and/or voltage of a thyristor under specified conditions.

This method is applicable only to gate-triggered thyristors.

b) Circuit diagram



360/83

FIGURE 30

c) Circuit description and requirements

Resistor R_1 determines the on-state current which must be high enough to ensure that the thyristor is fully turned on.

The voltage generator G provides a low supply voltage, preferably 12 V or less.

Notes 1. — The alternating voltage generator may be replaced by a d.c. generator.

2. — When measuring very small triggering currents, the voltmeter impedance should be taken into account.

d) Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

The gate current is gradually increased until the thyristor just triggers and ammeter A_1 indicates an on-state current.

The gate trigger current is the highest recorded value on ammeter A_2 and the gate trigger voltage is the corresponding voltage value measured on voltmeter V .

e) Specified conditions

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

- Tension à l'état bloqué (à spécifier si elle diffère de 12 V de pointe en alternatif).
- Fréquence du générateur alternatif (à spécifier si elle est supérieure à 65 Hz).
- Résistance du circuit de gâchette R_2 (s'il y a lieu).

1.8 Tension de non-amorçage par la gâchette (V_{GD}) et courant de gâchette de non-amorçage (I_{GD})

a) But

Vérifier ou mesurer la tension de non-amorçage par la gâchette ou le courant de gâchette de non-amorçage d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

b) Schéma

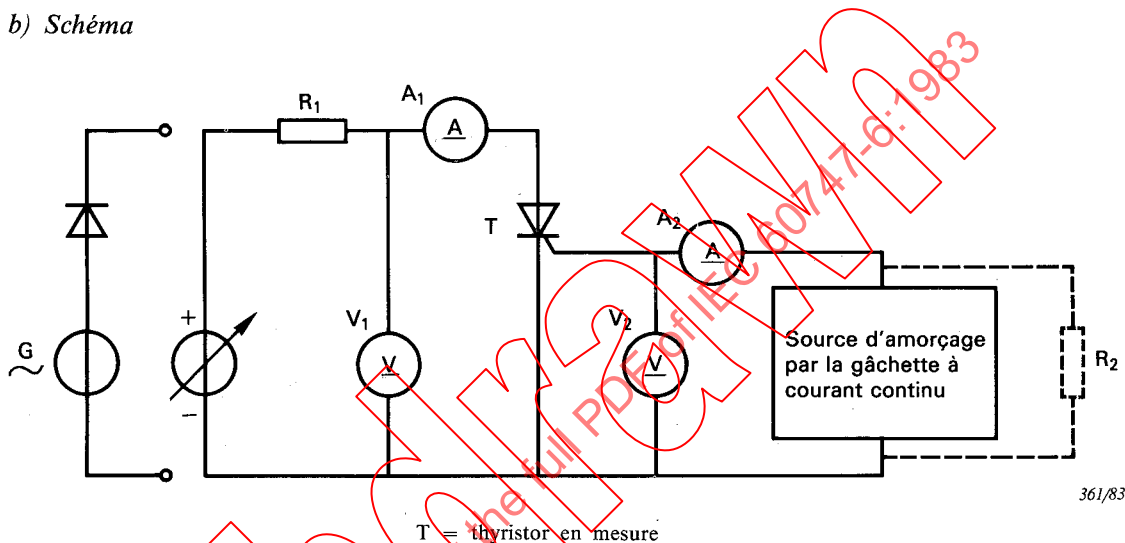


FIGURE 31

c) Description et exigences du circuit

R_1 est une résistance de protection qui doit être aussi faible que possible. On n'utilise R_2 que si elle est spécifiée.

Le générateur continu peut être remplacé par un générateur alternatif avec une diode en série; dans ce cas, le voltmètre V_1 et l'ampèremètre A_1 doivent être des appareils de lecture de pointe.

d) Méthode de vérification

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler à la valeur spécifiée la tension à l'état bloqué aux bornes du thyristor; cette tension est mesurée sur le voltmètre V_1 .

Appliquer la valeur spécifiée de la tension de non-amorçage par la gâchette, mesurée sur le voltmètre V_2 , à la gâchette du thyristor. On vérifie que cette tension peut être appliquée si le thyristor ne s'amorce pas.

e) Méthode de mesure

Régler la température à la valeur spécifiée.

- Off-state voltage (to be specified if other than 12 V peak a.c.).
- Frequency of alternating generator (to be specified if greater than 65 Hz).
- Gate circuit resistor, R_2 (if required).

1.8 Gate non-trigger voltage (V_{GD}) and gate non-trigger current (I_{GD})

a) Purpose

To verify or to measure the gate non-trigger voltage or the gate non-trigger current of a thyristor under specified conditions.

b) Circuit diagram

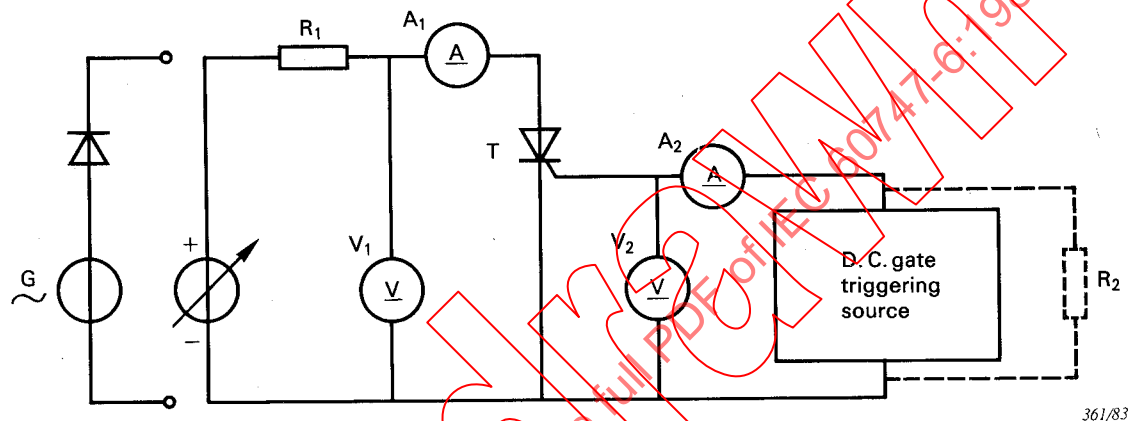


FIGURE 31

c) Circuit description and requirements

Resistor R_1 is a protective resistor which should be as small as practicable. Resistor R_2 is to be used only when specified.

The d.c. generator may be replaced by an a.c. generator with a diode in series, in which case voltmeter V_1 and ammeter A_1 should be peak-reading instruments.

d) Verification method

The temperature is set to the specified value.

The off-state voltage across the thyristor as measured on voltmeter V_1 is set to the specified value.

The specified gate non-trigger voltage as measured on voltmeter V_2 is applied to the gate of the thyristor. The gate non-trigger voltage (V_{GD}) is verified if the thyristor has not triggered.

e) Measuring method

The temperature is set to the specified value.

Régler la tension à l'état bloqué aux bornes du thyristor à la valeur spécifiée mesurée sur le voltmètre V_1 .

Augmenter progressivement la tension de gâchette jusqu'à ce que le thyristor s'amorce et que l'ampèremètre A_1 indique un courant à l'état passant.

La valeur de la tension de gâchette mesurée sur le voltmètre V_2 immédiatement avant l'amorçage est la tension de non-amorçage par la gâchette.

La valeur du courant de gâchette mesurée sur l'ampèremètre A_2 immédiatement avant l'amorçage est le courant de gâchette de non-amorçage.

f) Conditions spécifiées

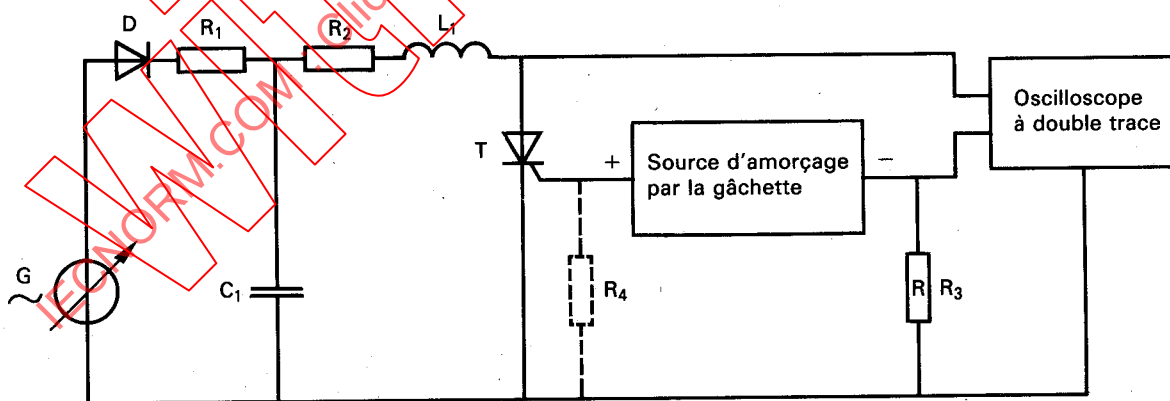
- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Tension à l'état bloqué V_D (ou V_{DM}).
- Résistance du circuit de gâchette R_2 (s'il y a lieu).
- Tension de non-amorçage par la gâchette (V_{GD}) (pour la méthode de vérification seulement).
- Courant de gâchette de non-amorçage.

1.9 Retard à la croissance commandée par la gâchette et temps d'amorçage par la gâchette (t_a et t_{gt})

a) But

Mesurer le temps d'amorçage par la gâchette (temps de retard + temps de croissance) d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

b) Schéma



362/83

T = thyristor en mesure

FIGURE 32

The off-state voltage across the thyristor as measured on voltmeter V_1 is set to the specified value.

The gate voltage is gradually increased until the thyristor triggers and the on-state current flows through ammeter A_1 .

The value of the gate voltage immediately prior to triggering, as measured on voltmeter V_2 , is the gate non-trigger voltage.

The value of the gate current immediately prior to triggering as measured on ammeter A_2 is the gate non-trigger current.

f) Specified conditions

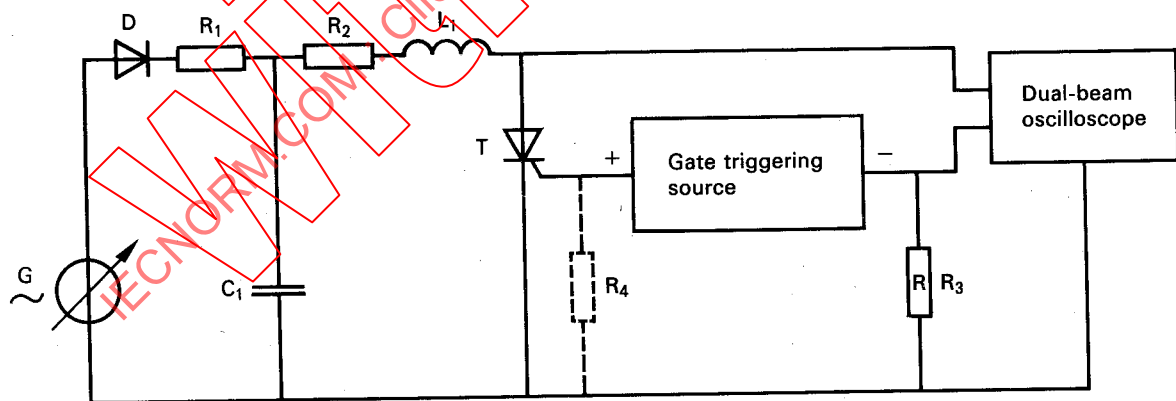
- Ambient, case or reference-point temperature (t_{amb} , t_{case} , t_{ref}).
- Off-state voltage V_D (or V_{DM}).
- Gate circuit resistance R_2 (if required).
- Gate non-trigger voltage (V_{GD}) (for verification method only).
- Gate non-trigger current.

1.9 Gate controlled delay time and turn-on time (t_d and t_{gt})

a) Purpose

To measure the gate controlled delay time and turn-on time (delay time + rise time) of a thyristor under specified conditions.

b) Circuit diagram



362/83

T = thyristor being measured

FIGURE 32

c) *Description et exigences du circuit*

Afin d'obtenir la vitesse de croissance voulue du courant à l'état passant d'un thyristor en essai, les valeurs de t_1 , R_2 , C_1 et L_1 doivent être approximativement reliées à la tension d'essai V_D , au courant I_{TM} et au temps t_1 par les relations suivantes:

$$C_1 = 5,6 \frac{I_{TM} \cdot t_1}{V_D}$$

$$L_1 = 1,7 \frac{V_D \cdot t_1}{I_{TM}}$$

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

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

t_1 est le temps de croissance du courant à l'état passant nécessaire pour atteindre la valeur de $0,5 I_{TM}$ comme le montre la figure ci-dessous.

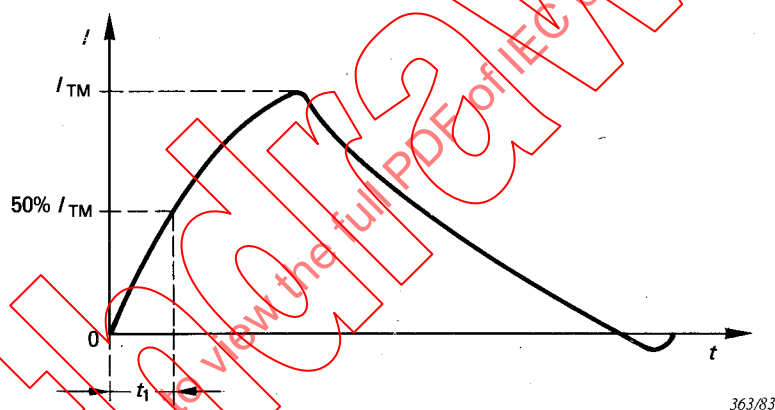


FIGURE 33

R_1 est une résistance servant à protéger la diode D pendant la charge du condensateur C_1 .

On n'utilise R_4 que si elle est spécifiée.

Le condensateur C_1 se charge à travers D et R_1 pendant une demi-alternance de la tension d'alimentation. A la demi-alternance suivante, le générateur d'impulsions de gâchette doit être synchronisé de façon qu'une impulsion de déclenchement soit appliquée pendant que le courant de charge est négatif.

La tension aux bornes du thyristor est appliquée à l'une des entrées de l'oscilloscope et l'autre entrée est reliée à la résistance étalonée non inductive R_3 .

d) *Précautions à prendre*

La largeur de l'impulsion à mi-amplitude doit être suffisamment grande pour ne pas influencer le résultat de la mesure (elle doit être de préférence supérieure ou égale à 10 μs).

c) *Circuit description and requirements*

To obtain the required rate of rise of on-state current of a thyristor under test, t_1 , R_2 , C_1 and L_1 are such that their values are approximately related to the test voltage V_D , current magnitude I_{TM} and time t_1 as follows:

$$C_1 = 5.6 \frac{I_{TM} \cdot t_1}{V_D}$$

$$L_1 = 1.7 \frac{V_D \cdot t_1}{I_{TM}}$$

$$R_2 = 0.55 \frac{V_D}{I_{TM}}$$

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

t_1 is the rise time of the on-state current to reach $0.5 I_{TM}$ as shown in the figure below.

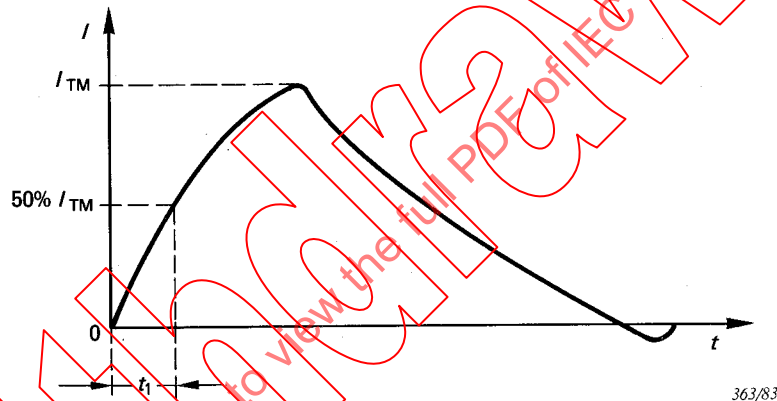


FIGURE 33

R_1 is a resistor protecting the diode D when the capacitor C_1 is being charged.

Resistor R_4 is only to be used when specified.

Capacitor C_1 is charged on one half-cycle of the supply voltage through D and R_1 . On the next half-cycle, the gate trigger pulse generator should be synchronized so that the gate trigger pulse is applied while the charging supply is negative.

One input to the oscilloscope is the voltage across the thyristor and the other input is the voltage across the non-inductive calibrated resistor R_3 .

d) *Precautions to be observed*

The half-amplitude pulse width should be large enough not to influence the measurement result (preferably greater than or equal to 10 μ s).

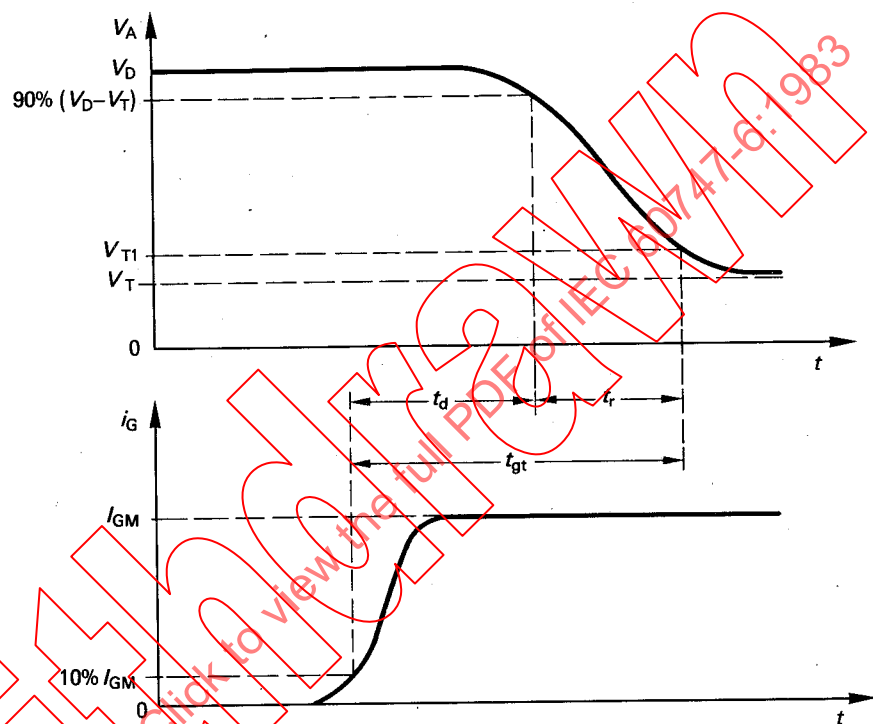
e) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Appliquer la source de déclenchement de gâchette.

Augmenter la tension à l'état bloqué mesurée sur l'oscilloscope jusqu'à la valeur spécifiée.

On peut observer le retard à la croissance et le temps de croissance avec un oscilloscope à double trace (voir figure 34).



364/83

FIGURE 34

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (T_{amb} , T_{case} , T_{ref}).
- Courant de gâchette (I_{GM}).
- Temps de croissance, durée et vitesse de répétition de l'impulsion de gâchette.
- Tension à l'état bloqué juste avant d'appliquer le courant de gâchette (V_D).
- Courant anode de crête (I_{TM}).
- Résistance du circuit de gâchette R_g (s'il y a lieu).
- di/dt .
- Tension à l'état passant (V_{T1}).

e) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The gate triggering source is switched on.

