

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60747-6

Deuxième édition  
Second edition  
2000-12

---

---

**Dispositifs à semiconducteurs –**

**Partie 6:  
Thyristors**

**Semiconductor devices –**

**Part 6:  
Thyristors**

© IEC 2000 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

e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland  
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE XH

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	20
INTRODUCTION .....	22
Articles	
1 Domaine d'application .....	24
2 Références normatives .....	24
3 Termes et définitions.....	24
3.1 Types de thyristors .....	26
3.2 Termes de base définissant la caractéristique courant-tension statique des thyristors triodes .....	30
3.3 Termes de base définissant la caractéristique courant-tension statique des thyristors diodes.....	34
3.4 Détails des caractéristiques tension-courant statiques d'un thyristor triode et diode (voir figures 1 et 2).....	34
3.5 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; tensions principales.....	38
3.6 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; courants principaux .....	44
3.7 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; tensions et courants de gâchette .....	50
3.8 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; puissances, énergies et pertes .....	56
3.9 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; temps de recouvrement et autres caractéristiques.....	64
4 Symboles littéraux.....	80
4.1 Généralités.....	80
4.2 Indices généraux supplémentaires.....	80
4.3 Liste de symboles littéraux.....	82
4.3.1 Tensions principales, tensions anode-cathode .....	82
4.3.2 Courants principaux, courants d'anode, courants de cathode .....	84
4.3.3 Tensions de gâchette .....	86
4.3.4 Courants de gâchette .....	86
4.3.5 Grandeurs de temps.....	86
4.3.6 Grandeurs diverses .....	88
4.3.7 Dissipations de puissance .....	88
5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles pour les thyristors triodes bloqués et conducteurs en inverse .....	88
5.1 Conditions thermiques .....	88
5.1.1 Températures recommandées.....	90
5.1.2 Conditions pour les valeurs limites .....	90
5.2 Valeurs limites de tension et de courant.....	90
5.2.1 Tension inverse de pointe non répétitive ( $V_{RSM}$ ).....	90
5.2.2 Tension inverse de pointe répétitive ( $V_{RRM}$ ) .....	90
5.2.3 Tension inverse de crête ( $V_{RWM}$ ) (s'il y a lieu).....	92
5.2.4 Tension inverse continue ( $V_R$ ) (s'il y a lieu) .....	92
5.2.5 Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué ( $V_{DSM}$ ) .....	92

## CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	21
INTRODUCTION.....	23
Clause	
1 Scope.....	25
2 Normative references.....	25
3 Terms and definitions.....	27
3.1 Types of thyristors.....	27
3.2 Basic terms defining the static voltage-current characteristics of triode thyristors.....	31
3.3 Basic terms defining the static voltage-current characteristics of diode thyristors.....	35
3.4 Particulars of the static voltage-current characteristics of triode and diode thyristors (see figures 1 and 2).....	35
3.5 Terms related to ratings and characteristics; principal voltages.....	39
3.6 Terms related to ratings and characteristics; principal currents.....	45
3.7 Terms related to ratings and characteristics; gate voltages and currents.....	51
3.8 Terms related to ratings and characteristics; powers, energies and losses.....	57
3.9 Terms related to ratings and characteristics; recovery times and other characteristics.....	65
4 Letter symbols.....	81
4.1 General.....	81
4.2 Additional general subscripts.....	81
4.3 List of letter symbols.....	83
4.3.1 Principal voltages, anode-cathode voltages.....	83
4.3.2 Principal currents, anode currents, cathode currents.....	85
4.3.3 Gate voltages.....	87
4.3.4 Gate currents.....	87
4.3.5 Time constants.....	87
4.3.6 Surface quantities.....	89
4.3.7 Power loss.....	89
5 Essential ratings and characteristics for reverse-blocking and reverse-conducting triode thyristors.....	89
5.1 Thermal conditions.....	89
5.1.1 Recommended temperatures.....	91
5.1.2 Rating conditions.....	91
5.2 Voltage and current ratings (limiting values).....	91
5.2.1 Non-repetitive peak reverse voltage ( $V_{RSM}$ ).....	91
5.2.2 Repetitive peak reverse voltage ( $V_{RRM}$ ).....	91
5.2.3 Crest (peak) working reverse voltage ( $V_{RWM}$ ) (where appropriate).....	93
5.2.4 Continuous (direct) reverse voltage ( $V_R$ ) (where appropriate).....	93
5.2.5 Non-repetitive peak off-state voltage ( $V_{DSM}$ ).....	93

Articles	Pages
5.2.6 Tension de pointe répétitive à l'état bloqué ( $V_{DRM}$ ).....	92
5.2.7 Tension de crête à l'état bloqué ( $V_{DWM}$ ) (s'il y a lieu) .....	92
5.2.8 Tension continue à l'état bloqué ( $V_D$ ) (s'il y a lieu).....	92
5.2.9 Tension directe de pointe de gâchette (anode positive par rapport à la cathode).....	92
5.2.10 Tension directe de pointe de gâchette (anode négative par rapport à la cathode).....	92
5.2.11 Tension inverse de pointe de gâchette (s'il y a lieu).....	94
5.2.12 Courant moyen à l'état passant .....	94
5.2.13 Courant de pointe répétitif à l'état passant (s'il y a lieu) .....	94
5.2.14 Courant efficace à l'état passant (s'il y a lieu).....	94
5.2.15 Courant de surcharge prévisible à l'état passant (s'il y a lieu) .....	94
5.2.16 Courant de surcharge accidentelle à l'état passant.....	94
5.2.17 Courant continu à l'état passant (s'il y a lieu).....	96
5.2.18 Valeur de pointe d'un courant sinusoïdal à l'état passant aux fréquences élevées (s'il y a lieu).....	96
5.2.19 Valeur de pointe d'un courant trapézoïdal à l'état passant aux fréquences élevées (s'il y a lieu).....	98
5.2.20 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant.....	102
5.2.21 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier.....	102
5.2.22 Courant direct de pointe de gâchette.....	104
5.3 Autres valeurs limites .....	104
5.3.1 Valeurs limites de fréquence .....	104
5.3.2 Puissance dissipée de pointe de gâchette .....	104
5.3.3 Thyristors à température ambiante spécifiée et à température de boîtier spécifiée.....	104
5.3.4 Températures de stockage.....	104
5.3.5 Température virtuelle de jonction (s'il y a lieu).....	104
5.4 Caractéristiques électriques.....	104
5.4.1 Caractéristiques à l'état passant (s'il y a lieu) .....	104
5.4.2 Tension à l'état passant.....	104
5.4.3 Courant hypostatique (ou de maintien) .....	106
5.4.4 Courant d'accrochage .....	106
5.4.5 Courant de pointe répétitif à l'état bloqué .....	106
5.4.6 Courant inverse de pointe répétitif.....	106
5.4.7 Courant de gâchette d'amorçage et tension de gâchette d'amorçage .....	106
5.4.8 Courant de gâchette de non-amorçage et tension de gâchette de non-amorçage.....	106
5.4.9 Temps de retard d'amorçage commandé par la gâchette .....	108
5.4.10 Temps de désamorçage par commutation du circuit.....	108
5.4.11 Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué.....	110
5.4.12 Dissipation de puissance totale .....	110
5.4.13 Charge recouverte (s'il y a lieu) .....	116
5.4.14 Courant de recouvrement inverse de pointe (s'il y a lieu).....	116
5.4.15 Temps de recouvrement inverse (s'il y a lieu).....	116

