

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60747-2

Deuxième édition
Second edition
2000-03

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

**Partie 2:
Diodes de redressement**

**Semiconductor devices –
Discrete devices and integrated circuits –**

**Part 2:
Rectifier diodes**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60747-2:2000

Numéros des publications

Depuis le 1er 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
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60747-2

Deuxième édition
Second edition
2000-03

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

**Partie 2:
Diodes de redressement**

**Semiconductor devices –
Discrete devices and integrated circuits –**

**Part 2:
Rectifier diodes**

© 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 photo-copie 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 Varembe 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 **XB**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	10
Articles	
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Termes et définitions	12
3.1 Termes généraux	14
3.2 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: tensions	14
3.3 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: courants	16
3.4 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: dissipations de puissance	20
3.5 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: autres caractéristiques	20
4 Symboles littéraux	28
4.1 Généralités	28
4.2 Indices généraux supplémentaires	28
4.2.1 Pour les courants, les tensions et les puissances	28
4.2.2 Pour les paramètres électriques	28
4.3 Liste de symboles littéraux	28
4.3.1 Tensions	30
4.3.2 Courants	32
4.3.3 Puissances	34
4.3.4 Commutation	34
5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	34
5.1 Généralités	34
5.1.1 Gamme d'application	34
5.1.2 Méthodes de spécification	34
5.1.3 Températures recommandées	34
5.2 Conditions pour les valeurs limites	36
5.2.1 Diodes de redressement à température ambiante spécifiée	36
5.2.2 Diodes de redressement à température de boîtier spécifiée	36
5.3 Valeurs limites de tension et de courant	36
5.3.1 Tension inverse de pointe non répétitive (V_{RSM})	36
5.3.2 Tension inverse de pointe répétitive (V_{RRM})	36
5.3.3 Tension inverse de crête (V_{RWM})	36
5.3.4 Tension inverse continue (V_R) (s'il y a lieu)	38
5.3.5 Courant direct moyen (I_{FAV})	38
5.3.6 Courant direct de pointe répétitif (I_{FRM}) (s'il y a lieu), (spécialement pour les diodes à commutation rapide)	38
5.3.7 Courant direct de surcharge prévisible ($I_{(OV)}$)	40
5.3.8 Courant direct non répétitif de surcharge accidentelle (I_{FSM})	40
5.3.9 Courant direct continu (I_F)	40
5.3.10 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier (I_{RSMC})	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	11
Clause	
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	13
3.1 General terms	15
3.2 Terms related to ratings and characteristics: voltages	15
3.3 Terms related to ratings and characteristics: currents	17
3.4 Terms related to ratings and characteristics: power dissipations	21
3.5 Terms related to ratings and characteristics: other characteristics	21
4 Letter symbols	29
4.1 General	29
4.2 Additional general subscripts	29
4.2.1 For currents, voltages and powers	29
4.2.2 For electrical parameters	29
4.3 List of letter symbols	29
4.3.1 Voltages	31
4.3.2 Currents	33
4.3.3 Powers	35
4.3.4 Switching	35
5 Essential ratings and characteristics	35
5.1 General	35
5.1.1 Range of application	35
5.1.2 Rating methods	35
5.1.3 Recommended temperatures	35
5.2 Rating conditions	37
5.2.1 Ambient-rated rectifier diodes	37
5.2.2 Case-rated rectifier diodes	37
5.3 Voltage and current ratings (limiting values)	37
5.3.1 Non-repetitive peak reverse voltage (V_{RSM})	37
5.3.2 Repetitive peak reverse voltage (V_{RRM})	37
5.3.3 Crest (peak) working reverse voltage (V_{RWM})	37
5.3.4 Continuous (direct) reverse voltage (V_R) (where appropriate)	39
5.3.5 Mean forward current (I_{FAV})	39
5.3.6 Repetitive peak forward current (I_{FRM}) (where appropriate), (especially for fast-switching diodes)	39
5.3.7 Overload forward current (I_{OV})	41
5.3.8 Surge (non-repetitive) forward current (I_{FSM})	41
5.3.9 Continuous (direct) forward current (I_F)	41
5.3.10 Peak case non-rupture current (I_{RSMC})	41