The off-state voltage measured on the oscilloscope is increased to the specified value.

The delay and rise times can be observed by means of a dual-beam oscilloscope (see Figure 34).

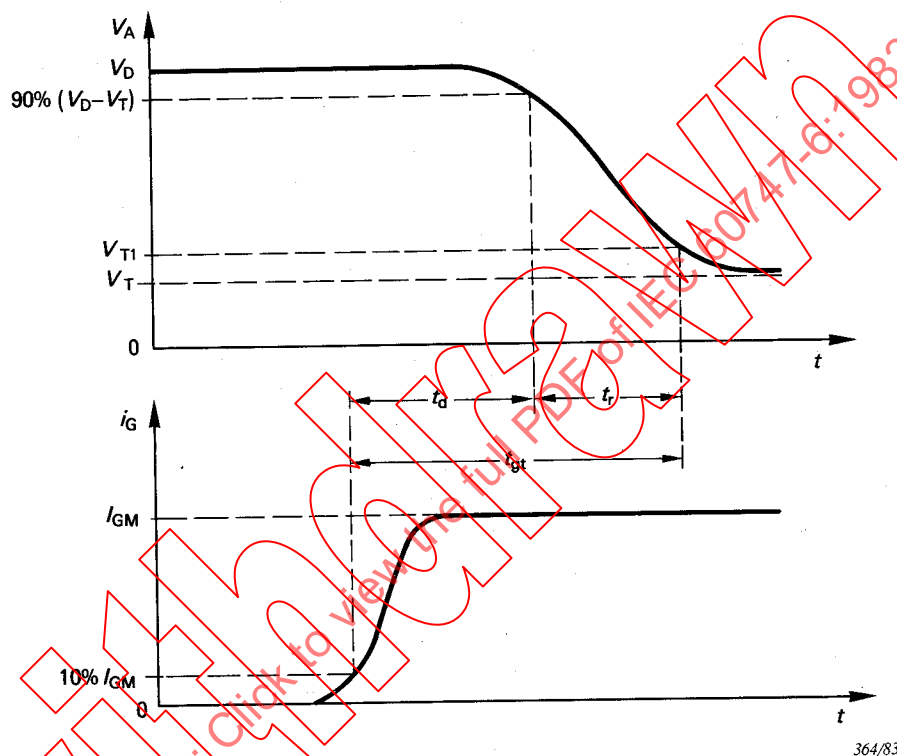


FIGURE 34

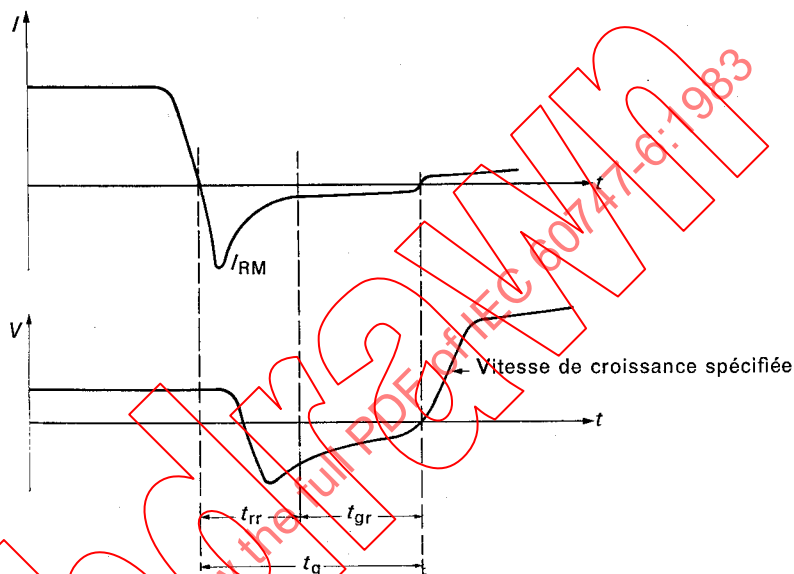
f) *Specified conditions*

- Ambient, case or reference-point temperature (T_{amb} , T_{case} , T_{ref}).
- Gate current (I_{GM}).
- Rise time, duration and repetition rate of the gate pulse.
- Off-state voltage just prior to applying the gate current (V_D).
- Peak anode current (I_{TM}).
- Gate circuit resistance R_4 (if required).
- di/dt .
- Turn-on voltage (V_{T1}).

1.10 Temps de désamorçage par commutation du circuit (t_q)*But*

Mesurer le temps de désamorçage par commutation du circuit d'un thyristor dans des conditions spécifiées.

Note. — Le temps de désamorçage par commutation du circuit est la somme du temps de recouvrement inverse t_{rr} et du temps de recouvrement par la gâchette t_{gr} (voir figure 35). On le mesure entre l'instant où le courant principal s'annule et celui où le thyristor est capable de supporter la tension à l'état bloqué sans commuter à l'état passant.



I = courant d'anode du thyristor
 V = tension d'anode du thyristor
 I_{RM} = courant inverse de pointe

FIG. 35. — Formes d'onde pendant la commutation du thyristor.

Principe de fonctionnement

Le schéma de la figure 36, page 128, indique le principe de fonctionnement d'un circuit utilisé pour donner les formes d'onde indiquées sur la figure 35. Par commodité, le circuit utilise des générateurs de courant et des interrupteurs idéaux.

1.10 Circuit commutated turn-off time (t_q)*Purpose*

To measure the circuit commutated turn-off time of a thyristor under specified conditions.

Note. — The circuit commutated turn-off time is the sum of the reverse recovery time, t_{rr} and the gate recovery time, t_{gr} (see Figure 35). It is measured from the instant when the principal current has fallen to zero and the time when the thyristor is capable of blocking the off-state voltage without switching to the on-state.

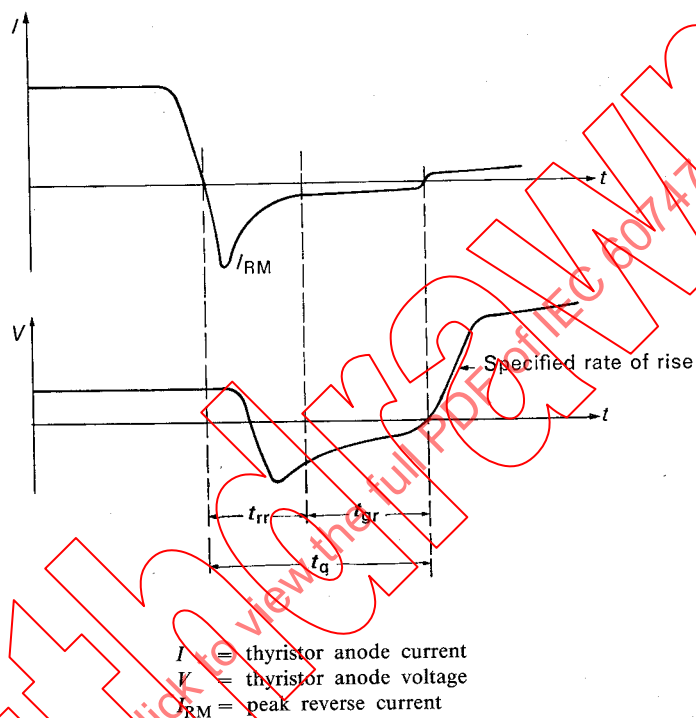
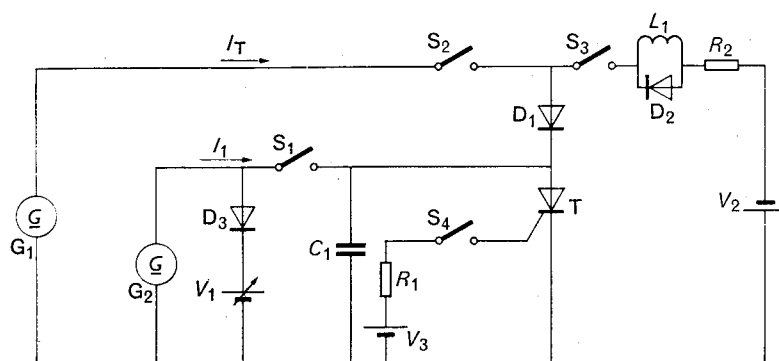


FIG. 35. — Thyristor switching waveforms.

Operating principle

The basic circuit diagram in Figure 36, page 129, indicates the operating principles of a circuit used to generate the waveforms shown in Figure 35. For convenience, the circuit uses current generators and ideal switches.



G_1 = générateur à courant constant (à l'état passant)
 G_2 = générateur à courant constant (à vitesse de croissance variable)
 T = thyristor en essai
 V_2 = source de tension inverse

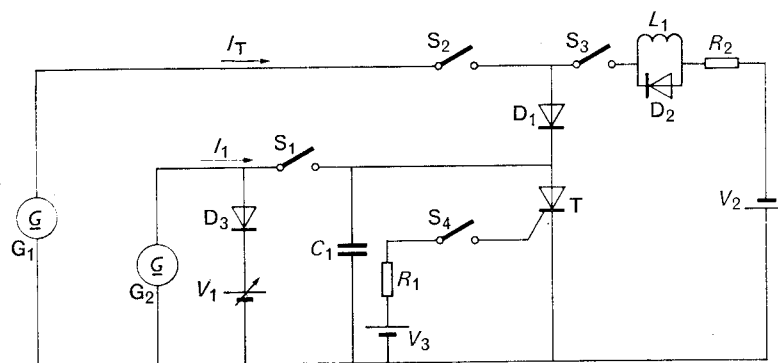
FIG. 36. — Schéma de principe du circuit.

Le circuit fonctionne comme suit:

- On ferme en même temps les interrupteurs S_2 et S_4 , ce qui provoque la commutation du thyristor à l'état passant et la conduction d'un courant spécifié I_T . On ouvre alors l'interrupteur S_1 et le circuit de déclenchement est déconnecté du thyristor, sans qu'il y ait action sur le courant à l'état passant.
- Après un temps de conduction spécifié, on ferme l'interrupteur S_3 et on applique au thyristor une tension inverse d'amplitude et de vitesse d'établissement spécifiées afin de provoquer une inversion du courant dans le thyristor.
- On ferme l'interrupteur S_1 de façon à appliquer au thyristor une tension de blocage d'amplitude et de vitesse d'établissement spécifiées pour déterminer l'instant où le thyristor est capable de supporter la tension à l'état bloqué sans commuter à l'état passant. On répète la manœuvre des interrupteurs (S_3 puis S_1), en utilisant successivement des intervalles de temps plus courts, jusqu'à ce que l'intervalle de temps soit juste suffisant pour que la tension à l'état bloqué puisse être appliquée sans qu'il y ait retournement.

Dans le circuit, la diode D_1 doit avoir un temps de recouvrement inverse plus grand que le temps de recouvrement inverse du thyristor, afin de faire apparaître la totalité de la tension inverse aux bornes du thyristor. On utilise la diode D_2 pour empêcher l'apparition d'une tension transitoire à la commutation lorsque le thyristor commence à retrouver sa capacité de blocage en inverse.

On utilise la diode D_3 en liaison avec la tension V_1 pour limiter la tension de blocage. On utilise l'inductance L_1 et la résistance R_2 pour fixer la vitesse de variation du courant lors de la commutation à partir de l'état passant. Le courant I_1 complète le recouvrement inverse de la diode D_1 et charge alors le condensateur C_1 linéairement en fonction du temps à une vitesse égale à I_1/C_1 , de façon à obtenir la valeur voulue de la vitesse de croissance de la tension de blocage à la fin du cycle de commutation.



G_1 = (on-state) constant current generator
 G_2 = (variable rate of rise) constant current generator
 T = thyristor under test
 V_2 = reverse voltage supply

FIG. 36. — Diagram of basic circuit.

The operation of the circuit is as follows:

- Switches S_2 and S_4 are closed simultaneously causing the thyristor to switch to the on-state and conduct the specified current I_T . Switch S_1 is then opened and the trigger circuit disconnected from the thyristor, the on-state current being unaffected.
- After the specified conduction time, switch S_3 is closed and a reverse voltage of specified amplitude and rate of change is applied across the thyristor to cause current reversal through the thyristor.
- Switch S_1 is closed so that blocking voltage of specified amplitude and rate of change is applied across the thyristor to determine when the thyristor is capable of blocking the off-state voltage without switching to the on-state. The switching sequence (S_3 to S_1) is repeated, using successively shorter time intervals, until the time interval is just long enough to allow the off-state voltage to be applied without breakover.

In the circuit, diode D_1 must have a reverse recovery time longer than the reverse recovery time of the thyristor, so that the full reverse voltage cycle appears across the thyristor. Diode D_2 is used to prevent a commutation voltage transient when the thyristor begins to recover its reverse blocking capability.

Diode D_3 is used in conjunction with the voltage V_1 to limit the blocking voltage. Inductor L_1 and resistor R_2 are used to determine the rate of current change during switching from the on-state. The current I_1 completes the reverse recovery of diode D_1 and then charges capacitor C_1 linearly with time at a rate equal to I_1/C_1 , producing the required rate of rise of blocking voltage at the end of the switching cycle.

1.10.1 Première méthode

1.10.1.1 Schéma du circuit

On effectue en général la mesure à l'aide d'un circuit qui fonctionne de façon répétitive à la fréquence du réseau: aussi est-il possible d'avoir une représentation continue sur l'oscilloscope. On indique sur la figure 37 un exemple de circuit de ce genre.

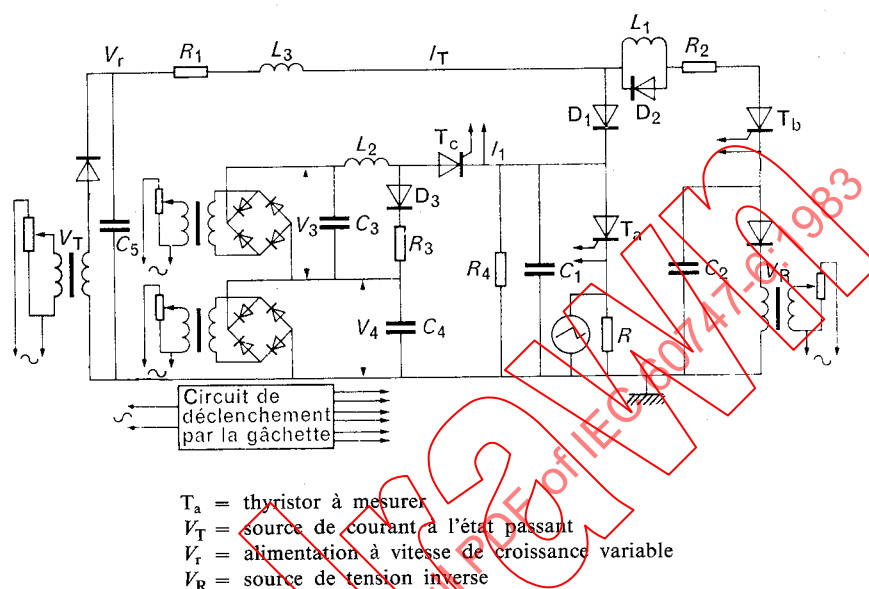


FIG. 37. — Circuit pratique.

1.10.1.2 Description et exigences du circuit

On obtient le courant à l'état passant I_T à l'aide de la charge du condensateur C_5 , chargé à l'aide d'une source ajustable simple alternance. La constante de temps $C_5 R_1$ doit être suffisamment grande pour que le courant spécifié à l'état passant soit pratiquement constant pendant la période de conduction spécifiée. L_3 limite la vitesse de croissance du courant à l'état passant.

Le circuit employé dans la figure 37 pour engendrer la tension de blocage diffère de celui indiqué dans le circuit de principe de la figure 36, page 128. Lorsqu'on déclenche le thyristor T_c , la diode D_3 est polarisée en inverse (à cause de la tension aux bornes du condensateur C_4); le courant qui traverse l'inductance L_2 traverse alors T_c et charge le condensateur C_1 linéairement. L'inductance de L_2 doit être suffisamment grande pour délivrer un courant constant jusqu'à ce que le condensateur C_1 se soit chargé à une tension égale à la somme des tensions V_3 et V_4 .

A ce moment, la diode D_3 commence à conduire et fixe la valeur de la tension à l'état bloqué appliquée au thyristor à mesurer. La résistance R_4 sert à décharger le condensateur C_1 pendant la période de conduction avant le cycle suivant de commutation. La résistance R_3 sert à contrôler la valeur du courant constant dans L_2 et dans D_3 .

En outre, les considérations suivantes s'appliquent:

- La constante de temps $R_1 C_5$ doit être suffisamment grande pour qu'un courant sensiblement constant soit fourni pendant la période de conduction. Pour des courants

d'essai supérieurs à 100 A, on peut utiliser une ligne de transmission à constantes localisées convenablement définie ainsi qu'une vitesse de répétition réduite pour avoir une source plus pratique de courant de conduction.

- b) Le thyristor T_b ne doit pas se désamorcer jusqu'à ce que les charges de C_2 et de C_3 atteignent leur valeur d'équilibre. Ceci cause des pertes de puissance considérables dans R_1 et dans R_2 . On peut réduire ces pertes en ajoutant un circuit supplémentaire pour désamorcer le thyristor T_b après le déclenchement du thyristor T_c , ou en réduisant la vitesse de répétition de l'impulsion.
- c) La résistance R_4 permet la décharge du condensateur C_1 . Le courant passant dans R_4 doit être inférieur au courant de maintien du thyristor T_c , de façon que ce dernier puisse se désamorcer lorsque C_1 s'est chargé.
- d) Les effets de la capacité répartie dans L_2 , le recouvrement inverse des diodes D_1 et D_3 et l'inductance de câblage peuvent provoquer des oscillations parasites de la tension directe lorsqu'on l'applique à nouveau. On peut réduire ces effets en appliquant bien les règles de l'art, en particulier en utilisant des résistances d'amortissement convenables (qui ne sont pas indiquées dans la figure 37, page 130).
- e) Une bonne réalisation doit aussi permettre d'éviter le dépassement des valeurs limites des composants choisis.

1.10.1.3 Exécution

Le générateur de déclenchement par la gâchette est synchronisé avec la fréquence du réseau et donne des impulsions de déclenchement pendant la demi-période qui suit la charge des condensateurs C_3 et C_2 . On applique les impulsions de déclenchement au thyristor en essai T_a , aux thyristors T_b et T_c , dans cet ordre, afin de réaliser la fonction d'interrupteurs de S_4 , de S_3 et de S_1 de la figure 36, page 128.

La période de conduction se termine lorsque l'impulsion de gâchette déclenche le thyristor T_b , permettant ainsi d'appliquer la tension inverse du condensateur C_2 aux bornes du thyristor à mesurer par l'intermédiaire de la résistance R_2 , de l'inductance L_1 et de la diode D_1 ; les fonctions et les exigences pour R_2 , L_1 et D_1 sont celles décrites dans le circuit de principe.

L'intervalle de temps de désamorçage se termine par l'application de l'impulsion de gâchette qui déclenche le thyristor T_c .

1.10.2 Autre méthode

1.10.2.1 Schéma

Une autre méthode pour mesurer le temps de désamorçage par commutation du circuit, spécialement pour les dispositifs à courant élevé, est indiquée par la figure 38. Les formes d'ondes du courant et de la tension dans le circuit de mesure sont données par les figures 39a-f, page 136.

lumped constant transmission line and a reduced repetition rate may result in a more practical source of conduction current.