Clause	Page
5.2.6 Repetitive peak off-state voltage ( $V_{DRM}$ ) .....	93
5.2.7 Crest (peak) working off-state voltage ( $V_{DWM}$ ) (where appropriate).....	93
5.2.8 Continuous (direct) off-state voltage ( $V_D$ ) (where appropriate) .....	93
5.2.9 Peak forward gate voltage ( $V_{FGM}$ ) (anode positive with respect to cathode) .....	93
5.2.10 Peak forward gate voltage ( $V_{FGM}$ ) (anode negative with respect to cathode) .....	93
5.2.11 Peak reverse gate voltage ( $V_{RGM}$ ) (where appropriate).....	95
5.2.12 Mean on-state current.....	95
5.2.13 Repetitive peak on-state current (where appropriate).....	95
5.2.14 RMS on-state current (where appropriate) .....	95
5.2.15 Overload on-state current (where appropriate) .....	95
5.2.16 Surge on-state current .....	95
5.2.17 Continuous (direct) on-state current (where appropriate) .....	97
5.2.18 Peak value of sinusoidal on-state current at higher frequencies (where appropriate).....	97
5.2.19 Peak value of a trapezoidal on-state current at higher frequencies (where appropriate).....	99
5.2.20 Critical rate of rise of on-state current .....	103
5.2.21 Peak case non-rupture current .....	103
5.2.22 Peak forward-gate current.....	105
5.3 Other ratings (limiting values) .....	105
5.3.1 Frequency ratings .....	105
5.3.2 Peak gate power dissipation.....	105
5.3.3 Ambient-rated and case-rated thyristors .....	105
5.3.4 Storage temperatures .....	105
5.3.5 Virtual junction temperature (where appropriate) .....	105
5.4 Electrical characteristics .....	105
5.4.1 On-state characteristics (where appropriate) .....	105
5.4.2 On-state voltage .....	105
5.4.3 Holding current .....	107
5.4.4 Latching current.....	107
5.4.5 Repetitive peak off-state current .....	107
5.4.6 Repetitive peak reverse current.....	107
5.4.7 Gate trigger current and gate-trigger voltage .....	107
5.4.8 Gate non-trigger current and gate non-trigger voltage.....	107
5.4.9 Gate-controlled turn-on delay time .....	109
5.4.10 Circuit commutated turn-off-time .....	109
5.4.11 Critical rate of rise of off-state voltage.....	111
5.4.12 Total power loss .....	111
5.4.13 Recovered charge ( $Q_r$ )(where appropriate).....	117
5.4.14 Peak reverse recovery current ( $I_{RM}$ ) (where appropriate) .....	117
5.4.15 Reverse recovery time ( $t_{rr}$ ) (where appropriate).....	117

Articles	Pages
5.5	Caractéristiques thermiques ..... 116
5.5.1	Résistance thermique de la jonction à la température ambiante ( $R_{th(j-a)}$ ) ..... 116
5.5.2	Résistance thermique de la jonction à la température de boîtier ( $R_{th(j-c)}$ ) ..... 116
5.5.3	Résistance thermique du boîtier par rapport à celle du dissipateur thermique ( $R_{th(c-h)}$ ) ..... 116
5.5.4	Résistance thermique de la jonction par rapport à celle du dissipateur thermique ( $R_{th(j-h)}$ ) ..... 116
5.5.5	Impédance thermique transitoire de jonction à la température ambiante ( $Z_{th(j-a)}$ ) ..... 118
5.5.6	Impédance thermique transitoire de jonction à la température de boîtier ( $Z_{th(j-c)}$ ) ..... 118
5.5.7	Impédance thermique transitoire de jonction par rapport à celle du dissipateur thermique ( $Z_{th(j-h)}$ ) ..... 118
5.6	Caractéristiques mécaniques et autres informations ..... 118
5.7	Données d'applications ..... 118
6	Valeurs limites et caractéristiques essentielles pour les thyristors triode bidirectionnels (triacs) ..... 118
6.1	Conditions thermiques ..... 118
6.1.1	Températures recommandées ..... 118
6.1.2	Conditions pour les valeurs limites ..... 118
6.2	Valeurs limites de tension et de courant ..... 120
6.2.1	Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué ( $V_{DSM}$ ) ..... 120
6.2.2	Tension de pointe répétitive à l'état bloqué ( $V_{DRM}$ ) ..... 120
6.2.3	Tension de crête à l'état bloqué ( $V_{DWM}$ ) ..... 120
6.2.4	Tension positive de pointe de gâchette ..... 120
6.2.5	Tension négative de pointe de gâchette ..... 120
6.2.6	Courant efficace à l'état passant ..... 122
6.2.7	Courant de pointe répétitif à l'état passant (s'il y a lieu) ..... 122
6.2.8	Courant de surcharge prévisible à l'état passant ..... 122
6.2.9	Courant de surcharge accidentelle à l'état passant ..... 122
6.2.10	Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant ..... 122
6.2.11	Courant de gâchette ..... 124
6.3	Autres valeurs limites ..... 124
6.3.1	Valeurs limites de fréquence ..... 124
6.3.2	Puissance moyenne de gâchette ..... 124
6.3.3	Puissance de pointe de gâchette ..... 124
6.3.4	Triacs à température ambiante spécifiée et à température de boîtier spécifiée ..... 124
6.3.5	Températures de stockage ..... 124
6.3.6	Température virtuelle de jonction ..... 124
6.4	Caractéristiques électriques (à une température ambiante ou de boîtier de 25 °C, sauf indication contraire) ..... 126
6.4.1	Caractéristiques à l'état passant (s'il y a lieu) ..... 126
6.4.2	Tension à l'état passant ..... 126
6.4.3	Courant hypostatique ou de maintien ..... 126
6.4.4	Courant d'accrochage ..... 126