5.4	Valeurs limites de fréquence.....	40
5.5	Valeurs limites de dissipation de puissance	42
5.5.1	Dissipation de puissance inverse due à une surcharge accidentelle (non répétitive) (pour les diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée)	42
5.5.2	Dissipation de puissance inverse de pointe répétitive (pour les diodes de redressement à avalanche contrôlée)	42
5.5.3	Dissipation de puissance inverse moyenne (pour les diodes de redressement à avalanche contrôlée)	42
5.6	Valeurs limites de température	42
5.6.1	Températures du fluide de refroidissement (T_a) ou du point de référence (T_{ref}) (pour les diodes de redressement à température ambiante ou à température de boîtier spécifiée).....	42
5.6.2	Températures de stockage (T_{stg})	42
5.6.3	Température virtuelle de jonction (T_{vj}) (s'il y a lieu)	42
5.7	Caractéristiques électriques.....	42
5.7.1	Caractéristiques directes (s'il y a lieu)	42
5.7.2	Tension directe (dans des conditions d'équilibre thermique)	44
5.7.3	Tension de claquage ($V_{(BR)}$) (d'une diode de redressement à avalanche pour utilisation non répétitive)	44
5.7.4	Courant inverse de pointe répétitif (I_{RM})	44
5.7.5	Dissipation de puissance totale (P_{tot})	44
5.7.6	Energie totale maximale pour une impulsion de courant direct en forme de demi-onde sinusoïdale (s'il y a lieu) (spécialement pour les diodes à commutation rapide)	44
5.7.7	Charge recouvrée (Q_r) (s'il y a lieu).....	46
5.7.8	Courant de recouvrement inverse de pointe (I_{RM}) (s'il y a lieu)	46
5.7.9	Temps de recouvrement inverse (t_{rr}) (s'il y a lieu).	48
5.7.10	Temps de recouvrement direct (t_{fr}) (s'il y a lieu)	48
5.7.11	Tension de pointe de recouvrement direct (V_{FRM}) (s'il y a lieu)	48
5.7.12	Facteur de douceur de recouvrement inverse (F_{RRS}) (s'il y a lieu)	48
5.8	Caractéristiques thermiques (s'il y a lieu)	50
5.8.1	Impédance thermique transitoire ($Z_{th}(t)$).....	50
5.9	Caractéristiques mécaniques et autres données	50
5.10	Données d'applications.....	50
5.10.1	Fonctionnement en régime stable (comprenant les surcharges).....	50
5.10.2	Conditions de régime transitoire.....	50
6	Exigences pour les essais de type et essais individuels; marquage des diodes de redressement	52
6.1	Essais de type	52
6.2	Essais individuels	52
6.3	Méthodes de mesure et d'essais.....	52
6.4	Marquage des diodes de redressement.....	54

5.4	Frequency ratings (limiting values).....	41
5.5	Power dissipation ratings (limiting values).....	43
5.5.1	Surge (non-repetitive) reverse power dissipation (for avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes).....	43
5.5.2	Repetitive peak reverse power dissipation (for controlled-avalanche rectifier diodes).....	43
5.5.3	Mean reverse power dissipation (for controlled-avalanche rectifier diodes).....	43
5.6	Temperature ratings (limiting values).....	43
5.6.1	Cooling fluid (T_a) or reference-point temperatures (T_{ref}) (for ambient-rated or case-rated rectifier diodes).....	43
5.6.2	Storage temperatures (T_{stg}).....	43
5.6.3	Virtual junction temperature (T_{vj}) (where appropriate).....	43
5.7	Electrical characteristics.....	43
5.7.1	Forward characteristics (where appropriate).....	43
5.7.2	Forward voltage (under thermal equilibrium conditions).....	45
5.7.3	Breakdown voltage (V_{BR}) (of an avalanche rectifier diode, for non-repetitive use).....	45
5.7.4	Repetitive peak reverse current (I_{RM}).....	45
5.7.5	Total power dissipation (P_{tot}).....	45
5.7.6	Maximum total energy for one half-sine wave forward current pulse (where appropriate) (especially for fast-switching diodes).....	45
5.7.7	Recovered charge (Q_r) (where appropriate).....	47
5.7.8	Peak reverse recovery current (I_{RRM}) (where appropriate).....	47
5.7.9	Reverse recovery time (t_{rr}) (where appropriate).....	49
5.7.10	Forward recovery time (t_{fr}) (where appropriate).....	49
5.7.11	Peak forward recovery voltage (V_{FRM}) (where appropriate).....	49
5.7.12	Reverse recovery softness factor (F_{RRS}) (where appropriate).....	49
5.8	Thermal characteristics (where appropriate).....	51
5.8.1	Transient thermal impedance ($Z_{th}(t)$).....	51
5.9	Mechanical characteristics and other data.....	51
5.10	Application data.....	51
5.10.1	Steady-state operation (including overload).....	51
5.10.2	Transient conditions.....	51
6	Requirements for type tests and routine tests; marking of rectifier diodes.....	53
6.1	Type tests.....	53
6.2	Routine tests.....	53
6.3	Measuring and test methods.....	53
6.4	Marking of rectifier diodes.....	55