- b) Thyristor T_b does not turn-off until the charges on C_2 and C_3 reach equilibrium. This results in considerable power loss in R_1 and R_2 . This loss can be considerably reduced by adding additional circuitry for turning off thyristor T_b following the triggering of thyristor T_c or by reducing the pulse repetition rate.
- c) Resistor R_4 provides a discharge path for capacitor C_1 . The current drawn by R_4 must be less than the holding current of thyristor T_c so that it may turn-off after C_1 becomes charged.
- d) Effects of distributed capacitance in L_2 , reverse recovery of diodes D_1 and D_3 and wiring inductance may cause undesirable oscillations in the re-applied forward voltage waveform. These effects can be minimized by good design practices including the use of suitable damping resistances (not included in Figure 37, page 131).
- e) Good design practice should be used to avoid exceeding ratings of the components selected.

1.10.1.3 Measurement procedure

The gate trigger generator is synchronized with the supply frequency and provides trigger pulses on the half-cycle following the charging of capacitors C_3 and C_2 . Trigger pulses are applied to the thyristor under test T_a and to thyristors T_b and T_c , in that order, to perform the switching functions of switches S_4 , S_3 and S_1 of Figure 36, page 129.

The conduction period is ended by the gate pulse which triggers thyristor T_b , allowing the reverse voltage of capacitor C_1 to be applied through resistor R_2 , inductor L_1 and diode D_1 across the thyristor being measured, the functions and requirements of R_2 , L_1 and D_1 being as described for the basic circuit.

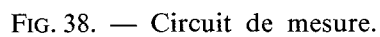
The turn-off time interval is ended by the gate pulse which triggers thyristor T_c .

1.10.2 Alternative method

1.10.2.1 Circuit diagram

An alternative method to measure the circuit commutated turn-off time, especially for high current devices, is shown in Figure 38. The voltage and current waveforms in the measuring circuit are given in Figures 39a–f, page 137.

Le fonctionnement du circuit de la figure 38 est le suivant:



1.10.2.2 Circuit description and requirements

The operation of the circuit in Figure 38 is as follows:

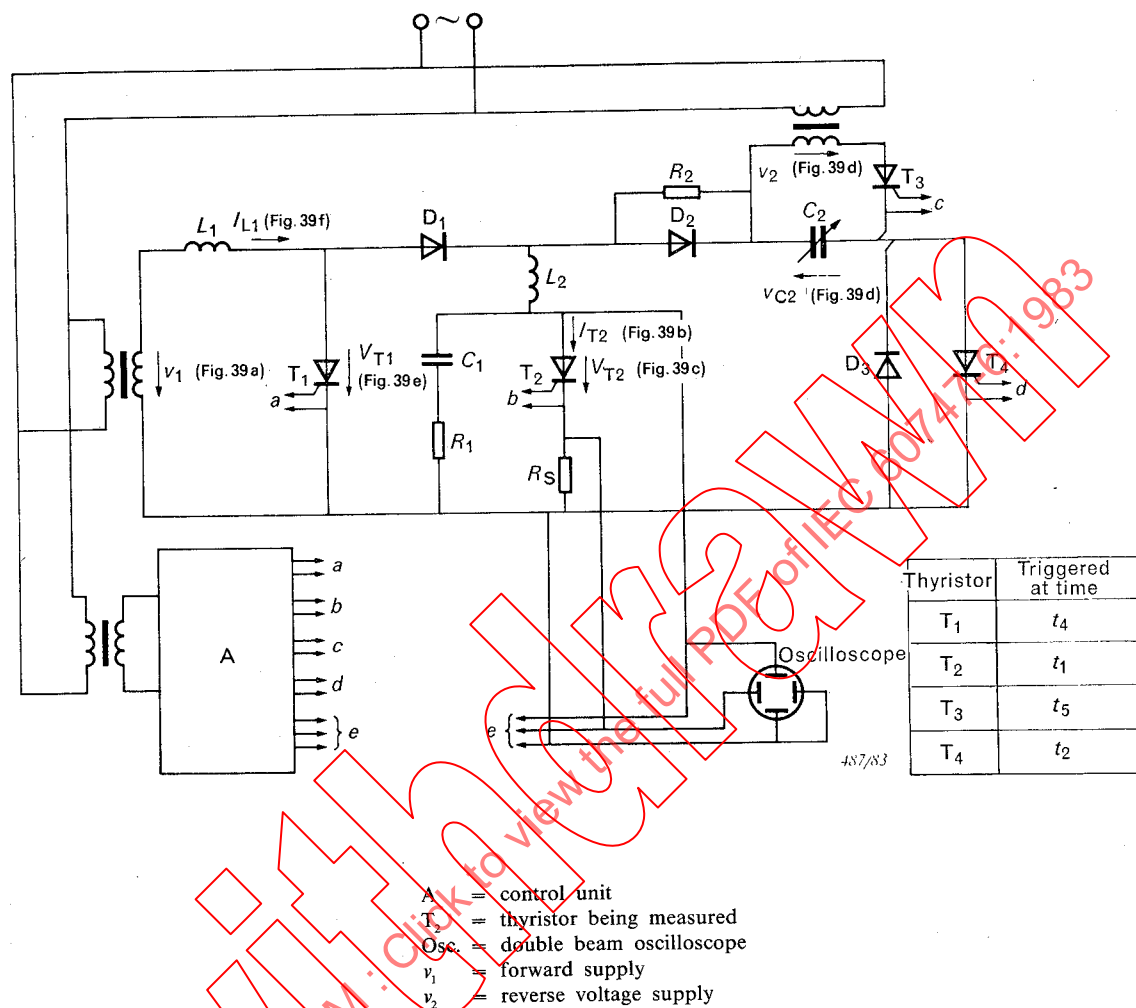
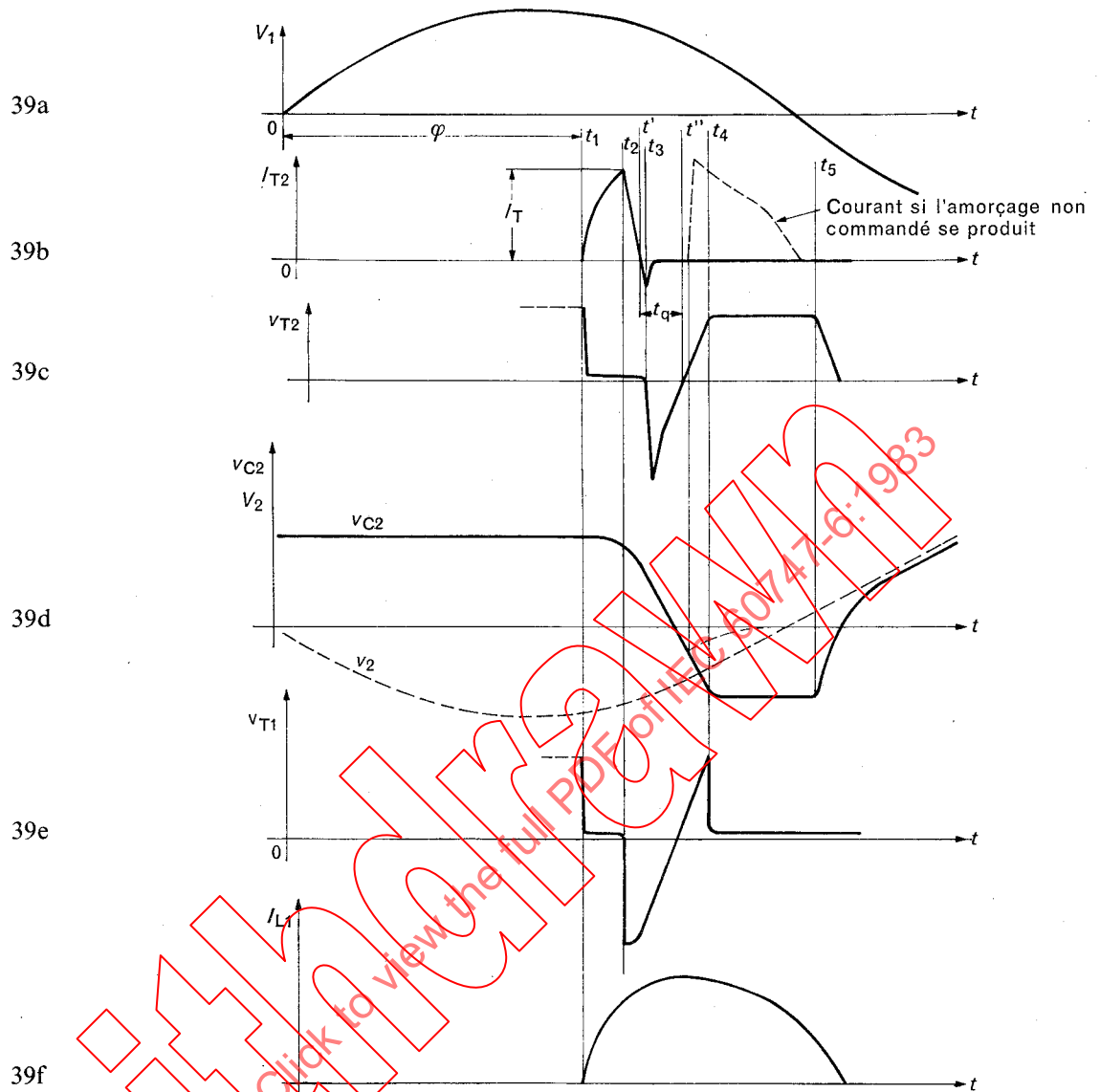


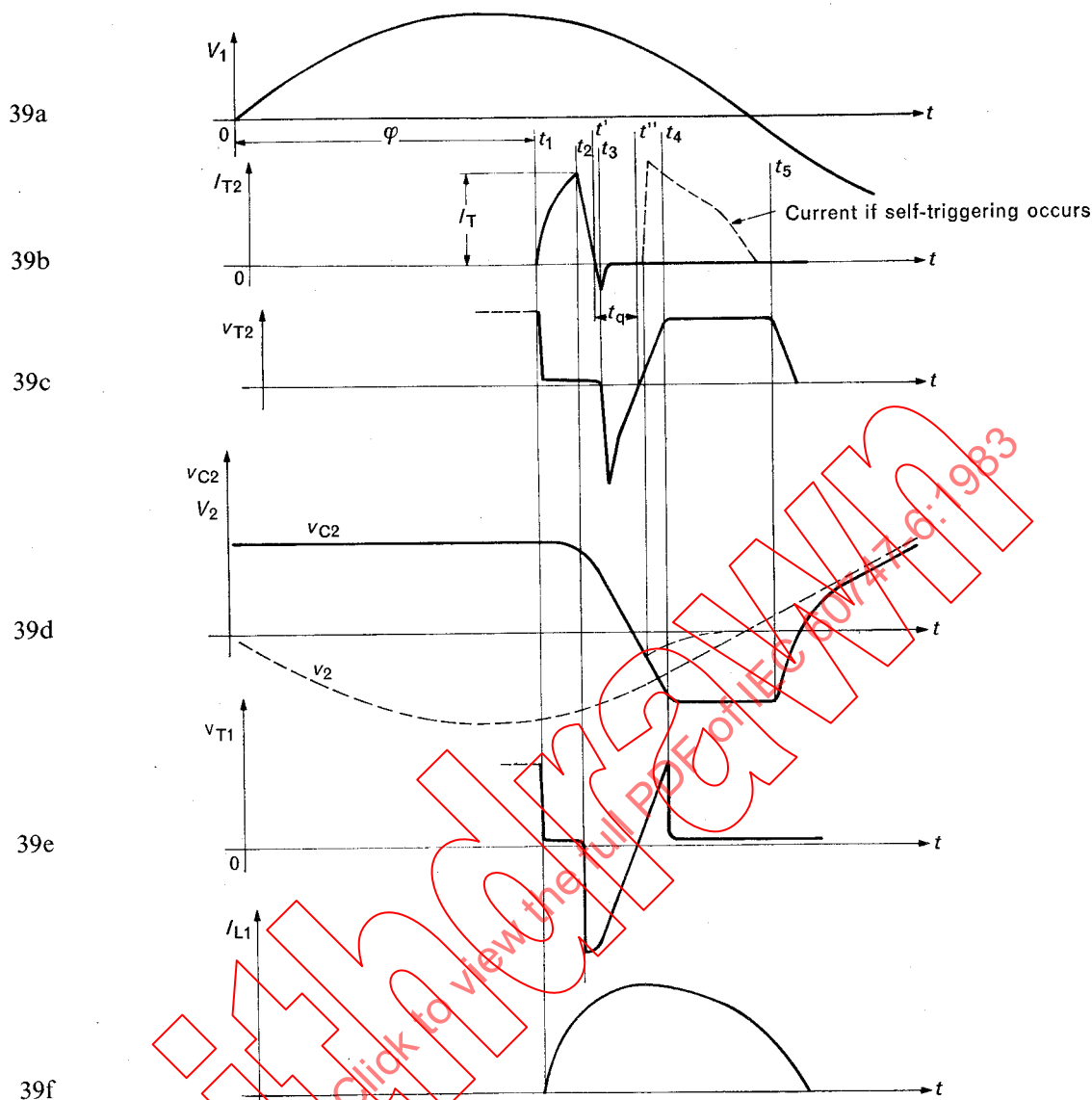
FIG. 38. — Measurement circuit.



FIGURES 39a-f

Pendant la demi-période négative de la tension v_1 , le condensateur C_2 est chargé par la demi-période positive de la tension auxiliaire v_2 à environ la valeur de pointe de v_2 par l'intermédiaire du thyristor T_3 qui, au temps t_3 (voir les figures ci-dessus), est amorcé par le système de commande. Avant le commencement de la mesure, C_2 doit être complètement chargé et le thyristor T_3 doit être complètement bloqué.

La mesure commence quand le thyristor à mesurer T_2 est amorcé par le système de commande au temps t_1 (voir figures 39a-f), c'est-à-dire immédiatement après que la tension d'alimentation v_1 a atteint sa valeur de pointe (angle de commande φ compris entre 100° et 110°). Le courant i_{T2} traversant le thyristor à mesurer (voir figure 39b) augmente avec une pente initiale déterminée par les inductances L_1 et L_2 . Le circuit parcouru par ce courant est formé par le transformateur, L_1 , D_1 , L_2 , T_2 et le retour au transformateur. Au temps t_2 (réglable par le système de commande), le courant i_{T2} atteint la valeur I_T spécifiée pour le thyristor à mesurer et, au même instant, le thyristor T_4 est amorcé par le système de commande. Ainsi, le condensateur C_2 se décharge à travers le circuit comprenant le thyristor T_4 , la résistance de mesure R_s , le thyristor à mesurer T_2 ,



FIGURES 39a-f

During the negative half-cycle of the voltage v_1 , the capacitor C_2 is charged by the positive half-cycle of the auxiliary voltage v_2 to approximately the peak value of v_2 via thyristor T_3 , which, at time t_5 (see figures above), is switched on by the control unit. Before the start of the measuring process, C_2 must be completely charged and thyristor T_3 must be completely cut-off.

The measuring process starts when the thyristor being measured T_2 is switched on by the control unit at time t_1 (see Figures 39a-f), i.e. immediately after the supply voltage v_1 reaches its peak value (control angle φ between 100° and 110°). The current i_{T2} through the thyristor being measured (see Figure 39b) increases with an initial slope determined by the inductances L_1 and L_2 . The circuit for this current flow consists of the transformer, L_1 , D_1 , L_2 , T_2 and back to the transformer. At time t_2 (adjustable by the control unit), the current i_{T2} reaches the value I_T specified for the thyristor being measured and, at the same time, thyristor T_4 is switched on by the control unit. Thus, the capacitor C_2 discharges through the circuit consisting of thyristor T_4 , measuring resistor R_s , thyristor being measured T_2 , inductance L_2 and diode D_2 , until at time t_3 (see

l'inductance L_2 et la diode D_2 jusqu'à l'instant t_3 (voir figure 39b) où le thyristor T_2 est bloqué. La vitesse de décroissance de i_{T2} est déterminée surtout par la valeur de L_2 . La tension résiduelle du condensateur C_2 agit à ce moment comme tension inverse pour le thyristor à mesurer. Cependant, à cause de l'effet d'accumulation des trous, la tension aux bornes de T_2 est momentanément supérieure à la tension aux bornes du condensateur C_2 . La tension transitoire qui en résulte est limitée en amplitude par le branchement en série du condensateur C_1 et de la résistance R_1 shuntant le thyristor à mesurer T_2 .

Après l'instant t_3 , le condensateur C_2 est chargé avec une polarité de sens inverse, à travers le circuit comprenant le thyristor T_4 , la source de tension v_1 , l'inductance L_1 et les diodes D_1 et D_2 . La croissance quasi linéaire de la tension aux bornes du condensateur C_2 (et en conséquence également aux bornes du thyristor à mesurer) est due principalement à l'énergie magnétique accumulée dans l'inductance L_1 (voir les figures 39c et 39d, page 136). Si la tension aux bornes du thyristor en essai T_2 atteint la tension directe à l'état bloqué spécifiée (par exemple les deux tiers de la tension de pointe répétitive à l'état bloqué), le thyristor T_1 est amorcé à l'instant t_4 .

Ceci nécessite une construction appropriée du système de commande. Le courant circulant dans l'inductance L_1 (et jusqu'à cet instant aussi dans le condensateur C_2) passe dans le thyristor T_1 . La charge de C_2 est alors terminée (voir les figures 39d et 39e). La tension aux bornes du condensateur C_2 agit par l'intermédiaire de la combinaison résistance-diode D_2 , R_2 et de la diode D_3 comme une tension de blocage quasi constante aux bornes du thyristor à mesurer T_2 , jusqu'à l'instant t_5 (voir figure 39d) où le thyristor de charge T_3 est de nouveau amorcé par le système de commande. Le condensateur C_2 est alors chargé dans la direction inverse par la source de tension v_2 pour le cycle de mesure suivant.

Si le thyristor à essayer ne supporte pas l'application de la tension de blocage et en conséquence commute, le condensateur C_2 se décharge dans le circuit constitué par la résistance R_2 qui limite le courant, par le thyristor à essayer T_2 et par la diode D_3 . La diode D_2 est en parallèle avec la résistance R_2 , afin d'éviter un amortissement exagéré du circuit de charge du condensateur C_2 .

Note. — On peut utiliser pour l'essai une onde de forme exponentielle, à condition d'indiquer le facteur de corrélation convenable avec la méthode d'essai normalisée.

On note que l'énergie emmagasinée dans l'inductance L_2 , de même que la charge emmagasinée dans le condensateur C_1 , peut provoquer une augmentation du temps de désamorçage en accroissant la charge dissipée lorsque le thyristor en essai est désamorcé.

1.10.2.3 Exigences relatives aux composants

Les inductances L_1 et L_2 et la capacité C_2 sont déterminées par les formules suivantes:

$$C_2 \approx I_T \frac{t_q}{\hat{V}_2}$$

$$L_1 > \hat{V}_2 \frac{t_q}{0,05 I_T}$$

$$L_2 = \hat{V}_2 \frac{\Delta t_f}{I_T}$$

où:

t_q = temps de recouvrement du thyristor à mesurer

I_T = courant spécifié dans le thyristor en essai avant l'application de la tension à l'état bloqué (voir figure 39b, page 136)

$\hat{V}_2$ = tension inverse de crête spécifiée

Δt_f = $t_3 - t_2$, vitesse de décroissance du courant à l'état passant spécifiée (voir figure 39b)

Figure 39b) thyristor T_2 is cut-off. The rate of fall of i_{T_2} is determined mainly by the value of L_2 . The residual voltage of capacitor C_2 acts at this time as reverse voltage for the thyristor being measured. However, due to the hole storage effect, the voltage across T_2 is momentarily larger than the voltage across capacitor C_2 . The resulting voltage transient is limited in amplitude by the series connection of capacitor C_1 and resistor R_1 shunting the thyristor being measured T_2 .