Clause	Page
5.5 Thermal characteristics.....	117
5.5.1 Thermal resistance junction to ambient ( $R_{th(j-a)}$ ).....	117
5.5.2 Thermal resistance junction to case ( $R_{th(j-c)}$ ).....	117
5.5.3 Thermal resistance case to heatsink ( $R_{th(c-h)}$ ).....	117
5.5.4 Thermal resistance junction to heatsink ( $R_{th(j-h)}$ ).....	117
5.5.5 Transient thermal impedance junction to ambient ( $Z_{th(j-a)}$ ).....	119
5.5.6 Transient thermal impedance junction to case ( $Z_{th(j-c)}$ ).....	119
5.5.7 Transient thermal impedance junction to heatsink ( $Z_{th(j-h)}$ ).....	119
5.6 Mechanical characteristics and other data.....	119
5.7 Application data.....	119
6 Essential ratings and characteristics for bidirectional triode thyristors (triacs).....	119
6.1 Thermal conditions.....	119
6.1.1 Recommended temperatures.....	119
6.1.2 Rating conditions.....	119
6.2 Voltage and current ratings (limiting values).....	121
6.2.1 Non-repetitive peak off-state voltage ( $V_{DSM}$ ).....	121
6.2.2 Repetitive peak off-state voltage ( $V_{DRM}$ ).....	121
6.2.3 Crest (peak) working off-state voltage ( $V_{DWM}$ ).....	121
6.2.4 Peak positive gate voltage.....	121
6.2.5 Peak negative gate voltage.....	121
6.2.6 RMS on-state current.....	123
6.2.7 Repetitive peak on-state current (where appropriate).....	123
6.2.8 Overload on-state current.....	123
6.2.9 Surge on-state current.....	123
6.2.10 Critical rate of rise of on-state current.....	123
6.2.11 Gate currents.....	125
6.3 Other ratings (limiting values).....	125
6.3.1 Frequency ratings.....	125
6.3.2 Mean gate power.....	125
6.3.3 Peak gate power.....	125
6.3.4 Ambient-temperature and case-rated triacs.....	125
6.3.5 Storage temperatures.....	125
6.3.6 Virtual junction temperature.....	125
6.4 Electrical characteristics (at 25 °C ambient or case temperature, unless otherwise stated).....	127
6.4.1 On-state characteristics (where appropriate).....	127
6.4.2 On-state voltage.....	127
6.4.3 Holding current.....	127
6.4.4 Latching current.....	127

Articles	Pages
6.4.5 Courant de pointe répétitif à l'état bloqué.....	126
6.4.6 Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué.....	126
6.4.7 Vitesse critique de croissance de la tension de commutation.....	128
6.4.8 Courant de gâchette d'amorçage et tension de gâchette d'amorçage .....	128
6.4.9 Courant de gâchette de non-amorçage et tension de gâchette de non-amorçage .....	128
6.4.10 Temps de retard d'amorçage commandé par la gâchette .....	130
6.4.11 Dissipation de puissance totale .....	130
6.5 Caractéristiques thermiques .....	132
6.5.1 Résistance thermique de la jonction à la température ambiante ( $R_{th(j-a)}$ ).....	132
6.5.2 Résistance thermique de la jonction à la température de boîtier ( $R_{th(j-b)}$ ).....	132
6.5.3 Résistance thermique du boîtier par rapport à celle du dissipateur thermique ( $R_{th(c-h)}$ ).....	132
6.5.4 Résistance thermique de la jonction par rapport à celle du dissipateur thermique ( $R_{th(j-h)}$ ).....	132
6.5.5 Impédance thermique transitoire de jonction à la température ambiante ( $Z_{th(j-a)}$ ) .....	132
6.5.6 Impédance thermique transitoire de jonction à la température de boîtier ( $Z_{th(j-b)}$ ).....	132
6.5.7 dissipateur thermique ( $Z_{th(j-h)}$ ).....	132
6.6 Caractéristiques mécaniques et autres informations .....	132
6.7 Données d'applications.....	132
7 Valeurs limites et caractéristiques essentielles pour les transistors blocables par la gâchette (thyristors GTO).....	132
7.1 Conditions thermiques .....	132
7.1.1 Températures recommandées.....	134
7.1.2 Conditions pour les valeurs aux limites.....	134
7.2 Valeurs limites de tension et de courant.....	134
7.2.1 Tension inverse de pointe non répétitive ( $V_{RSM}$ ).....	134
7.2.2 Tension inverse de pointe répétitive ( $V_{RRM}$ ) .....	134
7.2.3 Tension inverse continue ( $V_{RD}$ ) (s'il y a lieu) .....	134
7.2.4 Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué ( $V_{DSM}$ ) (s'il y a lieu).....	134
7.2.5 Tension de pointe répétitive à l'état bloqué ( $V_{DRM}$ ).....	136
7.2.6 Tension continue à l'état bloqué ( $V_{D(D)}$ ) (s'il y a lieu).....	136
7.2.7 Tension de blocage de gâchette ( $V_{RG}$ ).....	136
7.2.8 Courant de pointe non répétitif contrôlable à l'état passant ( $I_{TQSM}$ ) .....	136
7.2.9 Courant de pointe répétitif contrôlable à l'état passant ( $I_{TQRM}$ ) .....	136
7.2.10 Courant efficace à l'état passant ( $I_{T(RMS)}$ ) (s'il y a lieu).....	136
7.2.11 Courant en fonctionnement temporaire ou intermittent .....	138
7.2.12 Courant de surcharge accidentelle à l'état passant ( $I_{TSM}$ ).....	138
7.2.13 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant ( $(di_T/dt)_{cr}$ ).....	138
7.3 Autres valeurs limites .....	138
7.3.1 Puissance de pointe de gâchette dans le sens direct ( $P_{FGM}$ ).....	138
7.3.2 Température virtuelle de jonction ( $T_{vj}$ ).....	140
7.3.3 Températures de stockage ( $T_{stg}$ ).....	140