7	Méthodes d'essai et de mesure.....	54
7.1	Méthodes de mesure pour caractéristiques électriques	54
7.1.1	Précautions générales	54
7.1.2	Tension directe	56
7.1.3	Tension de claquage ($V_{(BR)}$) des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée	60
7.1.4	Courant inverse	62
7.1.5	Charge recouvrée et temps de recouvrement inverse (Q_r , t_{rr})	68
7.1.6	Temps de recouvrement direct, (t_{fr}) et tension de recouvrement direct de pointe (V_{FRM}).....	76
7.2	Méthodes de mesure des caractéristiques thermiques	80
7.2.1	Température du point de référence	80
7.2.2	Résistance thermique et impédance thermique transitoire	80
7.3	Méthodes d'essai pour la vérification (valeurs limites)	88
7.3.1	Courant direct non répétitif de surcharge accidentelle	88
7.3.2	Tension inverse de pointe non répétitive (V_{RSM}).....	90
7.3.3	Puissance inverse de pointe (répétitive ou non répétitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée	92
7.3.4	Courant de pointe pour non-rupture du boîtier	102
7.4	Essais d'endurance	106
7.4.1	Liste des essais d'endurance	106
7.4.2	Conditions pour les essais d'endurance	106
7.4.3	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception	108
7.4.4	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité	108
7.4.5	Procédure à suivre dans le cas d'une erreur d'essai	108
7.4.6	Essai de charge thermique cyclique	112

Annexe A (informative)	Calcul de l'accroissement de température dû à une charge variable en fonction du temps.....	114
------------------------	---	-----

Figure 1	– Forme d'onde de la tension pendant le recouvrement direct	22
Figure 2	– Forme d'onde du courant pendant le recouvrement inverse	24
Figure 3	– Charge recouvrée	26
Figure 4	– Valeurs limites de la tension inverse	30
Figure 5	– Caractéristique directe.....	30
Figure 6	– Valeurs limites du courant direct	32
Figure 7	– Courant direct de pointe maximal I_{FRM} en fonction de la durée de l'impulsion t_p Paramètre: fréquence de répétition f_0	38
Figure 7a	– Définition du temps d'impulsion t_p et du temps de cycle T	38
Figure 8	– Energie totale maximale pour une impulsion de courant direct en forme de demi-onde sinusoïdale pour différentes valeurs de courant et de durée de l'impulsion Paramètre: énergie de l'impulsion en joules.....	46
Figure 9	– Charge recouvrée Q_r , courant de recouvrement inverse de pointe I_{RM} , temps de recouvrement inverse t_{rr} (caractéristiques idéales)	46
Figure 10	– Circuit de mesure de la tension directe (méthode en courant continu)	56
Figure 11	– Circuit de mesure de la tension directe (méthode de l'oscilloscope).....	56
Figure 12	– Schéma.....	58
Figure 13	– Circuit de mesure de la tension directe moyenne	60
Figure 14	– Schéma.....	60

7	Measuring and test methods	55
7.1	Measuring methods for electrical characteristics	55
7.1.1	General precautions.....	55
7.1.2	Forward voltage	57
7.1.3	Breakdown voltage (V_{BR}) of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes	61
7.1.4	Reverse current	63
7.1.5	Recovered charge and reverse recovery time (Q_r , t_{rr}).....	69
7.1.6	Forward recovery time (t_{fr}) and peak forward recovery voltage (V_{FRM})	77
7.2	Measuring methods for thermal characteristics	81
7.2.1	Reference point temperature.....	81
7.2.2	Thermal resistance and transient thermal impedance	81
7.3	Verification test methods for ratings (limiting values)	89
7.3.1	Surge (non-repetitive) forward current.....	89
7.3.2	Non-repetitive peak reverse voltage (V_{RSM})	91
7.3.3	Peak reverse power (repetitive or non-repetitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes	93
7.3.4	Peak case non-rupture current	103
7.4	Endurance test	107
7.4.1	List of endurance tests.....	107
7.4.2	Conditions for endurance tests.....	107
7.4.3	Failure criteria and failure-defining characteristics for acceptance tests ..	109
7.4.4	Failure-defining characteristics and failure criteria for reliability tests	109
7.4.5	Procedure in case of a testing error	109
7.4.6	Thermal cycling load test	113
Annex A (informative)	Calculation of the temperature rise under time varying load	115
Figure 1	– Voltage waveform during forward recovery	23
Figure 2	– Current waveform during reverse recovery	25
Figure 3	– Recovered charge	27
Figure 4	– Reverse voltage ratings	31
Figure 5	– Forward characteristic	31
Figure 6	– Forward current ratings	33
Figure 7	– Maximum peak forward current I_{FRM} as a function of pulse duration t_p Parameter: repetition frequency f_0	39
Figure 7a	– Definition of pulse time t_p and cycle time T	39
Figure 8	– Maximum total energy of one half-sine wave forward current pulse, for various values of current and pulse duration. Parameter: pulse energy in joules	47
Figure 9	– Recovered charge Q_r , peak reverse recovery current I_{RM} , reverse recovery time t_{rr} (idealized characteristics)	47
Figure 10	– Circuit for the measurement of forward voltage (d.c. method)	57
Figure 11	– Circuit for the measurement of forward voltage (oscilloscope method)	57
Figure 12	– Circuit diagram	59
Figure 13	– Circuit for the measurement of average forward voltage	61
Figure 14	– Circuit diagram	61