After time t_3 , the capacitor C_2 is charged with opposite polarity through the circuit consisting of thyristor T_4 , voltage source v_1 , inductance L_1 and diodes D_1 and D_2 . The almost linear rise of voltage across capacitor C_2 (and therefore also across the thyristor being measured) is mainly due to the magnetic energy stored in inductance L_1 (see Figures 39c and 39d, page 137). If the voltage across the thyristor under test T_2 reaches the specified blocking voltage (e.g. two-thirds of the repetitive peak off-state voltage), the thyristor T_1 is switched on at time t_4 .

This requires an appropriate design of the control unit. The current flowing through inductance L_1 (and until that moment also through capacitor C_2) is taken over by thyristor T_1 . The charging of C_2 is thus ended (see Figures 39d and 39e). The voltage of capacitor C_2 acts via the resistor-diode combination D_2 , R_2 and diode D_3 as an almost constant blocking voltage across the thyristor under test T_2 , until at time t_5 (see Figure 39d), at which charging thyristor T_3 is again switched on by the control unit. The capacitor C_2 is then charged in the opposite direction from the voltage source v_2 for the next measuring cycle.

If the thyristor under test does not withstand the applied blocking voltage and therefore switches on, the capacitor C_2 discharges through the circuit consisting of current limiting resistor R_2 , thyristor under test T_2 and diode D_3 . The resistor R_2 is shunted by a diode D_2 , in order to avoid an unacceptable damping of the charging circuit of capacitor C_2 .

Note. — An exponential test waveform can be used as long as the proper correlating factor is established with the standard test method.
It should be noted that the energy stored in inductance L_2 , as well as the charge stored in capacitor C_1 , may cause an increase of the turn-off time by increasing the charge dissipated while the thyristor under test is switching off.

1.10.2.3 Components requirements

The inductances L_1 and L_2 and the capacitor C_2 are determined by the following formulae:

$$C_2 \approx I_T \frac{t_q}{\hat{V}_2}$$

$$L_1 > \hat{V}_2 \frac{t_q}{0.05 I_T}$$

$$L_2 = \hat{V}_2 \frac{\Delta t_f}{I_T}$$

where:

t_q = turn-off time of the thyristor being measured

I_T = specified current through the thyristor under test before applying the off-state voltage (see Figure 39b, page 137)

$\hat{V}_2$ = specified peak reverse voltage

$\Delta t_f = t_3 - t_2$, specified time of fall of the on-state current (see Figure 39b)

En spécifiant les composants du circuit, on devra prendre en considération le fait que les thyristors T_1 et T_4 ainsi que les diodes D_1 , D_2 et D_3 doivent avoir des valeurs limites de courant et de tension au moins égales à celles du thyristor à mesurer.

1.10.2.4 Exécution

La mesure du temps de recouvrement par commutation du circuit est effectuée de la manière suivante:

En diminuant la valeur de la capacité C_2 , la vitesse de croissance de la tension v_{T2} est augmentée et l'intervalle de temps $t'' - t'$ diminué jusqu'à ce que le thyristor en essai commute. Le temps de désamorçage par commutation du circuit peut être alors déterminé sur l'oscilloscope comme étant la différence de temps minimale pour laquelle il n'y a pas amorçage entre les instants pour lesquels les valeurs de courant i_{T2} et de tension v_{T2} s'annulent (temps t' et t'' respectivement) (voir figures 39b et 39c, page 136).

Le temps de désamorçage par commutation du circuit peut aussi être obtenu en utilisant un oscilloscope à faisceau unique et en mesurant seulement le temps compris entre le premier et le second passage à zéro ($t'' - t_3$) de la tension v_{T2} . La différence de temps entre le passage à zéro du courant i_{T2} et le premier passage à zéro de la tension v_{T2} , ($t_3 - t'$), peut être déterminée soit par le calcul, soit en mesurant des valeurs moyennes.

Le temps de désamorçage par commutation du circuit est alors la somme de ces deux différences de temps.

L'avantage de cette méthode est que la résistance R_s peut être omise.

Conditions spécifiées (valables pour les deux méthodes)

On doit spécifier les conditions suivantes:

- amplitude et vitesse de décroissance du courant à l'état passant;
- amplitude de la tension inverse appliquée pendant l'intervalle de temps de désamorçage;
- amplitude et vitesse de croissance de la tension à l'état bloqué quand on la réapplique;
- conditions de polarisation de gâchette;
- température ambiante, ou température de boîtier, ou température d'un point de référence.

1.11 Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué dv/dt

a) But

Vérifier qu'à la vitesse minimale de croissance de la tension à l'état bloqué spécifiée, le thyristor reste à l'état bloqué.

When specifying the circuit components, it should be taken into consideration that the thyristors T_1 and T_4 together with the diodes D_1 , D_2 and D_3 must have rated values of current and voltage at least equal to those of the thyristor under test.

1.10.2.4 Measurement procedure

The measurement of the circuit commutated turn-off time is made in the following manner:

By decreasing the value of capacitance C_2 , the rate of rise of the voltage v_{T2} is increased and the time interval $t'' - t'$ shortened until the thyristor under test is switched on. The circuit commutated turn-off time can then be determined on the oscilloscope as the minimum time difference for which no switch-on occurs between the instants at which the values of current i_{T2} and of the voltage v_{T2} pass through zero (respectively t' and t'') (see Figures 39b and 39c, page 137).

The circuit commutated turn-off time may also be obtained using a single trace oscilloscope by measuring only the time difference between successive instants at which the voltage v_{T2} passes through zero ($t'' - t_3$). The time difference between the initial instants when v_{T2} passes through zero and the instants at which i_{T2} passes through zero ($t_3 - t'$) can be determined either by calculation or by measuring average values.

The circuit commutated turn-off time is then the sum of these two time differences.

This method has the advantage that the current measuring resistor R_s may be omitted.

Specified conditions (for both alternative methods)

The following conditions should be specified:

- a) the magnitude and rate of fall of the on-state current;
- b) the magnitude of the reverse voltage applied during the turn-off interval;
- c) the magnitude and rate of rise of the re-applied off-state voltage;
- d) the gate bias conditions;
- e) ambient, case or reference-point temperature.

1.11 Critical rate of rise of off-state voltage dv/dt

a) Purpose

To verify that, at the specified minimum rate of rise of off-state voltage, the thyristor remains in the off-state.

b) Schéma

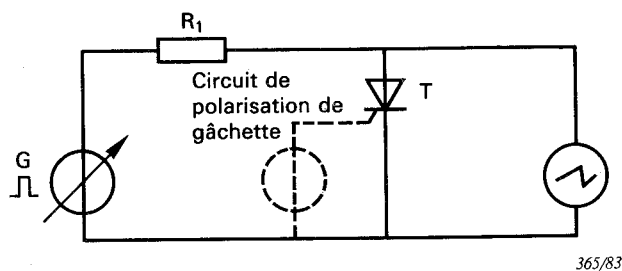


FIGURE 40

c) Description et exigences du circuit

On spécifiera l'une des deux méthodes suivantes pour faire cette mesure:

1) Méthode 1 (vitesse de croissance linéaire)

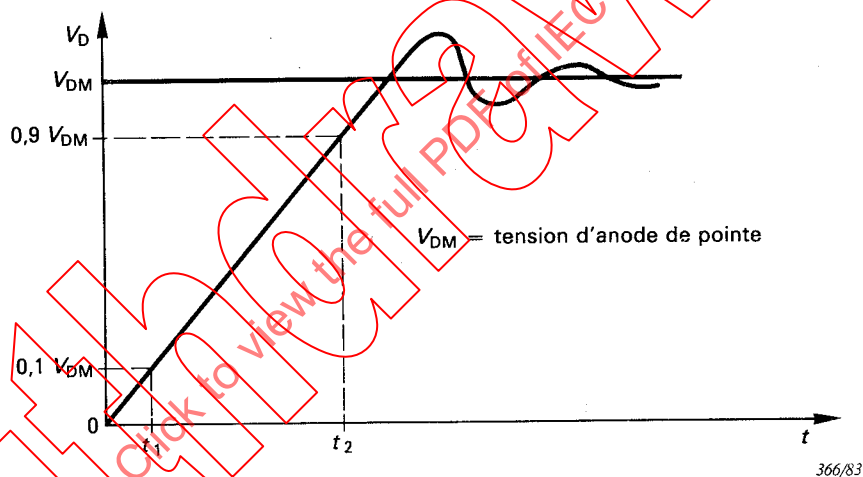


FIG. 41. — Forme d'onde.

Le générateur d'impulsions fournit une onde linéaire d'amplitude spécifiée et avec une vitesse de croissance linéaire de la tension, comme le montre la figure 41. La ligne droite reliant les points 10% et 90% V_{DM} doit avoir la pente de la vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué spécifiée.

Les conditions suivantes doivent être satisfaites:

- La tension instantanée d'anode entre 10% et 90% V_{DM} ne doit pas varier de plus de 10% V_{DM} de la droite reliant les points à 10% et 90% V_{DM} .
- La pente instantanée de la tension d'anode entre 10% et 90% V_{DM} ne doit pas varier de plus de $\pm 100\%$ de la pente de la droite reliant les points à 10% et 90% V_{DM} .
- La pente de la droite reliant les points à 5% et 10% V_{DM} ne doit pas être inférieure à 75% de la pente de la droite reliant les points à 10% et 90% V_{DM} .

b) Circuit diagram

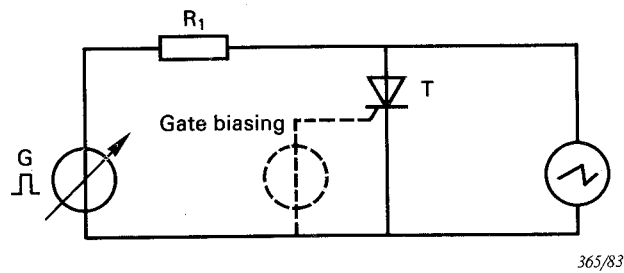


FIGURE 40

c) Circuit description and requirements

One of the following two methods of making this measurement should be specified:

1) Method 1 (linear rate of rise)

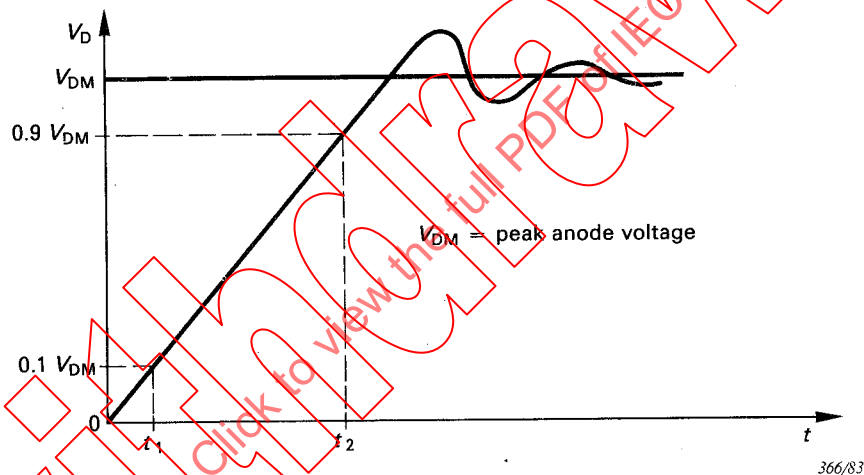


FIG. 41. — Waveform.

The pulse generator provides a linear waveform of specified amplitude and adjustable linear rate of rise of voltage as shown in Figure 41. The straight line connecting the 10% and 90% V_{DM} points shall have the specified slope of the critical rate of rise of off-state voltage.

The following conditions shall be met:

- The instantaneous anode voltage between 10% and 90% V_{DM} shall not vary by more than 10% V_{DM} from the straight line connecting the 10% and 90% V_{DM} points.
- The instantaneous slope of the anode voltage between 10% and 90% V_{DM} shall not vary by more than $\pm 100\%$ from the slope of the line connecting the 10% and 90% V_{DM} points.
- The slope of the straight line connecting the 5% and 10% V_{DM} points shall not be less than 75% of the slope of the straight line connecting the 10% and 90% V_{DM} points.

- La crête du dépassement de la tension d'anode ne doit pas être supérieure à 10% de V_{DM} , à moins qu'il n'en soit autrement spécifié.

L'essai peut être fait de façon répétitive pourvu que la durée de l'impulsion soit d'au moins cinq fois la durée totale de croissance de l'impulsion et que la capacité anode-cathode soit déchargée entre chaque impulsion.

La résistance R_1 est une résistance de protection.

On n'utilise le circuit de polarisation de gâchette que s'il est nécessaire.

2) Méthode 2 (vitesse de croissance exponentielle)

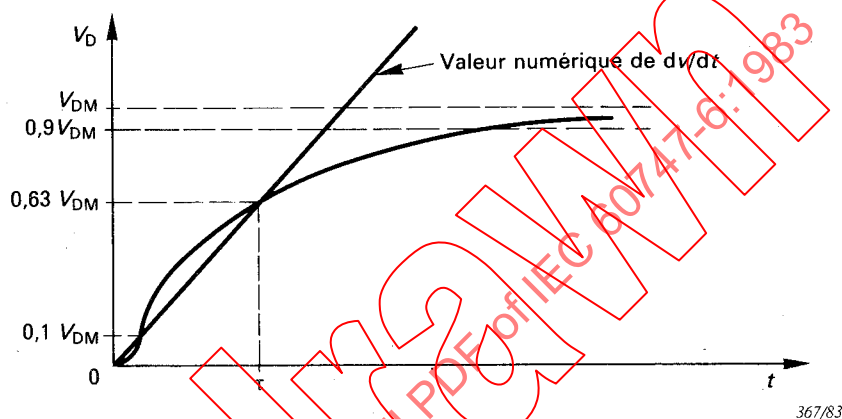


FIGURE 42

367/83

d) Description et exigences du circuit

Le générateur d'impulsions fournit une forme d'onde exponentielle d'amplitude spécifiée et avec une vitesse de croissance exponentielle de la tension pouvant être réglée comme le montre la figure 42.

La courbe exponentielle théorique qui traverse la courbe réelle à $0,1 V_{DM}$ et $0,63 V_{DM}$ doit avoir une constante de temps τ , telle que

$$\tau = \frac{0,63 V_{DM}}{dv/dt}$$

Entre $0,1$ et $0,9 V_{DM}$, la tension ne doit pas varier de plus de 5% V_{DM} de la courbe exponentielle théorique.

L'essai peut être fait de façon répétitive pourvu que la durée de l'impulsion soit d'au moins dix fois la constante de temps τ et que la capacité anode-cathode soit déchargée entre chaque impulsion.

La résistance R_1 est une résistance de protection.

On n'utilise le circuit de polarisation de gâchette que s'il est spécifié.

e) Exécution (pour les deux méthodes)

Régler la température à la valeur spécifiée.

Augmenter l'amplitude de la tension du générateur d'impulsions jusqu'à la valeur spécifiée comme indiqué sur l'oscilloscope.

- The peak of the anode voltage overshoot shall not exceed 10% of V_{DM} unless otherwise specified.

The test may be made repetitively, provided that the pulse width is at least five times the total pulse rise time, and that any anode-cathode capacitance is discharged between each pulse.

Resistor R_1 is a protective resistor.

The gate biasing circuit is only to be used when specified.

2) Method 2 (exponential rate of rise)

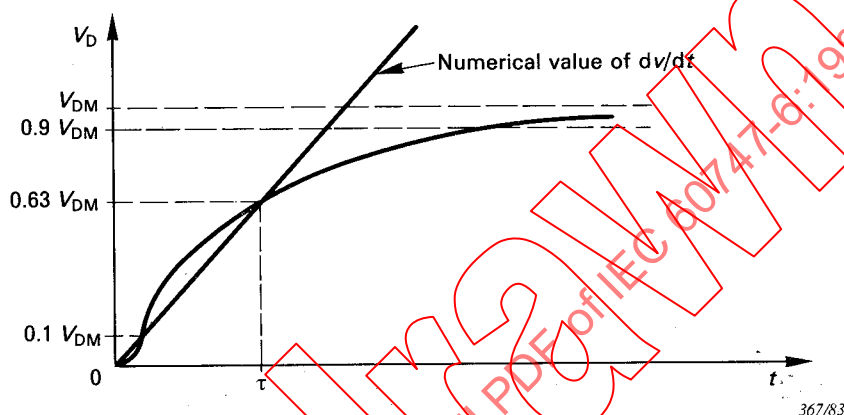


FIGURE 42

d) Circuit description and requirements

The pulse generator provides an exponential waveform of specified amplitude and adjustable exponential rate of rise of voltage as shown in Figure 42.

The theoretical exponential curve which passes through the actual curve at $0.1 V_{DM}$ and $0.63 V_{DM}$ shall have a time constant τ , where:

$$\tau = \frac{0.63 V_{DM}}{dv/dt}$$

Between $0.1 V_{DM}$ and $0.9 V_{DM}$, the voltage shall not differ by more than 5% V_{DM} from the theoretical exponential.

The test may be made repetitively provided that the pulse duration is at least ten times the time constant τ and that any anode-cathode capacitance is discharged between each pulse.

Resistor R_1 is a protective resistor.

The gate biasing circuit is only to be used when specified.

e) Measurement procedure (for both methods)

The temperature is set to the specified value.

The amplitude of the voltage from the pulse generator is increased to the specified value as shown on the oscilloscope.

Régler la vitesse de croissance de la tension du générateur d'impulsions jusqu'à la valeur spécifiée comme indiqué sur l'oscilloscope.

Examiner sur l'oscilloscope la forme d'onde de tension aux bornes du thyristor.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le thyristor reste à l'état bloqué.

f) Conditions spécifiées (pour les deux méthodes)

- Température ambiante, température de boîtier ou température d'un point de référence (T_{amb} , T_{case} , T_{ref}).
- Vitesse critique de croissance de la tension dv/dt (spécifier: méthode linéaire ou exponentielle).
- Tension de pointe à l'état bloqué (V_{DM}).
- Circuit de polarisation de gâchette (si besoin).

1.12 *Vitesse critique de croissance de la tension de commutation des triacs dv/dt (com)*

1.12.1 *Première méthode: triacs à faible courant*

But

Vérifier que le triac peut conserver sa capacité de blocage lorsqu'on augmente la vitesse de croissance de la tension de commutation; ceci s'applique aux thyristors bidirectionnels pour les deux polarités de la tension appliquée.

Note explicative

Le thyristor bidirectionnel, dans son mode normal de fonctionnement, est destiné à commuter à l'état bloqué avec la polarisation opposée après conduction du courant à l'état passant. Dans les applications courantes à commande de phase d'un courant alternatif, à 50 Hz ou 60 Hz, qui utilisent des tensions sinusoïdales, cette commutation a lieu chaque demi-période quand le courant s'annule. On appelle «commutation» ce mode de fonctionnement dû à l'inversion de la tension d'alimentation. La capacité du triac de demeurer à l'état bloqué lorsque cette tension de commutation est appliquée en sens inverse dépend de:

- 1) la température de fonctionnement du dispositif;
- 2) la vitesse d'inversion du courant;
- 3) l'amplitude et la vitesse d'application de la tension de commutation.