Clause	Page
6.4.5 Repetitive peak off-state current .....	127
6.4.6 Critical rate of rise of off-state voltage.....	127
6.4.7 Critical rate of rise of commutating voltage.....	129
6.4.8 Gate trigger current and gate trigger voltage .....	129
6.4.9 Gate non-trigger current and gate non-trigger voltage.....	129
6.4.10 Gate-controlled turn-on delay time .....	131
6.4.11 Total power loss .....	131
6.5 Thermal characteristics.....	133
6.5.1 Thermal resistance junction to ambient ( $R_{th(j-a)}$ ).....	133
6.5.2 Thermal resistance junction to case ( $R_{th(j-c)}$ ).....	133
6.5.3 Thermal resistance case to heatsink ( $R_{th(c-h)}$ ) .....	133
6.5.4 Thermal resistance junction to heatsink ( $R_{th(j-h)}$ ) .....	133
6.5.5 Transient thermal impedance junction to ambient ( $Z_{th(j-a)}$ ).....	133
6.5.6 Transient thermal impedance junction to case ( $Z_{th(j-c)}$ ).....	133
6.5.7 Transient thermal impedance junction to heatsink ( $Z_{th(j-h)}$ ).....	133
6.6 Mechanical characteristics and other data.....	133
6.7 Application data.....	133
7 Essential ratings and characteristics for gate turn-off thyristors (GTO thyristors).....	133
7.1 Thermal conditions .....	133
7.1.1 Recommended temperatures .....	135
7.1.2 Rating conditions .....	135
7.2 Voltage and current ratings (limiting values).....	135
7.2.1 Non-repetitive peak reverse voltage ( $V_{RSM}$ ).....	135
7.2.2 Repetitive peak reverse voltage ( $V_{RRM}$ ).....	135
7.2.3 Direct reverse voltage ( $V_{R(D)}$ ) (where appropriate).....	135
7.2.4 Non-repetitive peak off-state voltage ( $V_{DSM}$ ) (where appropriate) .....	135
7.2.5 Repetitive peak off-state voltage ( $V_{DRM}$ ) .....	137
7.2.6 Direct off-state voltage ( $V_{D(D)}$ ) (where appropriate) .....	137
7.2.7 Turn-off gate voltage ( $V_{RG}$ ).....	137
7.2.8 Non-repetitive peak controllable on-state current ( $I_{TQSM}$ ).....	137
7.2.9 Repetitive peak controllable on-state current ( $I_{TQRM}$ ).....	137
7.2.10 RMS on-state current ( $I_{T(RMS)}$ ) (where appropriate).....	137
7.2.11 Short-time and intermittent duty current.....	139
7.2.12 Surge on-state current ( $I_{TSM}$ ) .....	139
7.2.13 Critical rate of rise of on-state current ( $(di_T/dt)_{cr}$ ).....	139
7.3 Other ratings (limiting values) .....	139
7.3.1 Peak forward gate power ( $P_{FGM}$ ).....	139
7.3.2 Virtual junction temperature ( $T_{vj}$ ).....	141
7.3.3 Storage temperatures ( $T_{stg}$ ).....	141

Articles	Pages
7.3.4	Température de soudage maximale pour les thyristors blocables par la gâchette munis de bornes de soudage ( $T_{sid}$ ) ..... 140
7.3.5	Couple au montage (pour les thyristors blocables par la gâchette munis de connexions par vis) (M) ..... 140
7.3.6	Force de serrage (pour les dispositifs de type à disques) (F) ..... 140
7.4	Caractéristiques électriques ..... 140
7.4.1	Tension à l'état passant ( $V_T$ ) ..... 140
7.4.2	Tension de seuil ( $V_{T(TO)}$ ) ..... 140
7.4.3	Résistance apparente à l'état passant ( $r_T$ ) ..... 140
7.4.4	Courant de maintien ( $I_H$ ) ..... 140
7.4.5	Courant d'accrochage ( $I_L$ ) ..... 142
7.4.6	Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué ( $(dv_D/dt)_{cr}$ ) ..... 142
7.4.7	Courant de gâchette permanent ( $I_{FGsus}$ ) ..... 142
7.4.8	Courant de queue de pointe ( $I_{ZM}$ ) ..... 142
7.4.9	Courant d'amorçage par la gâchette ( $I_{GT}$ ) et tension d'amorçage par la gâchette ( $V_{GT}$ ) ..... 142
7.4.10	Courant de gâchette de non-amorçage ( $I_{GD}$ ) et tension de gâchette de non-amorçage ( $V_{GD}$ ) ..... 142
7.4.11	Courant de gâchette de pointe pour le blocage ( $I_{ZM}$ ) ..... 144
7.4.12	Dissipation d'énergie à l'établissement du courant ( $E_{ON}$ ) ..... 144
7.4.13	Dissipation d'énergie à l'état passant ( $E_{ON}$ ) ..... 144
7.4.14	Dissipation d'énergie à la coupure du courant ( $E_Q$ ) ..... 144
7.4.15	Retard à la croissance (commandé par la gâchette) ( $t_{gd}$ ) ..... 144
7.4.16	Intervalles de temps de blocage ..... 146
7.5	Caractéristiques thermiques ..... 146
7.5.1	Résistance thermique de la jonction à la température ambiante ( $R_{th(j-a)}$ ) ..... 146
7.5.2	Résistance thermique de la jonction à la température de boîtier ( $R_{th(j-c)}$ ) ..... 146
7.5.3	Résistance thermique de boîtier par rapport à celle du dissipateur thermique ( $R_{th(c-h)}$ ) ..... 146
7.5.4	Impédance thermique transitoire de jonction à la température ambiante ( $Z_{th(j-a)}$ ) ..... 146
7.5.5	Impédance thermique transitoire de jonction à la température de boîtier ( $Z_{th(j-c)}$ ) ..... 148
7.5.6	Impédance thermique transitoire de jonction par rapport à celle du dissipateur thermique ( $Z_{th(j-h)}$ ) ..... 148
7.6	Caractéristiques mécaniques et autres informations ..... 148
8	Exigences pour les essais de type et essais individuels, marquage des thyristors ..... 148
8.1	Essais de type ..... 148
8.2	Essais individuels ..... 148
8.3	Méthodes de mesure et d'essais ..... 148
8.4	Marquage des thyristors ..... 150
9	Méthodes de mesure et d'essais ..... 150
9.1	Méthodes de mesure des caractéristiques électriques ..... 152
9.1.1	Précautions générales ..... 152
9.1.2	Tension à l'état passant ( $V_T$ ) ..... 152
9.1.3	Courant inverse de pointe ( $I_{RM}$ ) ..... 158