On recommande de choisir, comme conditions pour la tension, le courant et la température, les valeurs maximales indiquées pour le triac. Le triac en mesure peut être déclenché par des impulsions convenables de l'une ou l'autre polarité.

The rate of rise of the voltage from the pulse generator is adjusted to the specified value as shown on the oscilloscope.

The voltage waveform across the thyristor is examined on the oscilloscope.

The test is verified if the thyristor remains in the off-state.

f) Specified conditions (for both methods)

- Ambient, case or reference-point temperature (T_{amb} , T_{case} , T_{ref}).
- Critical rate of rise of voltage dv/dt (specify linear or exponential method).
- Peak off-state voltage (V_{DM}).
- Gate biasing circuit (if required).

1.12 Critical rate of rise of commutating voltage of triacs dv/dt (com)

1.12.1 First method: low-current triacs

Purpose

To verify that the triac is able to withstand the rate of rise of commutating voltage without loss of control; this applies to bi-directional thyristors for both polarities of applied voltage.

Explanatory note

The bi-directional thyristor, in its usual mode of operation, is required to switch to the opposite polarity off-state following current conduction in the on-state. In usual 50 Hz or 60 Hz a.c. phase control applications utilizing sinusoidal voltage sources, this switching occurs each half-cycle at the zero current point. This switching action is called "commutation" and it is brought about by the reversal of the source voltage. The ability of the triac to sustain the off-state as this commutating voltage builds up in the opposite direction depends on:

- 1) device operating temperature;
- 2) rate of reversal of current;
- 3) magnitude and time rate of application of commutating voltage.

The voltage, current and temperature conditions selected for this measurement are recommended to be the maximum registered values for the triac. The triac under measurement may be triggered by means of any convenient trigger pulses of either polarity.

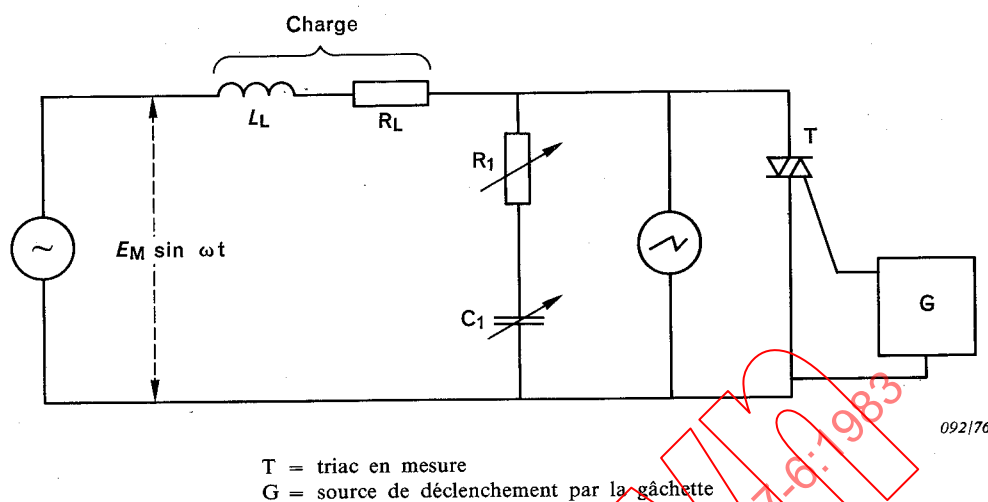
Schéma

FIG. 43. — Circuit de mesure pour la vitesse critique de croissance de la tension de commutation.

Description et exigences du circuit

La source de puissance du circuit en mesure est une alimentation sinusoïdale monophasée à 50 Hz ou 60 Hz.

Le rapport X/R du circuit total doit être supérieur ou égal à 10 pour que le courant et la tension d'alimentation soient approximativement en quadrature.

Exécution

La vitesse de croissance de la tension de commutation appliquée (tension à l'état bloqué pour le dispositif en mesure) est approximativement exponentielle; elle est déterminée par le réglage de R_1 et de C_1 . L'oscilloscope branché aux bornes du dispositif en mesure est utilisé pour examiner la forme d'onde de cette tension et s'assurer ainsi que le dispositif n'a pas été déclenché par suite d'une valeur trop élevée de dv/dt .

La valeur numérique assignée au dv/dt de la tension exponentielle est définie comme étant la pente de la droite joignant les points correspondant à 10% et à 63% de la tension de mesure. On utilise le point à 10% de la tension et non 0%, car il est difficile de déterminer l'instant où la tension est nulle. Le dépassement de la tension doit être limité à 10% de la valeur de pointe spécifiée de la tension de mesure.

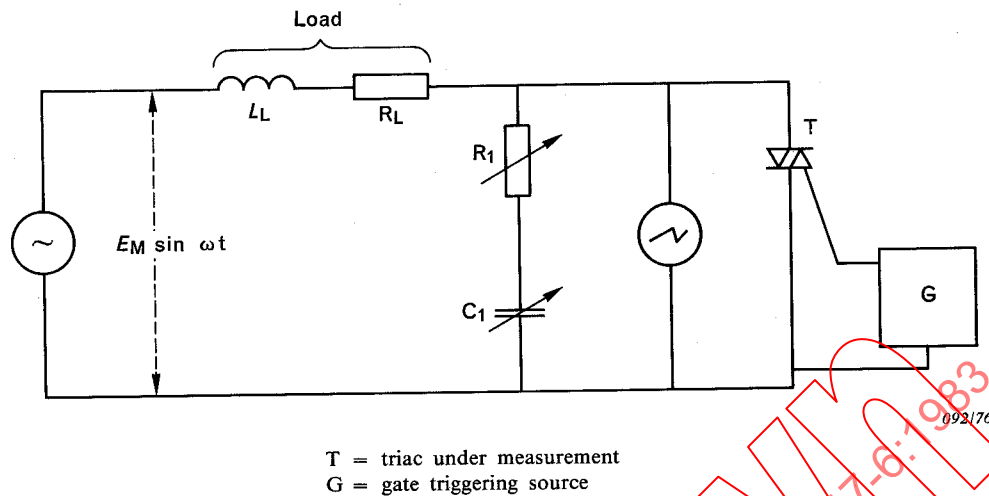
Circuit diagram

FIG. 43. — Measurement circuit for critical rate of rise of commutating voltage.

Circuit description and requirements

The power source for the measurement circuit is a 50 Hz or 60 Hz single-phase sine wave supply.

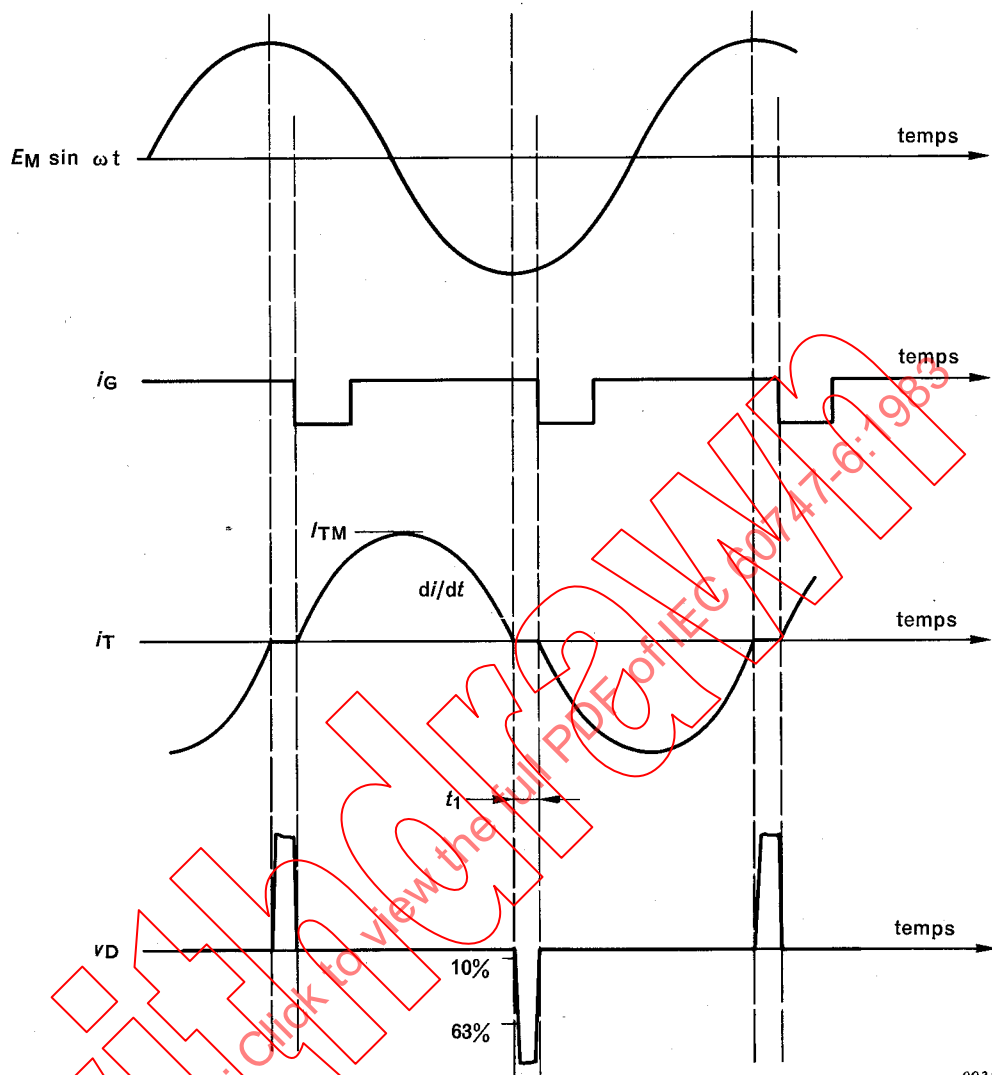
The X/R ratio for the entire measurement circuit shall be greater than or equal to 10 so that the supply voltage and current are essentially in quadrature.

Measurement procedure

The rate of rise of the applied commutating voltage (off-state voltage of the device under measurement) is essentially exponential and is varied by the setting of R_1 and C_1 . The oscilloscope connected across the device under measurement is used to examine the waveform of this voltage and so to ensure that the device has not triggered due to excessive dv/dt .

The numerical value assigned to the dv/dt of the exponential voltage waveform is defined as the slope of the straight line connecting the 10% and 63% points on the measurement voltage waveform. The 10% voltage point is used instead of zero because of the difficulty in determining the time point at which zero voltage occurs. The voltage overshoot should be limited to 10% of the specified peak value of the measurement voltage.

Les formes d'onde du courant et de la tension sont indiquées dans la figure 44.



093/76

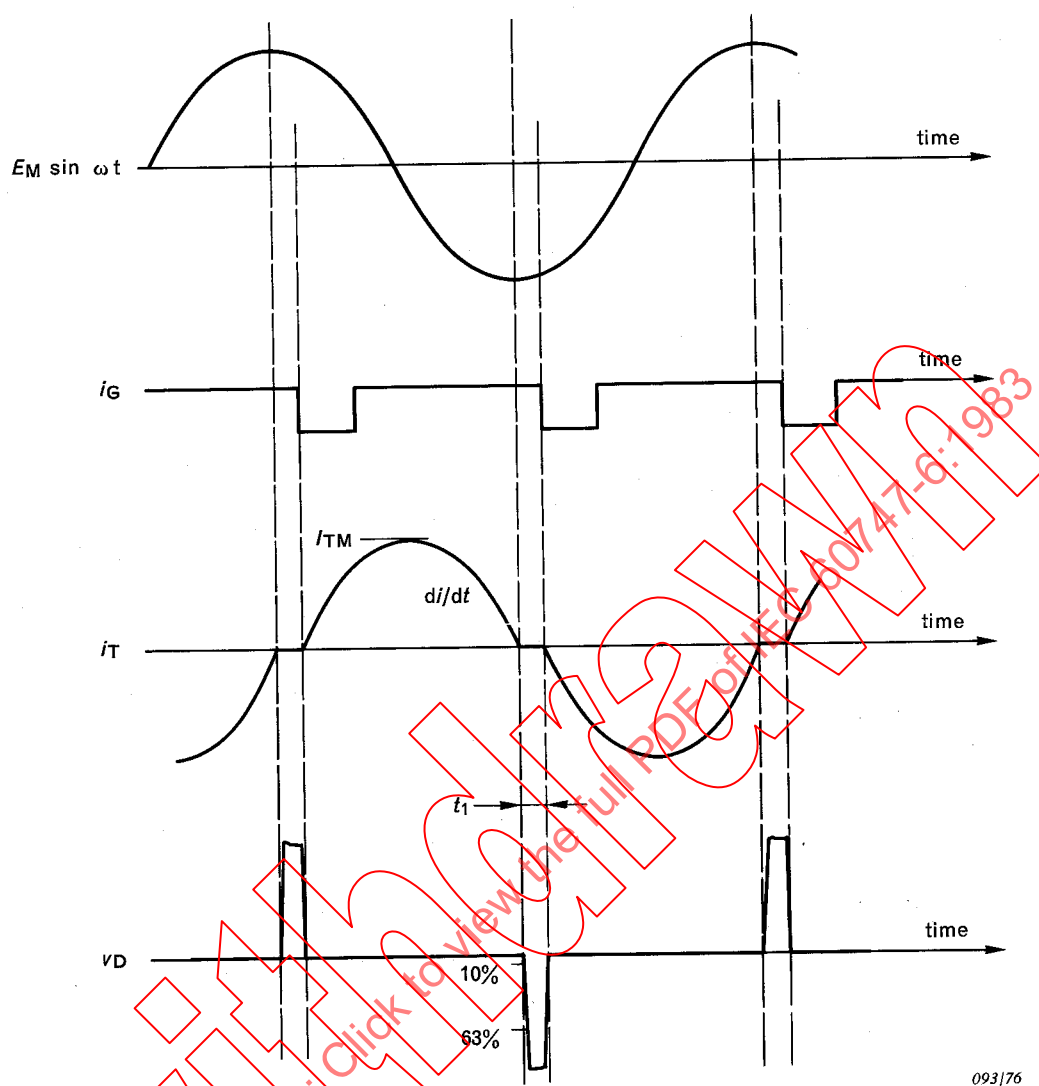
t_1 = durée de la tension à l'état bloqué

FIG. 44. — Formes d'onde.

Le triac en mesure est considéré comme satisfaisant si, après passage par zéro de i_T , v_D augmente jusqu'à V_{DM} et ne redescend pas vers zéro pendant la durée spécifiée de la tension à l'état bloqué (t_1).

Dans cette méthode de mesure, la vitesse d'inversion du courant (di/dt) est limitée par le circuit. Ainsi, pour les triacs qui possèdent une capacité de commutation très rapide, le dispositif peut rester à l'état bloqué même si l'on supprime R_1 et C_1 . Dans ce cas, le dv/dt de la tension appliquée est déterminé par la capacité du triac et la capacité répartie des autres composants du circuit, en particulier de la bobine.

The current and voltage waveforms are shown in Figure 44.



093/76

t_1 = off-state voltage duration

FIG. 44. — Waveforms.

The triac under measurement passes the test if, after zero-crossing of i_T , v_D rises to V_{DM} and does not drop back towards zero during the specified off-state voltage duration (t_1).

In this method of measurement, the rate of reversal of current (di/dt) is limited by the circuit. Hence, for triacs with very fast switching capability during commutation, the device may sustain the off-state even when R_1 and C_1 are removed. In this case, the dv/dt of the applied voltage waveform is determined by the capacitance of the triac and the distributed capacitance of other circuit components, particularly the inductor.

Specified conditions

These conditions apply for each half-cycle of the test voltage and current.

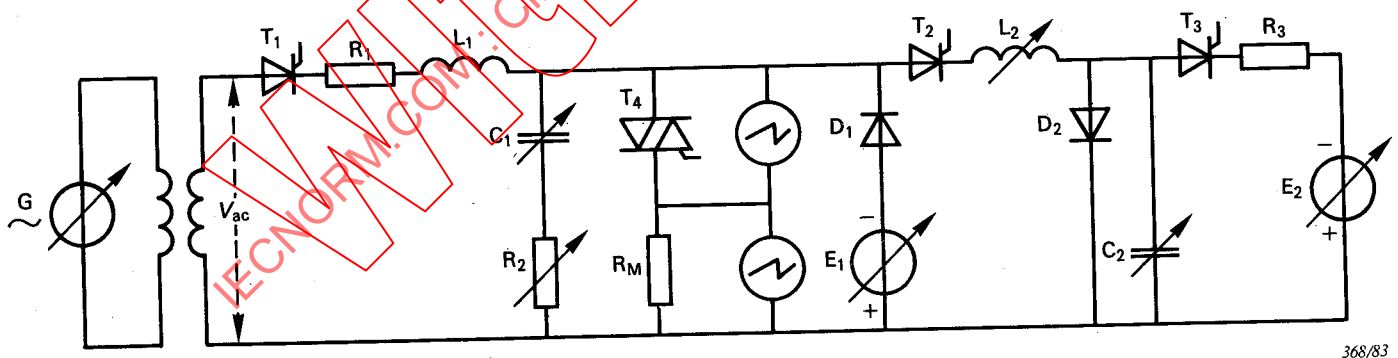
- 1) Frequency of single-phase sinusoidal a.c. supply (50 Hz or 60 Hz).
- 2) Peak on-state current ($I_{TM} \approx \frac{E_M}{Z_L}$).
- 3) On-state current duration (90% of half-cycle recommended).
- 4) Rate of reversal of on-state current (di/dt) (the slope of the line connecting the 50% and 0% I_{TM} points; $di/dt \approx 2 \pi f I_{TM}$).
- 5) Peak off-state voltage ($V_{DM} \approx E_M$).
- 6) Off-state voltage duration (200 μ s minimum recommended).
- 7) Gate bias conditions (between current pulses):
 - gate source voltage,
 - gate source resistance, or
 - gate bias resistance.
- 8) Ambient, case or reference-point temperature.

1.12.2 Second method: high-current triacs with high or low rate of decay of on-state current

Purpose

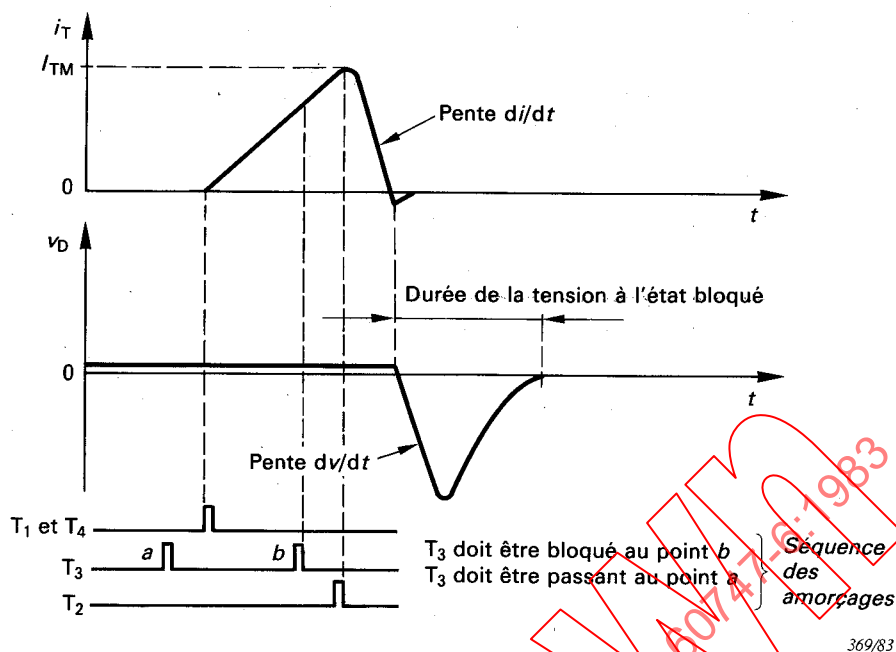
To measure the “critical rate of rise of commutating voltage” of high-current triacs over a large range of values, both under high and low rates of decay of on-state current.