Clause	Page
7.3.4	Maximum permissible soldering temperature for GTO thyristors having solder terminals ( $T_{\text{slid}}$ ) ..... 141
7.3.5	Mounting torque (for GTO thyristors having screw connections) (M) ..... 141
7.3.6	Clamping force (for disc-type devices) (F) ..... 141
7.4	Electrical characteristics ..... 141
7.4.1	On-state voltage ( $V_T$ ) ..... 141
7.4.2	Threshold voltage ( $V_{T(TO)}$ ) ..... 141
7.4.3	On-state slope resistance ( $r_T$ ) ..... 141
7.4.4	Holding current ( $I_H$ ) ..... 141
7.4.5	Latching current ( $I_L$ ) ..... 143
7.4.6	Critical rate of rise of off-state voltage ( $(dv_D/dt)_{cr}$ ) ..... 143
7.4.7	Sustaining gate current ( $I_{FGsus}$ ) ..... 143
7.4.8	Peak tail current ( $I_{ZM}$ ) ..... 143
7.4.9	Gate trigger current ( $I_{GT}$ ) and gate trigger voltage ( $V_{GT}$ ) ..... 143
7.4.10	Gate non-trigger current ( $I_{GD}$ ) and gate non-trigger voltage ( $V_{GD}$ ) ..... 143
7.4.11	Peak gate turn-off current ( $I_{RGQM}$ ) ..... 145
7.4.12	Turn-on energy loss ( $E_{ON}$ ) ..... 145
7.4.13	On-state energy loss ( $E_T$ ) ..... 145
7.4.14	Turn-off energy loss ( $E_{DQ}$ ) ..... 145
7.4.15	(Gate-controlled) delay time ( $t_{gd}$ ) ..... 145
7.4.16	Turn-off time intervals ..... 147
7.5	Thermal characteristics ..... 147
7.5.1	Thermal resistance junction to ambient ( $R_{th(j-a)}$ ) ..... 147
7.5.2	Thermal resistance junction to case ( $R_{th(j-c)}$ ) ..... 147
7.5.3	Thermal resistance case to heatsink ( $R_{th(j-h)}$ ) ..... 147
7.5.4	Transient thermal impedance junction to ambient ( $Z_{th(j-a)}$ ) ..... 147
7.5.5	Transient thermal impedance junction to case ( $Z_{th(j-c)}$ ) ..... 149
7.5.6	Transient thermal impedance junction to heatsink ( $Z_{th(j-h)}$ ) ..... 149
7.6	Mechanical characteristics and other data ..... 149
8	Requirements for type tests and routine tests, marking of thyristors ..... 149
8.1	Type tests ..... 149
8.2	Routine tests ..... 149
8.3	Measuring and test methods ..... 149
8.4	Marking of thyristors ..... 151
9	Measuring and test methods ..... 151
9.1	Measuring methods for electrical characteristics ..... 153
9.1.1	General precautions ..... 153
9.1.2	On-state voltage ( $V_T$ ) ..... 153
9.1.3	Peak reverse current ( $I_{RM}$ ) ..... 159

Articles	Pages
9.1.4 Courant d'accrochage ( $I_L$ ) .....	160
9.1.5 Courant de maintien ( $I_H$ ).....	162
9.1.6 Courant à l'état bloqué $I_D$ ) .....	164
9.1.7 Courant ou tension d'amorçage par la gâchette ( $I_{GT}$ ), ( $V_{GT}$ ).....	168
9.1.8 Tension de non-amorçage par la gâchette ( $V_{GD}$ ) et courant de gâchette de non-amorçage ( $I_{GD}$ ).....	170
9.1.9 Retard à la croissance commandée par la gâchette ( $t_d$ ) et temps d'amorçage par la gâchette ( $t_{gt}$ ).....	172
9.1.10 Temps de désamorçage par commutation du circuit ( $t_q$ ).....	178
9.1.11 Vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué ( $dv/dt$ ).....	192
9.1.12 Vitesse critique de croissance de la tension de commutation des triacs $dv/dt$ (com).....	198
9.1.13 Charge recouvrée ( $Q_r$ ) et temps de recouvrement inverse ( $t_{rr}$ ).....	208
9.1.14 Temps de désamorçage après commutation du circuit ( $t_q$ ) d'un thyristor passant en inverse .....	216
9.1.15 Caractéristiques de blocage des thyristors blocables par la gâchette (GTO).....	220
9.1.16 Perte d'énergie totale pendant un cycle (pour les thyristors à commutation rapide).....	226
9.2 Méthodes de mesure des caractéristiques thermiques.....	228
9.2.1 Mesure de la température de boîtier .....	228
9.2.2 Méthodes de mesure pour la résistance thermique ( $R_{th}$ ) et l'impédance thermique transitoire ( $Z_{th}$ ).....	228
9.2.3 Méthode A.....	230
9.2.4 Méthode B.....	236
9.2.5 Méthode C (pour thyristors GTO seulement) .....	258
9.2.6 Méthode D.....	268
9.3 Méthodes de vérification des essais pour les valeurs limites.....	272
9.3.1 Tension inverse de pointe non répétitive ( $V_{RSM}$ ).....	272
9.3.2 Tension de pointe non répétitive à l'état bloqué ( $V_{DSM}$ ) .....	276
9.3.3 Courant non répétitif de surcharge accidentelle à l'état passant ( $I_{TSM}$ ) .....	278
9.3.4 Courant à l'état passant des thyristors à commutation rapide .....	280
9.3.5 Vitesse critique de croissance du courant à l'état passant ( $di/dt$ ).....	302
9.3.6 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier ( $I_{RSMC}$ ).....	308
9.4 Essais d'endurance .....	312
9.4.1 Liste des essais d'endurance .....	312
9.4.2 Conditions pour les essais d'endurance.....	312
9.4.3 Critères de défaillances et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception .....	312
9.4.4 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité .....	312
9.4.5 Procédure à suivre dans le cas d'une erreur d'essai .....	312
9.4.6 Tension de charge thermique cyclique.....	316
Annexe A (informative) Calcul de l'échauffement en fonction d'une charge variable dans le temps .....	318

Clause	Page
9.1.4 Latching current ( $I_L$ ).....	161
9.1.5 Holding current ( $I_H$ ).....	163
9.1.6 Off-state current ( $I_D$ ).....	165
9.1.7 Gate trigger current or voltage ( $I_{GT}$ ), ( $V_{GT}$ ).....	169
9.1.8 Gate non-trigger voltage ( $V_{GD}$ ) and gate non-trigger current ( $I_{GD}$ ).....	171
9.1.9 Gate controlled delay time ( $t_d$ ) and turn-on time ( $t_{gt}$ ).....	173
9.1.10 Circuit commutated turn-off time ( $t_q$ ).....	179
9.1.11 Critical rate of rise of off-state voltage (dv/dt).....	193
9.1.12 Critical rate of rise of commutating voltage of triacs dv/dt (com).....	199
9.1.13 Recovered charge ( $Q_r$ ) and reverse recovery time ( $t_{rr}$ ).....	209
9.1.14 Circuit commutated turn-off time ( $t_q$ ) of a reverse conducting thyristor.....	217
9.1.15 Turn-off behaviour of GTO thyristors.....	221
9.1.16 Total energy loss during one cycle (for fast switching thyristors).....	227
9.2 Measuring methods for thermal characteristics.....	229
9.2.1 Measurement of the case temperature.....	229
9.2.2 Measuring methods for thermal resistance ( $R_{th}$ ) and transient thermal impedance ( $Z_{th}$ ).....	229
9.2.3 Method A.....	231
9.2.4 Method B.....	237
9.2.5 Method C (for GTO thyristors only).....	259
9.2.6 Method D.....	269
9.3 Verification test methods for ratings (limiting values).....	273
9.3.1 Non-repetitive peak reverse voltage ( $V_{RSM}$ ).....	273
9.3.2 Non-repetitive peak off-state voltage ( $V_{DSM}$ ).....	277
9.3.3 Surge (non-repetitive) on-state current ( $I_{TSM}$ ).....	279
9.3.4 On-state current ratings of fast-switching thyristors.....	281
9.3.5 Critical rate of rise of on-state current (di/dt).....	303
9.3.6 Peak case non-rupture current ( $I_{RSMC}$ ).....	309
9.4 Endurance tests.....	313
9.4.1 List of endurance tests.....	313
9.4.2 Conditions for endurance tests.....	313
9.4.3 Failure criteria and failure-defining characteristics for acceptance tests.....	313
9.4.4 Failure-defining characteristics and failure criteria for reliability tests.....	313
9.4.5 Procedure in case of a testing error.....	313
9.4.6 Thermal cycling load test.....	317
Annex A (informative) Calculation of the temperature rise under time-varying load.....	319

	Pages
Figure 1 – Détails de la caractéristique statique pour les thyristors unidirectionnels .....	36
Figure 2 – Détails de la caractéristique statique des thyristors bidirectionnels.....	36
Figure 3 – Tension inverse de pointe et tension de pointe à l'état bloqué d'un thyristor .....	40
Figure 4 – Valeurs de pointe des courants à l'état passant.....	46
Figure 5 – Tension directe de gâchette en fonction du courant direct de gâchette.....	56
Figure 6 – Puissances partielles (pertes de puissance partielle) des thyristors GTO à fréquences relativement faibles .....	62
Figure 7 – Composantes de la perte d'énergie dynamique des thyristors GTO à fréquences relativement élevées.....	62
Figure 8 – Approximation des caractéristiques.....	64
Figure 9 – Temps de recouvrement en inverse .....	68
Figure 10 – Temps de recouvrement à l'état bloqué.....	70
Figure 11 – Temps de désamorçage commuté par circuit .....	70
Figure 12 – Temps d'amorçage contrôlés par gâchette.....	74
Figure 13 – Temps de désamorçage contrôlé par gâchette.....	78
Figure 14 – Charge de recouvrement $Q_r$ .....	78
Figure 15 – Symboles littéraux pour les valeurs limites des tensions à l'état bloqué et inverse.....	82
Figure 16 – Symboles littéraux pour les valeurs limites des courants à l'état passant.....	84
Figure 17 – Application des tensions de gâchette pour les thyristors.....	92
Figure 18 – Mesure du courant limite sinusoïdal de pointe à l'état passant .....	98
Figure 19 – Valeur de pointe d'un courant trapézoïdal à l'état passant.....	102
Figure 20 – Tension directe de gâchette en fonction du courant direct de gâchette.....	108
Figure 21 – Exemples de formes d'onde du courant et de la tension pendant le désamorçage d'un thyristor pour différents circuits .....	110
Figure 22 – Energie totale dissipée pendant une seule onde demi-sinusoïdale de l'impulsion de courant à l'état passant.....	112
Figure 23 – Energie totale dissipée durant une impulsion trapézoïdale de courant à l'état passant.....	114
Figure 24 – Charge recouvrée $Q_r$ , courant de recouvrement inverse de pointe $I_{RM}$ , temps de recouvrement inverse $t_{rr}$ (caractéristiques idéales).....	116
Figure 25 – Tension directe de gâchette en fonction du courant direct de gâchette.....	130
Figure 26 – Circuit de mesure de la tension à l'état passant (méthode en courant continu).....	152
Figure 27 –Méthode de mesure de la tension instantanée à l'état passant (méthode de l'oscilloscope) .....	154
Figure 28 – Circuit de mesure de la tension à l'état passant (méthode en impulsions).....	156
Figure 29 – Circuit de mesure du courant inverse de pointe.....	158
Figure 30 – Circuit de mesure du courant d'accrochage.....	160
Figure 31 – Forme d'onde du courant d'accrochage.....	162
Figure 32 – Circuit de mesure du courant de courant de maintien.....	162
Figure 33 – Circuit de mesure du courant à l'état bloqué (méthode en courant continu).....	164
Figure 34 – Circuit de mesure du courant de pointe à l'état bloqué .....	166
Figure 35 – Circuit de mesure pour la tension et/ou le courant d'amorçage par la gâchette .....	168
Figure 36 – Circuit de mesure pour le tension et le courant de non-amorçage par la gâchette ..	170
Figure 37 – Circuit de mesure du retard à la croissance commandée par la gâchette et du temps d'amorçage par la gâchette .....	174

	Page
Figure 1 – Particulars of the static characteristic of unidirectional thyristors .....	37
Figure 2 – Particulars of the static characteristic of bidirectional thyristors .....	37
Figure 3 – Peak reverse and peak off-state voltages of a thyristor .....	41
Figure 4 – Peak values of on-state currents .....	47
Figure 5 – Forward gate voltage versus forward gate current .....	57
Figure 6 – Partial power (losses) of GTO thyristors at relatively low frequencies .....	63
Figure 7 – Components of dynamic on-state energy loss of GTO thyristors at relatively high frequencies .....	63
Figure 8 – Approximation of characteristics .....	65
Figure 9 – Reverse recovery time .....	69
Figure 10 – Off-state recovery time .....	71
Figure 11 – Circuit-commutated turn-off time .....	71
Figure 12 – Gate-controlled turn-on times .....	75
Figure 13 – Gate-controlled turn-off times .....	79
Figure 14 – Recovered charge $Q_r$ .....	79
Figure 15 – Letter symbols for rated off-state reverse voltages .....	83
Figure 16 – Letter symbols for on-state current ratings .....	85
Figure 17 – Application of gate voltages for thyristors .....	93
Figure 18 – Maximum rated peak sinusoidal on-state current .....	99
Figure 19 – Peak value of a trapezoidal on-state current .....	103
Figure 20 – Forward gate voltage versus forward gate current .....	109
Figure 21 – Examples of current and voltage waveshapes during turn-off of a thyristor under various circuit conditions .....	111
Figure 22 – Total energy loss during one half sine wave on-state current pulse .....	113
Figure 23 – Total energy loss during one trapezoidal on-state current pulse .....	115
Figure 24 – Recovered charge $Q_r$ , peak reverse recovery current $I_{RM}$ , reverse recovery time $t_{rr}$ (idealized characteristics) .....	117
Figure 25 – Forward gate voltage versus forward gate current .....	131
Figure 26 – Circuit for measurement of on-state voltage (d.c. method) .....	153
Figure 27 – Measurement method of instantaneous on-state voltage using oscilloscope .....	155
Figure 28 – Circuit diagram for measurement of on-state voltage (pulse method) .....	157
Figure 29 – Circuit diagram for measuring peak reverse current .....	159
Figure 30 – Circuit diagram for measuring latching current .....	161
Figure 31 – Waveform of the latching current .....	163
Figure 32 – Circuit diagram for measuring holding current .....	163
Figure 33 – Circuit diagram for measuring off-state current (d.c. method) .....	165
Figure 34 – Circuit diagram for measuring peak off-state current .....	167
Figure 35 – Circuit diagram for measuring gate trigger current and/or voltage .....	169
Figure 36 – Circuit diagram for measuring gate non-trigger current and/or voltage .....	171
Figure 37 – Circuit diagram for measuring the gate controlled delay time and turn-on time .....	175