Note. — High-current triacs may be defined as those rated at 50 A r.m.s. and greater.

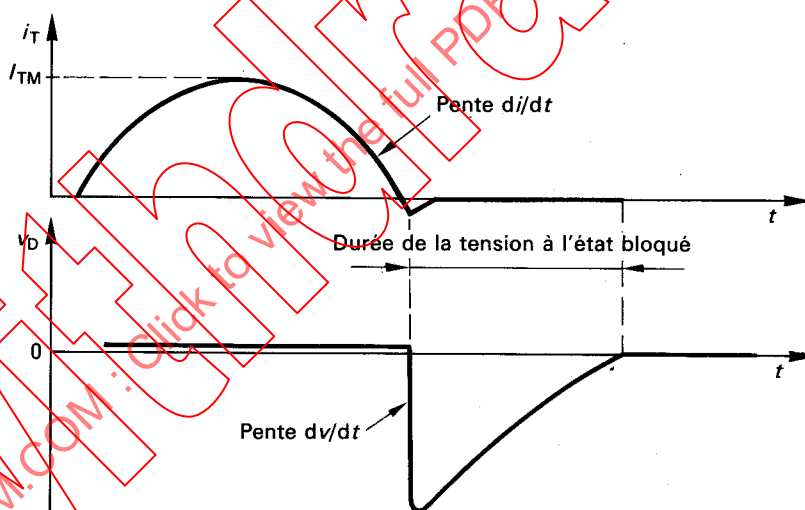


T_4 = triac being measured

FIG. 45. — Circuit diagram.



369/83

FIG. 46a. — Formes d'onde pour une valeur élevée de di/dt .

370/83

FIG. 46b. — Formes d'onde pour une faible valeur de di/dt .

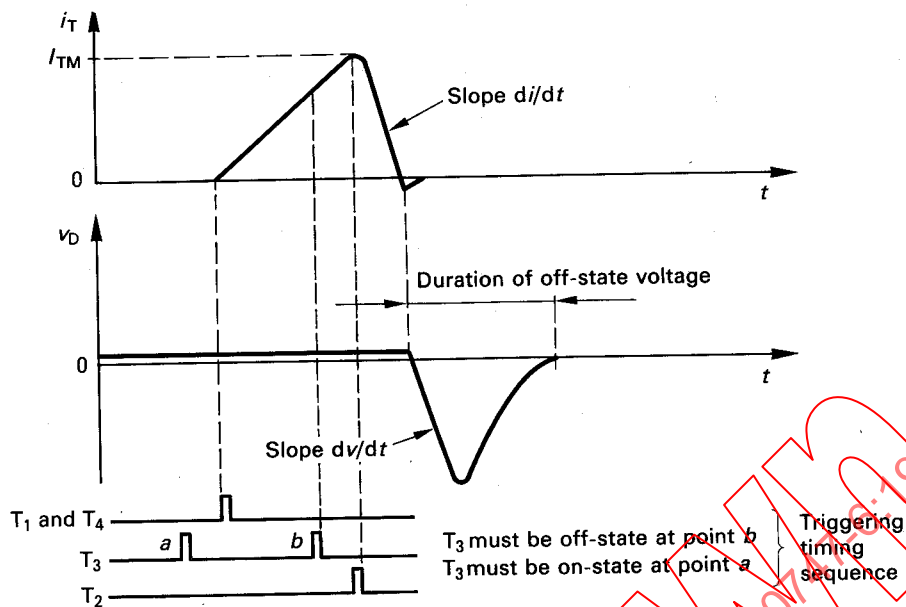
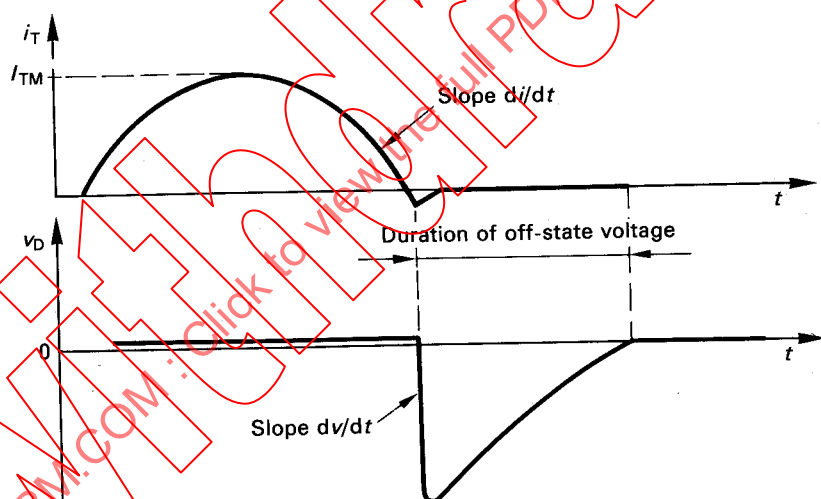
Note. — On peut utiliser d'autres sources pour fournir le courant à l'état passant. Par exemple, on peut remplacer le transformateur délivrant V_{ac} par un condensateur chargé par une source d'alimentation.

Description et exigences du circuit

Le courant à l'état passant I_T est fourni au triac en mesure T_4 par la source alternative V_{ac} , à travers le thyristor T_1 , la résistance R_1 et l'inductance L_1 .

L'inductance L_1 est choisie de façon à ne pas dépasser la valeur limite de di/dt .

T_1 est amorcé en même temps que le triac T_4 .

FIG. 46a. — Waveforms with high di/dt .FIG. 46b. — Waveforms with low di/dt .

Note. — Other on-state current sources may be used. For example, the transformer providing V_{ac} may be replaced by a capacitor charged from a power supply.

Circuit description and requirements

The on-state current I_T is supplied from the alternating supply V_{ac} via thyristor T_1 , resistor R_1 and inductor L_1 to the triac T_4 being measured.

Inductor L_1 is chosen so as not to exceed the limiting value di/dt .

T_1 is triggered at the same time as the triac T_4 .

La tension à l'état bloqué V_D est fournie par la tension à laquelle se charge le condensateur C_2 quand le thyristor T_3 est amorcé, elle est appliquée au triac T_4 à travers l'inductance L_2 quand le thyristor T_2 est amorcé.

Le courant à l'état passant mesuré par l'oscilloscope branché aux bornes de R_M est fixé en réglant V_{ac} . Si T_2 est amorcé pendant la demi-sinusoïde où le thyristor est à l'état passant (voir figure 46a, page 154), di/dt et la durée de la tension à l'état bloqué dépendent des valeurs de L_2 et de C_2 ; dv/dt dépend des valeurs de C_1 , R_2 et E_2 . Si T_2 est amorcé à la fin de la demi-sinusoïde où le thyristor est à l'état passant (voir figure 46b, page 154), di/dt dépend de V_{ac} et de la durée de la demi-sinusoïde.

Lorsqu'on spécifie une vitesse de croissance linéaire pour la tension de commutation, on se reportera au paragraphe 1.11, méthode 1, pour la spécification de la linéarité requise. Dans ce cas, la tension à l'état bloqué V_D est limitée par la source E_1 .

Lorsqu'on spécifie une vitesse de croissance exponentielle pour la tension de commutation, on se reportera au paragraphe 1.11, méthode 2, pour les formes d'onde permises. Dans ce cas, on supprime E_1 et D_1 et la valeur de V_D est obtenue à partir de celle de E_2 .

Précautions à prendre

Il faut s'assurer que les capacités parasites par rapport à la terre, dues aux radiateurs, etc., n'affectent pas les mesures.

La fréquence de répétition doit être suffisamment basse pour ne pas donner lieu à un accroissement significatif de la température de jonction du triac en mesure.

Les durées de la tension à l'état bloqué et du courant à l'état passant doivent être suffisamment longues pour que le fait de les doubler ne provoque pas d'augmentation de la vitesse critique de croissance de la tension de commutation du triac en mesure.

On doit s'assurer, par exemple en ajoutant une résistance en série avec l'inductance L_2 , que le triac en mesure ne soit pas détruit s'il ne peut pas supporter le dv/dt appliqué et que le condensateur C_2 se décharge à travers le triac en mesure.

Exécution

- Mettre toutes les sources d'alimentation à zéro et C_1 à sa valeur maximale avant que le triac soit relié au circuit.
- Régler la température à la valeur spécifiée.
- Réaliser les conditions de polarisation par la gâchette, comme il est spécifié.
- Amener le courant à l'état passant à la valeur spécifiée par réglage de V_{ac} (pour les formes d'onde, voir des exemples dans les figures 46).
- Amener la tension de pointe à l'état bloqué à la valeur spécifiée:
 - a) pour la vitesse de croissance exponentielle de la tension, à l'aide de E_2 ,
 - b) pour la vitesse de croissance linéaire de la tension, à l'aide de E_1 , la valeur de E_2 étant suffisamment élevée pour qu'on puisse obtenir la linéarité voulue.
- Pour des valeurs élevées de di/dt ($\geq 50A/ms$), amorcer T_2 pendant la demi-onde sinusoïdale rendant T_4 passant (figure 46a); régler di/dt à la valeur spécifiée au moyen de L_2 .
- Pour de faibles valeurs de di/dt , amorcer T_2 à un instant tel qu'il commence à conduire à la fin de la demi-sinusoïde qui rend T_4 passant (figure 46b).

The off-state voltage V_D is supplied from the voltage developed across the capacitor C_2 due to the triggering of thyristor T_3 , and is applied to the triac T_4 via inductor L_2 when thyristor T_2 is triggered.

The on-state current, measured across R_M by the oscilloscope, is set by adjusting V_{ac} . If T_2 is triggered during the on-state half-sine wave (Figure 46a, page 155), di/dt and the duration of the off-state voltage are dependent on the values of L_2 and C_2 ; dv/dt is dependent on the values of C_1 , R_2 and E_2 . If T_2 is triggered at the end of the on-state half-sine wave (Figure 46b, page 155), di/dt is dependent on V_{ac} and the half-wave duration.

When a linear rate of rise of commutating voltage is specified, refer to Sub-clause 1.11, Method 1, for specification of required linearity. In this case, source E_1 clamps the off-state voltage V_D .

When an exponential rate of rise of commutating voltage is specified, refer to Sub-clause 1.11, Method 2, for permitted wave-shapes. In this case, E_1 and D_1 must be omitted and the value of V_D is obtained from the setting of E_2 .

Precautions to be observed

Care must be taken to ensure that stray capacitance to earth, due to heat sinks, etc., does not affect the measurements.

The repetition frequency should be low enough to prevent significant rise of junction temperature of the triac being measured.

The durations of the off-state voltage and the on-state current should be long enough so that doubling them will not cause any change in the critical rate of rise of commutating voltage of the triac being measured.

Provisions, such as adding resistance in series with inductor L_2 , should be made to ensure that the triac being measured will not be destroyed if the triac cannot withstand the applied dv/dt and that capacitor C_2 discharges through the triac being measured.

Measurement procedure

- All supplies are set to zero, and C_1 is set to a maximum before the triac is connected into the circuit.
- The temperature is set to the specified value.
- Gate bias conditions are set as specified.
- The on-state current is set to the specified value by adjustment of V_{ac} (for waveforms, see examples in Figures 46).
- The peak off-state voltage is set to the specified value:
 - a) for the exponential rate of rise of voltage, by means of E_2 ;
 - b) for the linear rate of rise of voltage, clamped by means of E_1 , with the value of E_2 set high enough to achieve the required linearity.
- For high di/dt (≥ 50 A/ms), T_2 is triggered during the on-state half-sine wave through T_4 (Figure 46a); di/dt is set to the specified value by means of L_2 .
- For low di/dt , T_2 is triggered at an instant so that it begins to conduct on-state current at the end of the on-state half-sine wave through T_4 (Figure 46b).

- Observer la forme d'onde de la tension aux bornes du triac sur l'oscilloscope (voir par exemple les figures 46, page 154) et augmenter la vitesse de croissance de la tension de commutation en réglant C_1 à la valeur la plus élevée pour laquelle la tension à l'état bloqué est maintenue aux bornes du triac sans que celui-ci commute à l'état passant. On a alors la vitesse critique de croissance de la tension de commutation.

Refaire la mesure en inversant la polarité du triac.

Conditions spécifiées

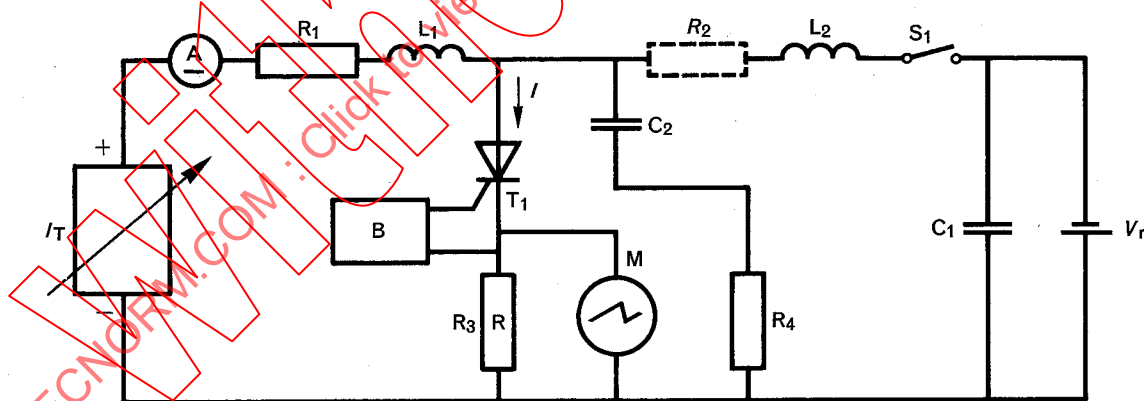
- Température ambiante ou température d'un point de référence.
- Courant de pointe à l'état passant (I_{TM}).
- Tension de pointe à l'état bloqué (V_{DM}).
- Conditions de polarisation de gâchette (pendant la croissance de la tension de commutation).
- Vitesse de décroissance du courant à l'état passant (di/dt).

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

But

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

Schéma et forme d'onde



0072/73

I_T = source de courant à l'état passant

FIG. 47. — Schéma.

- The voltage waveform across the triac is observed on the oscilloscope (see for example Figure 46, page 155) and the rate of rise of commutating voltage is increased by adjustment of C_1 to the highest value at which the off-state voltage can be maintained across the triac without its breaking over into on-state. This is the critical rate of rise of commutating voltage.

The measurement must be repeated with the triac polarity reversed.

Specified conditions

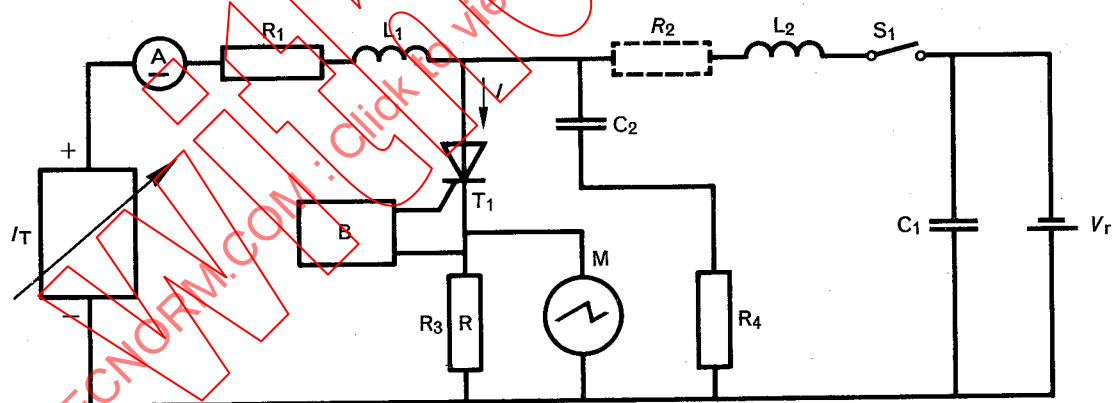
- Ambient or reference-point temperature.
- Peak on-state current (I_{TM}).
- Peak off-state voltage (V_{DM}).
- Gate bias conditions (during rise of commutating voltage).
- Rate of decay of on-state current (di/dt).

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

Purpose

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

Circuit diagram and test waveform



0072/73

I_T = on-state current source

FIG. 47. — Circuit diagram.

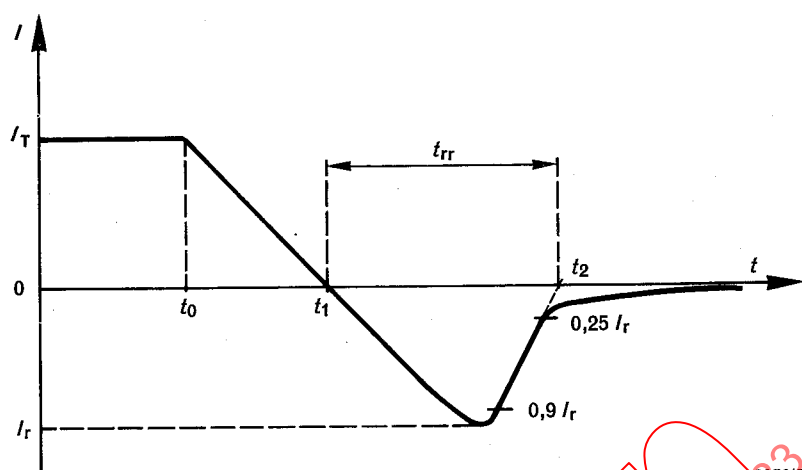


FIG. 48. — Forme d'onde du courant traversant le thyristor.

Description et exigences du circuit

- A = ampèremètre à cadre mobile
- B = circuit de polarisation de gâchette
- C₁ = condensateur qui fournit le courant de recouvrement inverse du thyristor T₁
- C₂ = condensateur qui élimine la haute tension inverse induite
- L₁ = inductance qui bloque la tension inverse (la valeur de L₁/R₁ est choisie de façon à être très supérieure au temps t_{rr})
- L₂ = inductance qui permet d'ajuster la vitesse de croissance du courant inverse
- M = instrument de mesure (par exemple un oscilloscope)
- R₁ = résistance qui limite le courant à l'état passant
- R₂ = résistance de l'inductance L₂
- R₃ = résistance étalonée non inductive qui permet de déterminer le courant
- R₄ = résistance qui élimine la haute tension inverse induite
- S₁ = interrupteur électromécanique ou électronique
- T₁ = 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 R₁ et de C₂ seront choisies de façon 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 S₁ 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 C₁ et à l'inductance L₂.

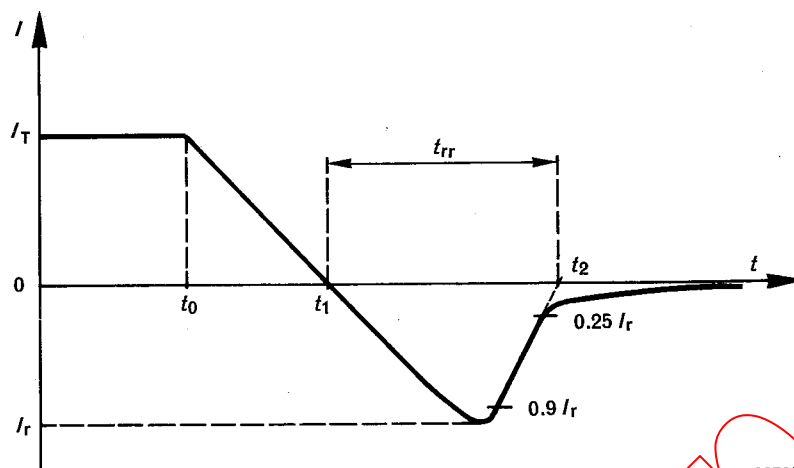


FIG. 48. — Current waveform through the thyristor.

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 = 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 .

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 des temps, de la droite reliant les points $0,9 I_r$ et $0,25 I_r^*$ (voir figure 48, page 160).

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/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 au paragraphe 1.10, s'applique également.

2. Mesures thermiques

2.1 Température du point de référence

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

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

2.2 Résistance thermique et impédance thermique transitoire

2.2.1 Introduction

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

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

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

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 48, page 161).

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 Sub-clause 1.10 is also suitable.

2. Thermal measurements

2.1 Reference-point temperature

2.1.1 For devices where a hole has been drilled by the manufacturer for this purpose, the temperature of the case is measured by means of a thermocouple inserted into this hole. The thermocouple should not have a section of a diameter greater than 0.25 mm. The thermocouple bead should be formed by welding rather than by soldering or twisting. The bead is inserted into the hole which is, then, closed over the thermocouple bead by tapping the metal at the edges of the hole (peened closed).

2.1.2 For other devices, the temperature at the reference point is measured by means of a temperature-sensitive element having negligible thermal capacitance, which is cemented, soldered, clamped or held rigidly against the case of the device so as to ensure a negligible thermal resistance.

2.2 Thermal resistance and transient thermal impedance

2.2.1 Introduction

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

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

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

2.2.2 Résistance thermique (R_{th})

a) But

Mesurer la résistance thermique entre la jonction et un point de référence (de préférence sur le boîtier) d'un thyristor.

b) Principe de la méthode

On mesure les températures T_1 et T_2 d'un point de référence du dispositif pour deux dissipations de puissance P_1 et P_2 et pour des conditions de refroidissement telles que la température de jonction soit la même. On utilise la tension à l'état passant, pour un courant de référence donné, pour vérifier qu'on a bien la même température de jonction.

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

c) Schéma de base

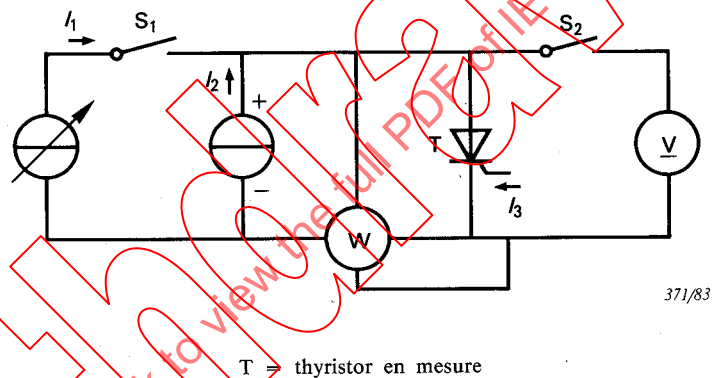


FIGURE 49

d) Description et exigences du circuit

I_1 = courant de charge provoquant la perte de puissance P dans la jonction; c'est un courant continu ou un courant alternatif

I_2 = courant continu de référence contrôlé lorsque le courant de charge I_1 est interrompu périodiquement pendant de courts intervalles de temps

I_3 = courant d'amorçage destiné à maintenir le thyristor à l'état passant

W = wattmètre qui indique la puissance dissipée dans la jonction par le passage du courant de charge I_1 (pour la méthode en alternatif, W mesure la puissance moyenne dissipée dans le dispositif en mesure)

S_1 = interrupteur électronique destiné à interrompre périodiquement le courant de charge I_1 (pour la méthode en continu); pour la méthode en alternatif, l'interrupteur S_1 n'est pas nécessaire

S_2 = interrupteur électronique, fermé lors de l'interruption du courant de charge I_1

V = voltmètre de zéro

2.2.2 Thermal resistance (R_{th})

a) Purpose

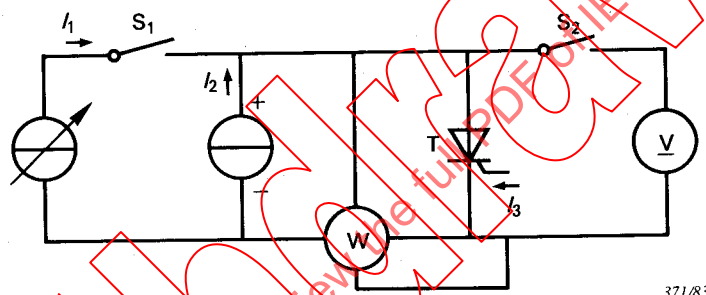
To measure the thermal resistance between the junction and a reference point (preferably at the case) of a thyristor.

b) Principle of the method

The temperatures T_1 and T_2 of the reference point of the device are measured for two different power dissipations P_1 and P_2 and cooling conditions causing the same junction temperature. The on-state voltage at a reference current is used to verify that the same junction temperature has been reached.

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

c) Basic circuit diagram



371/83

T = thyristor being measured

FIGURE 49

d) Circuit description and requirements

I_1 = load current generating the power loss P in the junction, either a d.c. current or an a.c. current

I_2 = reference d.c. current monitored when the load current I_1 is interrupted periodically for short time gaps

I_3 = trigger current to maintain the on-state

W = wattmeter to indicate the power loss P in the junction caused by the load current I_1 (for the a.c. method, W measures the average power dissipated in the device being measured)

S_1 = electronic switch to interrupt periodically the load current I_1 (for the d.c. method); for the a.c. method, switch S_1 is not mandatory

S_2 = electronic switch, which is closed when the load current I_1 is interrupted

V = null-method voltmeter

e) *Précautions à prendre*

1. Des transitoires de tension ont lieu à cause des porteurs de charge en excès lors de la commutation du courant de charge I_1 au courant de référence I_2 .
Des transitoires de tension supplémentaires ont lieu si le boîtier du dispositif en essai contient un matériau ferromagnétique. L'interrupteur S_2 ne doit pas être fermé tant que ces transitoires n'ont pas disparu.
2. Généralement, le courant de référence I_2 doit être suffisamment élevé pour maintenir toute la jonction à l'état passant.

Note. — Le courant de charge I_1 défini en 2.2.2d) peut être nul; alors la dissipation de puissance P_1 est également nulle et la température virtuelle de jonction est la même que la température T_1 du point de référence.

f) *Exécution*

Fixer le dispositif à mesurer sur un radiateur maintenu à température fixe. Fixer un thermocouple au point de référence afin de mesurer la température du dispositif mesuré. Faire la mesure en deux étapes:

1. Maintenir le radiateur à une température élevée. Faire circuler un faible courant de charge I_1 , ce qui provoque une dissipation de puissance P_1 dans la jonction. Quand l'équilibre thermique est atteint, mettre au zéro le voltmètre V.

Enregistrer la température T_1 du point de référence.

2. Maintenir le radiateur à une température plus basse. Augmenter le courant I_1 jusqu'à ce que la puissance dissipée P_2 chauffe la jonction à la même température que celle atteinte au cours de l'opération précédente; cette condition est réalisée lorsque le voltmètre V est au zéro.

Enregistrer la température T_2 du point de référence du boîtier.

Calculer la résistance thermique d'après l'expression suivante:

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

2.2.3 Impédance thermique transitoire ($Z_{th(t)}$)a) *But*

Mesurer l'impédance thermique transitoire entre la jonction et un point de référence (de préférence sur le boîtier) d'un thyristor.

b) *Principe de la méthode*

Après avoir appliqué le courant qui chauffe la jonction et avoir attendu que l'équilibre thermique soit atteint, on enregistre la puissance dissipée dans le dispositif. On interrompt alors le courant, et on enregistre la tension à l'état passant pour le courant de référence ainsi que la température du point de référence en fonction du temps.

On calcule la température virtuelle de jonction en fonction du temps au moyen de la courbe d'étalonnage obtenue avec le même courant de référence.

e) Precautions to be observed

1. Voltage transients occur due to excess charge carriers when switching from the load current I_1 to the reference current I_2 .
Additional voltage transients occur if the case of the device under test contains ferromagnetic material. The switch S_2 should not be closed before these transients have disappeared.
2. Generally, the reference current I_2 should be chosen high enough to hold the whole junction area in the on-state.

Note. — The load current I_1 listed in 2.2.2d) can be zero; then the power dissipation P_1 is also zero and the virtual junction temperature is the same as the reference-point temperature T_1 .

f) Measurement procedure

The device being measured is clamped on a heat sink maintained at a fixed temperature. A thermocouple is fixed at the reference point to measure the temperature of the device being measured. The measurement is done in two steps:

1. The heat sink is maintained at an elevated temperature. A low load current I_1 is applied causing the power dissipation P_1 in the junction. After reaching thermal equilibrium, the null-method voltmeter V is adjusted for zero balance.

The reference-point temperature T_1 is recorded.

2. The heat sink is maintained at a lower temperature. The load current I_1 is raised until the power P_2 warms up the junction to the same temperature as during step 1. This is indicated by zero balance of the null-method voltmeter V .

The reference-point temperature T_2 of the case is recorded.

The thermal resistance R_{th} is calculated using the expression:

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

2.2.3 Transient thermal impedance ($Z_{th(t)}$)

a) Purpose

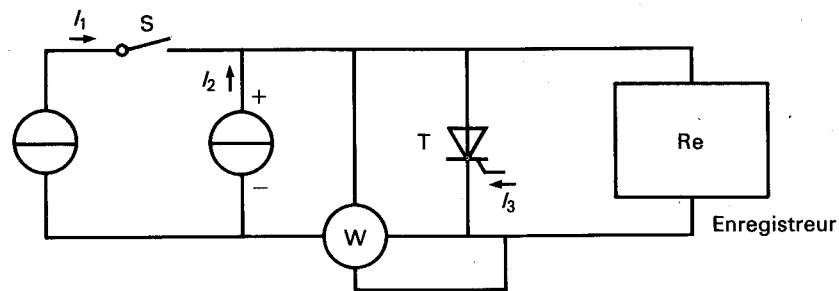
To measure the transient thermal impedance between the junction and a reference point (preferably at the case) of a thyristor.

b) Principle of the method

After applying the heating current and waiting until thermal equilibrium is established, the power dissipated in the device is recorded. The heating current is then interrupted, and the on-state voltage at the reference current together with the reference-point temperature are recorded as a function of time.

The virtual junction temperature as a function of time is then calculated by means of the calibration curve obtained for the same reference current.

c) Schéma de base



372/83

T = thyristor en mesure

FIGURE 50

d) Description et exigences du circuit

I_1 = courant de charge provoquant la dissipation de puissance P dans la jonction

I_2 = courant continu de référence

I_3 = courant d'amorçage

S = interrupteur destiné à couper le courant de charge I_1

W = wattmètre indiquant la puissance dissipée P dans la jonction par le passage du courant de charge I_1

Re = enregistreur, par exemple un oscillographe enregistrant la variation en fonction du temps de la tension directe due à I_2

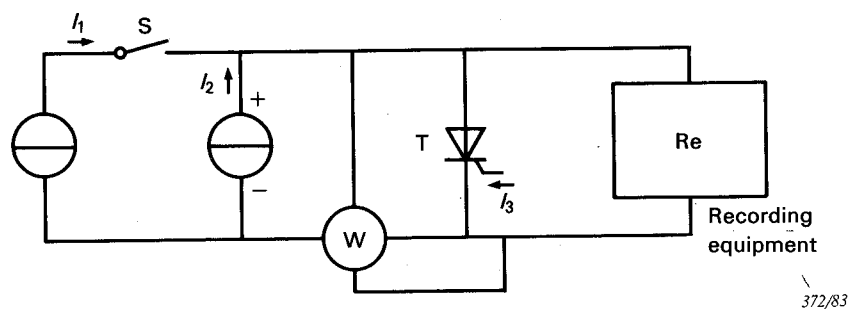
e) Précautions à prendre

Généralement, le courant de référence I_2 doit être suffisamment élevé pour maintenir toute la jonction à l'état passant.

f) Exécution

1. Préparer une courbe d'étalonnage en mesurant la tension directe ou la tension à l'état passant due au courant de référence I_2 en fonction de la température virtuelle de jonction, en faisant varier la température externe du dispositif, par exemple au moyen d'un bain d'huile.
2. Fixer le dispositif mesuré sur un radiateur maintenu à une température fixe. Fixer un thermocouple au point de référence afin de mesurer la température du point de référence T_{ref} du dispositif en mesure. Faire circuler le courant I_1 , provoquant ainsi une dissipation de puissance P dans le dispositif mesuré jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.
3. Interrompre le courant I_1 en ouvrant l'interrupteur S. Enregistrer sur l'enregistreur Re la tension à l'état passant due au courant de référence I_2 en fonction du temps de refroidissement. Enregistrer la température du point de référence pendant ce même temps.

c) Basic circuit diagram



T = thyristor being measured

FIGURE 50

d) Circuit description and requirements

 I_1 = load current generating the power dissipation P in the junction I_2 = reference d.c. current I_3 = trigger currentS = switch to interrupt the load current I_1 W = wattmeter to indicate the power dissipation P in the junction caused by the load current I_1 Re = recording equipment, for example, an oscillograph to record the time variation of the forward voltage caused by I_2

e) Precautions to be observed

Generally, when measuring thyristors, the reference current I_2 should be chosen high enough to hold the whole junction area in the on-state.

f) Measurement procedure

1. A calibration curve is prepared by measuring the on-state or forward voltage generated by the reference current I_2 as a function of the virtual junction temperature by varying the device temperature externally, for example, by means of an oil bath.
2. The device being measured is clamped on a heat sink maintained at a fixed temperature. A thermocouple is fixed at the reference point to measure the reference-point temperature T_{ref} of the device being measured. The heating current I_1 is applied generating the power dissipation P in the device being measured until thermal equilibrium is established.
3. The heating current I_1 is interrupted by opening the switch S. The on-state voltage generated by the reference current I_2 is recorded as a function of the cooling time by the recording equipment Re. The reference-point temperature is recorded during this time.

4. Convertir la courbe de tension à l'état passant enregistrée en température virtuelle de jonction $T_{(vj)}$ au moyen de la courbe d'étalonnage. Calculer l'impédance thermique transitoire $Z_{(th)t}$ en utilisant l'expression suivante:

$$Z_{(th)t} = \frac{[T_{(vj)}(0) - T_{ref}(0)] - [T_{(vj)}(t) - T_{ref}(t)]}{P}$$

où:

$T_{(vj)}(0)$ et $T_{ref}(0)$ sont les températures au temps $t = 0$ lorsqu'on ouvre l'interrupteur S

$T_{(vj)}(t)$, $T_{ref}(t)$ sont les températures au temps t

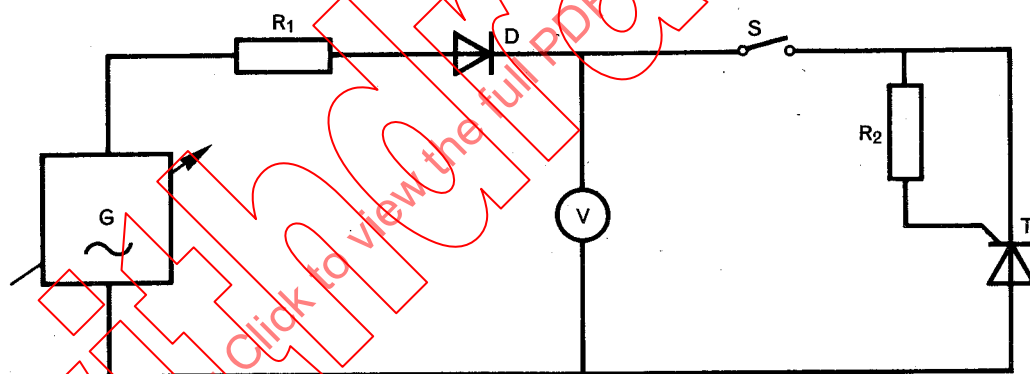
3. Vérification de valeurs limites

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.

Schéma du circuit



0074/73

FIGURE 51

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.

4. The curve of the recorded on-state voltage is converted to the virtual junction temperature $T_{(vj)}$ by means of the calibration curve. The transient thermal impedance $Z_{(th)t}$ is calculated using the expression:

$$Z_{(th)t} = \frac{[T_{(vj)}(0) - T_{ref}(0)] - [T_{(vj)}(t) - T_{ref}(t)]}{P}$$

where:

$T_{(vj)}(0)$, $T_{ref}(0)$ = temperatures at the time $t = 0$ when opening S

$T_{(vj)}(t)$, $T_{ref}(t)$ = temperatures at the time t

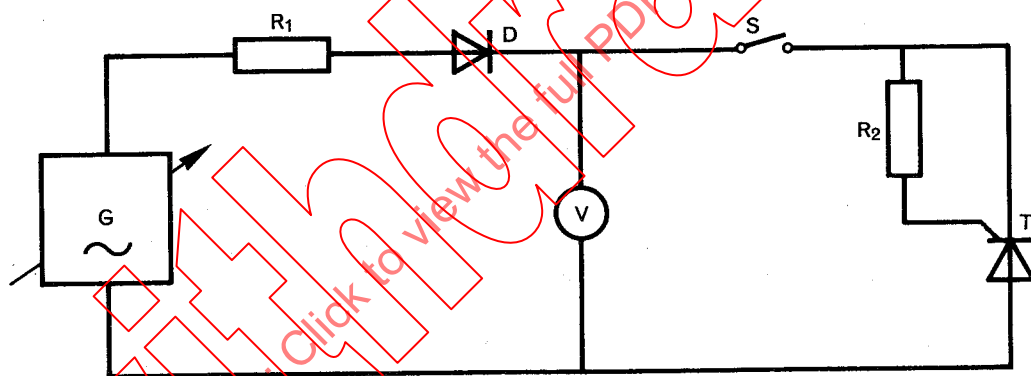
3. Verification of ratings (limiting values)

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.

Circuit diagram



0074/73

FIGURE 51

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.