	Pages
Figure 38 – Forme d'onde du courant à l'état passant d'un thyristor.....	174
Figure 39 – Forme d'onde du courant et de la tension à l'état bloqué d'un thyristor.....	176
Figure 40 – Formes d'onde pendant la commutation du thyristor.....	178
Figure 41 – Schéma de principe du circuit .....	180
Figure 42 – Circuit pratique.....	182
Figure 43 – Circuit de mesure.....	186
Figure 44 – Formes d'onde du courant et de la tension.....	188
Figure 45 – Circuit de mesure de la vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué.....	194
Figure 46 – Forme d'onde.....	194
Figure 47 – Circuit de mesure pour vitesse de croissance exponentielle.....	196
Figure 48 – Circuit de mesure pour la vitesse critique de croissance de la tension de commutation.....	198
Figure 49 – Formes d'onde.....	200
Figure 50 – Circuit de mesure pour les triacs à fort courant.....	202
Figure 51 – Formes d'ondes pour une faible et une forte valeur de di/dt.....	204
Figure 52 – Circuit de mesure pour la charge recouvrée et le temps de recouvrement inverse (méthode en onde demi-sinusoïdale).....	208
Figure 53 – Forme d'onde du courant traversant le thyristor T.....	210
Figure 54 – Circuit de mesure de la charge recouvrée et du temps de recouvrement inverse.....	212
Figure 55 – Forme d'onde du courant traversant le thyristor T.....	212
Figure 56 – Circuit de mesure du temps de désamorçage après commutation d'un thyristor passant en inverse.....	216
Figure 57 – Formes d'onde de courant et de tension du temps de désamorçage après commutation d'un thyristor passant en inverse.....	216
Figure 58 – Circuit de mesure de blocage des thyristors blocables par la gâchette(GTO).....	220
Figure 59 – Formes d'ondes des tensions et courants pendant le désamorçage.....	222
Figure 60 – Schéma de base pour la mesure de $R_{th}$ (méthode A).....	230
Figure 61 – Schéma pour la mesure de $Z_{th}(t)$ (méthode A).....	234
Figure 62 – Superposition de l'impulsion de courant de référence aux différents courants à l'état passant.....	236
Figure 63 – Formes d'onde dans le cas général de la puissance dissipée et la température virtuelle de jonction.....	240
Figure 64 – Courbe d'étalonnage.....	244
Figure 65 – Schéma de base pour la mesure de $R_{th}$ (méthode B).....	248
Figure 66 – Formes d'onde.....	250
Figure 67 – Schéma de base pour la mesure de $Z_{th}(t)$ (méthode B).....	254
Figure 68 – Formes d'onde pour la mesure de l'impédance thermique transitoire.....	254
Figure 69 – Schéma de base pour la mesure de $R_{th}$ (méthode C).....	260
Figure 70 – Formes d'ondes pour la mesure de la résistance thermique.....	260
Figure 71 – Schéma de base pour la mesure de $Z_{th}(t)$ (méthode C).....	264
Figure 72 – Formes d'ondes pour la mesure de l'impédance thermique transitoire d'un thyristor amorçable par la gâchette.....	264
Figure 73 – Calibration et montage de mesure (pour la méthode du flux de chaleur).....	268
Figure 74 – Circuit de mesure de la valeur limite de la tension inverse de pointe non répétitive.....	274

	Page
Figure 38 – On-state current waveform of a thyristor.....	175
Figure 39 – Off-state voltage and current waveform of a thyristor.....	177
Figure 40 – Thyristor switching waveforms .....	179
Figure 41 – Diagram of basic circuit .....	181
Figure 42 – Practical circuit.....	183
Figure 43 – Measurement circuit .....	187
Figure 44 – Voltage and current waveforms.....	189
Figure 45 – Circuit diagram for measuring critical rate of rise of off-state voltage.....	195
Figure 46 – Waveform.....	195
Figure 47 – Measurement circuit for exponential rate of rise .....	197
Figure 48 – Measurement circuit for critical rate of rise of commutating voltage .....	199
Figure 49 – Waveforms .....	201
Figure 50 – Circuit diagram for high current triacs .....	203
Figure 51 – Waveforms with high and low di/dt.....	205
Figure 52 – Circuit diagram for recovered charge and reverse recovery time (half sine wave method) .....	209
Figure 53 – Current waveform through the thyristor T .....	211
Figure 54 – Circuit diagram for recovered charge and reverse recover time (rectangular wave method .....	213
Figure 55 – Current waveform through the thyristor T .....	213
Figure 56 – Circuit diagram for measuring circuit commutated turn-off time of reverse conducting thyristor .....	217
Figure 57 – Current and voltage waveforms of commutated turn-off time of reverse conducting thyristor .....	217
Figure 58 – Circuit diagram to measure turn-off behaviour of GTO thyristors.....	221
Figure 59 – Voltage and current waveforms during turn-off .....	223
Figure 60 – Basic circuit diagram for the measurement of $R_{th}$ (method A).....	231
Figure 61 – Basic circuit diagram for the measurement of $Z_{th}(t)$ (method A).....	235
Figure 62 – Superposition of the reference current pulse on different on-state currents.....	237
Figure 63 – Waveforms for power loss and virtual junction temperature (general case).....	241
Figure 64 – Calibration curve.....	245
Figure 65 – Basic circuit diagram for the measurement of $R_{th}$ (method B).....	249
Figure 66 – Waveforms for measuring thermal resistance.....	251
Figure 67 – Basic circuit diagram for the measurement of $Z_{th}(t)$ (method B).....	255
Figure 68 – Waveforms for measuring transient thermal impedance .....	255
Figure 69 – Basic circuit diagram for the measurement of $R_{th}$ (method C).....	261
Figure 70 – Waveforms for measuring thermal resistance.....	261
Figure 71 – Basic circuit diagram for the measurement of $Z_{th}(t)$ (method C).....	265
Figure 72 – Waveforms for measuring the transient thermal impedance of a gate turn- off thyristor.....	265
Figure 73 – Calibration and measurement arrangement for the heatflow method .....	269
Figure 74 – Circuit diagram for measuring non-repetitive peak reverse voltage rating.....	275