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:

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

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

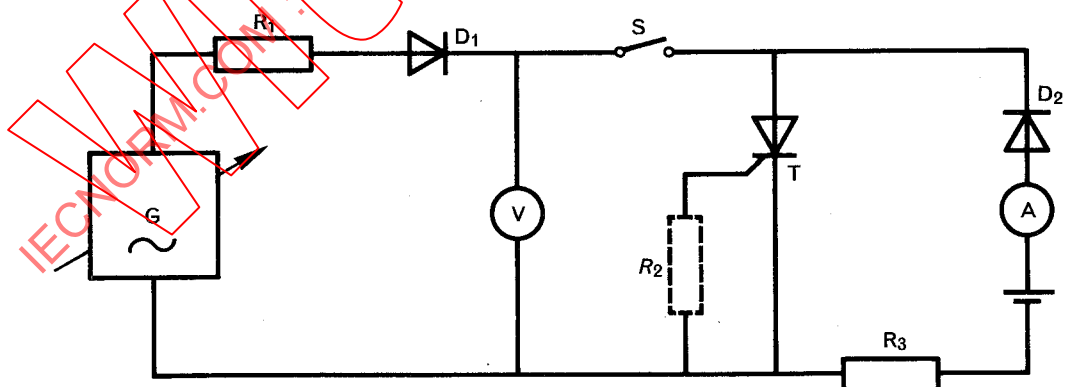


FIGURE 52

0075/73

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

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 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

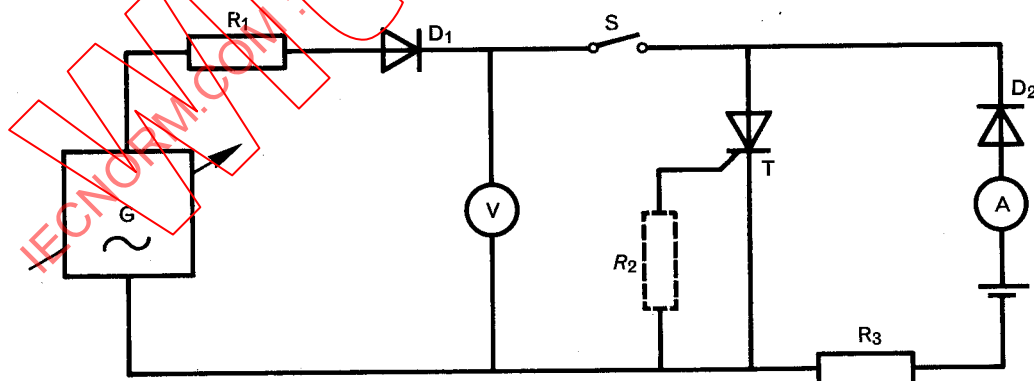


FIGURE 52

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 = 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 le courant, 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.

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.

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.

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:

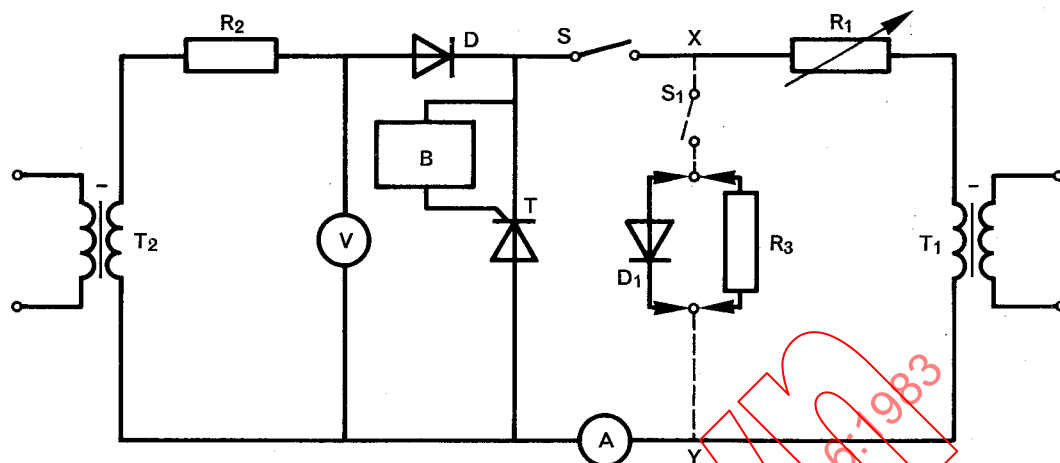
- a) non-repetitive peak off-state voltage;
- b) gate-cathode resistor R_2 ;
- c) ambient, case or reference-point temperature;
- d) duration of the half-cycle pulse;
- e) number of pulses and repetition rate;
- f) post-test measurement limits.

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.

Schéma



0076/73

FIGURE 53

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

T = thyristor en essai

T_1 = 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

T_2 = 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 T_1 . 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 D_1 en série avec un interrupteur S_1 , soit une résistance R_3 en série avec un interrupteur S_1 .

Ces circuits ne sont pas obligatoires.

D_1 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 R_3 , elle doit avoir la même résistance que la résistance à l'état passant du thyristor en essai.

S_1 est un interrupteur électromécanique ou électronique ayant un angle de conduction d'environ 180° pendant la demi-période inverse du transformateur T_1 .

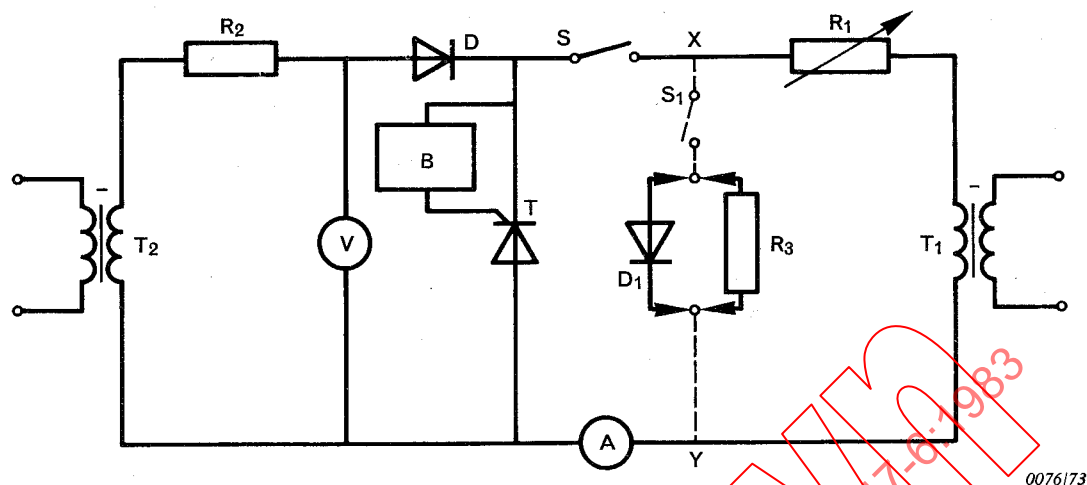
Circuit diagram

FIGURE 53

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 under test

T_1 = 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

T_2 = 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 T_1 . 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 D_1 in series with a switch S_1 , or a resistor R_3 in series with a switch S_1 , may be inserted between points X and Y. These circuits are not mandatory.

D_1 is a current balancing diode having approximately the same forward resistance as the on-state resistance of the thyristor under test.

If a resistor R_3 is used, it should have the same resistance as the on-state resistance of the thyristor under test.

S_1 is an electromechanical or electronic switch with a conduction angle of approximately 180° during the reverse half-cycle of transformer T_1 .

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 R_1 .

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 Courant à l'état passant des thyristors à commutation rapide

But

Vérifier la valeur limite du courant à l'état passant des thyristors à commutation rapide dans des conditions spécifiées (y compris les thyristors à température de boîtier spécifiée).

Note. — Le temps de désamorçage par commutation du circuit du thyristor en essai indique si le thyristor peut supporter ce courant.

Circuit d'essai

Les méthodes d'essai sont données pour les conditions de fonctionnement suivantes:

1. Courant sinusoïdal à l'état passant, suivi de l'application d'une tension inverse.
2. Courant sinusoïdal à l'état passant, sans application consécutive d'une tension inverse.
3. Courant trapézoïdal à l'état passant, suivi de l'application d'une tension inverse.
4. Courant trapézoïdal à l'état passant, sans application consécutive d'une tension inverse.

Pour toutes ces méthodes d'essai, l'intervalle de temps de suppression («hold-off») (t_H) doit être égal à la valeur maximale spécifiée du temps de désamorçage par commutation du circuit (t_q).

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 R_1 .

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 *On-state current ratings of fast-switching thyristors*

Purpose

To verify the limiting value of the on-state current of a fast-switching thyristor (including case-rated thyristors) under specified conditions.

Note. — The circuit commutated turn-off time of the thyristor under test is used as an indication of the ability of the thyristor to carry this current.

Test circuit

Test methods are given for the following operating conditions:

1. Sinusoidal on-state current with reverse voltage applied.
2. Sinusoidal on-state current with reverse voltage suppressed.
3. Trapezoidal on-state current with reverse voltage applied.
4. Trapezoidal on-state current with reverse voltage suppressed.

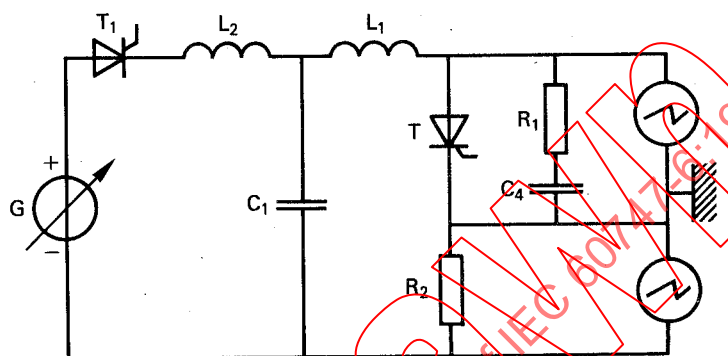
Throughout these test methods, the test circuit hold-off interval (t_H) is to be made equal to the specified maximum value of circuit commutated turn-off time (t_Q).

Si l'on place un radiateur sur l'anode du thyristor en essai, on peut inverser la polarité de toutes les alimentations, ainsi que le sens de tous les thyristors et diodes, afin de mettre ce radiateur à la masse.

3.4.1 Courant sinusoïdal à l'état passant, suivi de l'application d'une tension inverse

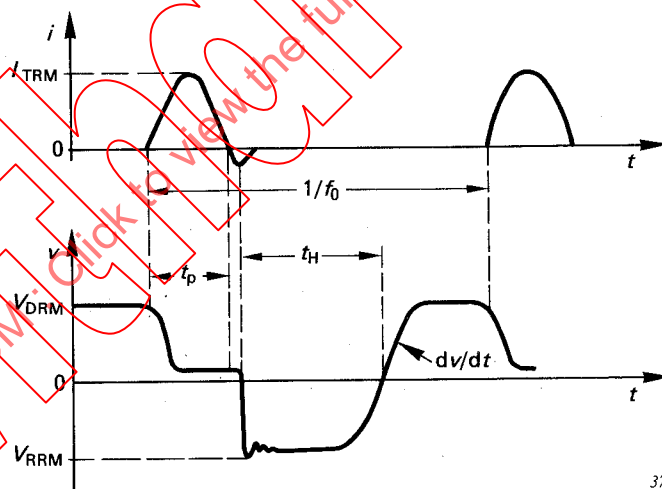
3.4.1.1 Circuit de base

Schéma du circuit et formes d'ondes



373/83

T = thyristor en essai



374/83

FIGURE 54

If a heat sink is connected to the anode of the thyristor under test, it is permissible to reverse the polarity of all supplies, and the direction of all thyristors and diodes, in order to earth this heat sink.

3.4.1 Sinusoidal on-state current with reverse voltage applied

3.4.1.1 Basic circuit

Circuit diagram and test waveforms

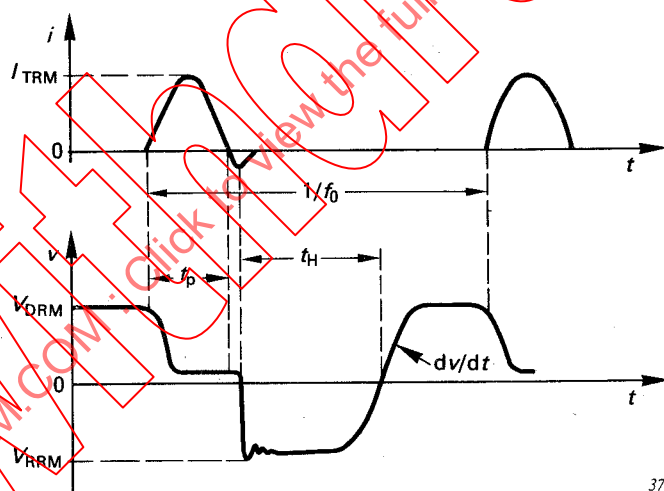
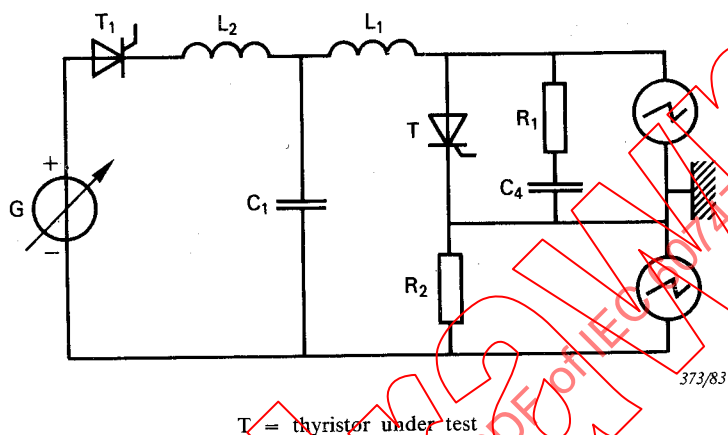


FIGURE 54

Description et exigences du circuit

G = source continue à faible impédance

L_1, C_1 = circuit résonnant déterminant la durée t_p et l'amplitude I_{TRM} de l'impulsion demi-sinusoïdale de courant à l'état passant:

$$t_p = \pi \sqrt{L_1 C_1} \quad I_{TRM} = \frac{V_{DRM}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}$$

L_2, C_1 = circuit résonnant réglé pour obtenir la vitesse de croissance spécifiée de la tension réappliquée à l'état bloqué (ainsi que R_1, C_4).

Notes 1. — L'intervalle de temps de suppression t_H le plus faible possible est:

$$t_H (\text{min}) \approx \frac{\pi}{2} \sqrt{L_2 C_1}$$

2. — V_{DRM} est aussi égal à la tension de pointe aux bornes de C_1 et peut atteindre dix fois la tension de la source continue, selon les éléments du circuit.

R_1, C_4 = réseau d'amortissement pour la protection du thyristor en essai T. Un réseau RC d'amortissement similaire peut être utilisé pour protéger le thyristor T_1

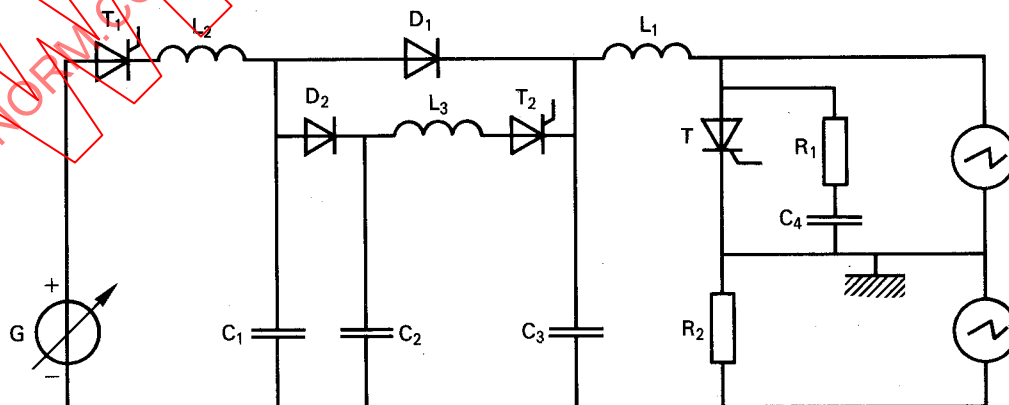
T_1 = thyristor auxiliaire. T_1 est en général nécessaire pour avoir une valeur limite du courant, à une fréquence élevée, plus grande que celle du thyristor en essai

R_2 = résistance permettant la mesure du courant

C_1 est chargé à partir de la source continue lorsqu'on amorce T_1 . Lorsque T_1 ne conduit plus, on amorce T, ce qui provoque la décharge de C_1 à travers L_1 et T sous forme d'une impulsion de courant demi-sinusoïdale de durée t_p . C_1 se charge alors, mais en sens inverse. Après un temps convenable, T_1 est à nouveau amorcé, ce qui fait que la tension aux bornes du thyristor T de négative devient positive, avec le dv/dt spécifié. Ce temps est ajusté pour donner l'intervalle de temps de suppression spécifié. Au même instant, C_1 se charge à nouveau et la tension à ses bornes, due à G, change de polarité. La répétition de ce cycle fait croître la tension aux bornes de C_1 jusqu'à la valeur spécifiée (environ dix fois la tension de la source continue).

3.4.1.2 *Circuit détaillé*

Schéma



375/83

T = thyristor en essai

FIGURE 55

Circuit description and requirements

G = d.c. source of low impedance

L_1, C_1 = resonant circuit determining the on-state current half-sine wave pulse duration t_p and amplitude I_{TRM} :

$$t_p = \pi \sqrt{L_1 C_1} \quad I_{TRM} = \frac{V_{DRM}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}$$

L_2, C_1 = resonant circuit set to give the specified rate of rise of the reapplied off-state voltage (together with R_1, C_4).

Notes 1. — The lowest possible hold-off interval is:

$$t_H (\text{min}) \approx \frac{\pi}{2} \sqrt{L_2 C_1}$$

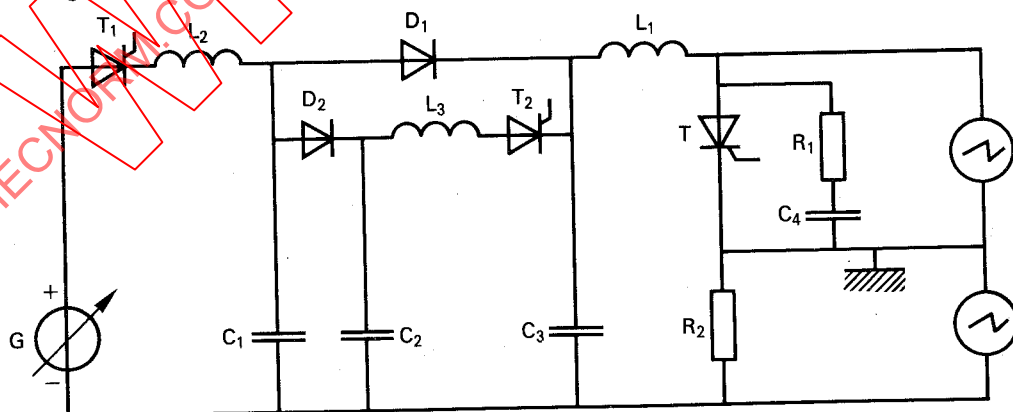
2. — V_{DRM} is also equal to the peak voltage across C_1 and may be up to ten times the voltage of the d.c. source, depending on the circuit elements.

R_1, C_4 = damping network for protecting the thyristor under test T. A similar RC damping network may be used for protecting thyristor T_1 .

T_1 = auxiliary thyristor. T_1 is usually required to have a much higher elevated frequency current rating than the thyristor under test.

R_2 = current measuring resistor

C_1 is charged from the d.c. source by triggering T_1 . After T_1 has turned off, T is triggered; this discharges C_1 via L_1 and T, producing a half-sine wave current pulse of duration t_p . C_1 then recharges in the reverse direction. After a suitable time, T_1 is triggered again, causing the voltage across the thyristor T to change from the negative level to a positive level at the specified dv/dt . This time is adjusted to give the required hold-off time interval. At the same time, the voltage across C_1 is further charged from G and changes polarity. Repetition of this cycle builds up the voltage across C_1 to the required level (about ten times the d.c. source voltage).

3.4.1.2 *Extended circuit**Circuit diagram*

375/83

T = thyristor under test

FIGURE 55