	Pages
Figure 75 – Circuit de mesure de la tension de pointe non répétitive à l'état bloqué .....	276
Figure 76 – Circuit de mesure de courant non répétitif de surcharge accidentelle à l'état passant.....	278
Figure 77 – Circuit de mesure et formes d'ondes pour la mesure du courant sinusoïdal à l'état passant avec application d'une tension inverse .....	282
Figure 78 – Circuit de mesure détaillé du courant sinusoïdal à l'état passant avec application d'une tension inverse .....	284
Figure 79 – Circuit de mesure et formes d'onde pour la mesure du courant à l'état passant sans tension inverse .....	288
Figure 80 – Circuit détaillé pour la mesure du courant sinusoïdal à l'état passant sans tension inverse .....	290
Figure 81 – Circuit de mesure et formes d'ondes pour la mesure du courant trapézoïdal à l'état passant avec application de la tension inverse .....	294
Figure 82 – Circuit de mesure et formes d'ondes pour la mesure du courant trapézoïdal à l'état passant sans application de la tension inverse .....	298
Figure 83 – Circuit de mesure de la vitesse critique de croissance du courant à l'état passant.....	302
Figure 84 – Forme d'onde du courant à l'état passant pour la valeur limite de di/dt.....	306
Figure 85 – Circuit de mesure de courant de pointe pour non-rupture de boîtier .....	308
Figure 86 – Forme d'onde du courant inverse $i_R$ traversant le dispositif en essai .....	308
Figure 87 – Circuit de mesure formes d'ondes pour la mesure de la tension de charge cyclique .....	316
Figure A.1 – Approximation en échelons pour des impulsions non rectangulaires .....	318
Figure A.2 – Impulsion rectangulaire de durée $t_1$ produisant la dissipation de puissance P dans le dispositif à semi-conducteurs .....	320
Figure A.3 – Impédance thermique transitoire $Z_{th}(t)$ en fonction du temps .....	320
Figure A.4 – Suite unique de trois impulsions rectangulaires.....	322
Figure A.5 – Suite périodique d'impulsions semblables.....	324
Figure A.6 – Suite périodique formée par la répétition de deux impulsions différentes .....	326
Tableau 1 – Qualificatifs utilisés pour les différents types de thyristors .....	26
Tableau 2 – Essais de type et essais individuels minimaux pour les thyristors triodes bloqués en inverse.....	150
Tableau 3 – Caractéristiques définissant la défaillance pour réception après les essais d'endurance.....	312
Tableau 4 – Conditions pour les essais d'endurance.....	314
Tableau A.1 – Équations de calcul de l'augmentation de température virtuelle de jonction pour certaines conditions de charges typiques .....	332

	Page
Figure 75 – Circuit diagram for measuring non-repetitive peak off-state voltage rating .....	277
Figure 76 – Circuit diagram for measuring surge (non-repetitive) on-state current rating .....	279
Figure 77 – Basic circuit and test waveforms for sinusoidal on-state current with reverse voltage .....	283
Figure 78 – Extended circuit diagram for measuring sinusoidal on-state current with reverse voltage .....	285
Figure 79 – Basic circuit and test waveforms for sinusoidal on-state current with reverse voltage suppressed.....	289
Figure 80 – Extended circuit diagram for measuring sinusoidal on-state current with reverse voltage suppressed.....	291
Figure 81 – Basic circuit and test waveforms for trapezoidal on-state current with reverse voltage applied .....	295
Figure 82 – Basic circuit and test waveforms for trapezoidal on-state current with reverse voltage suppressed.....	299
Figure 83 – Circuit diagram for measuring critical rate of rise of on-state current .....	303
Figure 84 – On-state current waveform for di/dt rating .....	307
Figure 85 – Circuit diagram for measuring peak case non-rupture current.....	309
Figure 86 – Waveform of the reverse current $i_R$ through the thyristor under test.....	309
Figure 87 – Test circuit and test waveform for thermal cycling load test .....	317
Figure A.1 – Staircase approximation for non-rectangular pulses .....	319
Figure A.2 – Rectangular pulse of duration $t_1$ producing the power dissipation P in the semiconductor device .....	321
Figure A.3 – Transient thermal impedance $Z_{th}(t)$ versus time .....	321
Figure A.4 – Single sequence of three rectangular pulses .....	323
Figure A.5 – Periodic sequence of identical pulses .....	325
Figure A.6 – Periodic sequence, each consisting of two different pulses .....	327
Table 1 – Qualifiers used for the different kinds of thyristors .....	27
Table 2 – Minimum type and routine tests for reverse-blocking triode thyristors.....	151
Table 3 – Failure-defining characteristics for acceptance after endurance tests .....	313
Table 4 – Conditions for the endurance tests .....	315
Table A.1 – Equations for calculating the virtual junction temperature rise for some typical load variations .....	333

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

### Partie 6: Thyristors

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60747-6 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1983, et ses amendements 1 et 2 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47E/155/FDIS	47E/168/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –****Part 6: Thyristors**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60747-6 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1983, and its amendments 1 and 2 and constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
47E/155/FDIS	47E/168/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

## INTRODUCTION

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 60747-1 et 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.

## INTRODUCTION

This part of IEC 60747 should be read in conjunction with IEC 60747-1. It provides basic information on semiconductor

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

## DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

### Partie 6: Thyristors

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60747 donne les normes pour les catégories suivantes de dispositifs:

- thyristors (triodes) bloqués en inverse,
- thyristors asymétriques (triodes) bloqués en inverse,
- thyristors (triodes) passants en inverse,
- thyristors triodes bidirectionnels (triacs),
- thyristors blocables par la gâchette (thyristors GTO).

Cette partie de la CEI 60747 ne s'applique pas aux thyristors supprimeurs de surtensions, ni aux diacs.

#### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60747-1:1983, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets et circuits intégrés – Partie 1: Généralités*

## SEMICONDUCTOR DEVICES –

### Part 6: Thyristors

#### 1 Scope

This part of IEC 60747 provides standards for the following categories of discrete semiconductor devices:

- (reverse-blocking) (triode) thyristors,
- asymmetrical (reverse-blocking) (triode) thyristors,
- reverse-conducting (triode) thyristors,
- bidirectional triode thyristors (triacs),
- gate turn-off thyristors (GTO thyristors).

It does not apply to thyristor surge suppressors nor to diacs.

#### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60747. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60747 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60747-1:1983, *Semiconductor devices – Discrete devices and integrated circuits – Part 1: General*