Figure 15 – Circuit de mesure du courant inverse (méthode en courant continu)	62
Figure 16 – Circuit de mesure du courant inverse (méthode de l'oscilloscope)	64
Figure 17 – Schéma.....	64
Figure 18 – Schéma.....	66
Figure 19 – Schéma.....	68
Figure 20 – Forme d'onde du courant traversant la diode D	70
Figure 21 – Schéma.....	72
Figure 22 – Forme d'onde du courant traversant la diode D	74
Figure 23 – Schéma.....	76
Figure 24 – Formes d'onde du courant et de la tension	78
Figure 25 – Schéma.....	82
Figure 26 – Schéma.....	86
Figure 27 – Schéma.....	88
Figure 28 – Schéma.....	90
Figure 29 – Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde triangulaire)	94
Figure 30 – Forme d'onde du courant inverse	96
Figure 31 – Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde sinusoïdale).....	96
Figure 32 – Forme d'onde du courant inverse.....	98
Figure 33 – Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde rectangulaire).....	98
Figure 34 – Forme d'onde du courant inverse.....	100
Figure 35 – Vérification de P_{RSM} , puissance inverse en fonction de la tension de claquage..	102
Figure 36 – Schéma.....	104
Figure 37 – Forme d'onde du courant inverse i_R traversant le dispositif en essai.....	104
Figure 38 – Circuit d'essai et forme d'onde.....	112
Figure A.1 – Approximation en escalier pour des impulsions non rectangulaires	114
Figure A.2 – Impulsion rectangulaire de durée t_1 produisant la dissipation de puissance P dans le dispositif à semiconducteurs	116
Figure A.3 – Impédance thermique transitoire $Z_{th}(t)$ en fonction du temps.....	116
Figure A.4 – Suite unique de trois impulsions rectangulaires.....	118
Figure A.5 – Suite périodique d'impulsions semblables	120
Figure A.6 – Suite périodique comportant chacune deux impulsions différentes	122
Tableau 1 – Essais de type et individuels minimaux pour les diodes de redressement.....	54
Tableau 2 – Caractéristiques définissant la défaillance pour la réception après les essais d'endurance	108
Tableau 3 – Conditions pour les essais d'endurance.....	110
Tableau A.1 – Equations de calcul de l'augmentation de température virtuelle de jonction pour certaines conditions de charge	126

Figure 15 – Circuit for the measurement of reverse current (d.c. method).....	63
Figure 16 – Circuit for the measurement of reverse current (oscilloscope method)	65
Figure 17 – Circuit diagram	65
Figure 18 – Circuit diagram	67
Figure 19 – Circuit diagram	69
Figure 20 – Current waveform through the diode D.....	71
Figure 21 – Circuit diagram	73
Figure 22 – Current waveform through the diode D.....	75
Figure 23 – Circuit diagram	77
Figure 24 – Current and voltage waveforms	79
Figure 25 – Circuit diagram	83
Figure 26 – Circuit diagram	87
Figure 27 – Circuit diagram	89
Figure 28 – Circuit diagram	91
Figure 29 – Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (triangular waveform reverse current method)	95
Figure 30 – Reverse current waveform	97
Figure 31 – Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (sinusoidal waveform reverse current method)	97
Figure 32 – Reverse current waveform	99
Figure 33 – Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (rectangular waveform reverse current method)	99
Figure 34 – Reverse current waveform	101
Figure 35 – Verification of P_{RSM} reverse power versus breakdown.....	103
Figure 36 – Circuit diagram	105
Figure 37 – Waveform of the reverse current i_R through the device under test.....	105
Figure 38 – Test circuit and test waveform	113
Figure A.1 – Staircase approximation for non-rectangular pulses	115
Figure A.2 – Rectangular pulse of duration t_1 producing the power dissipation P in the semiconductor device.....	117
Figure A.3 – Transient thermal impedance $Z_{th}(t)$ versus time.....	117
Figure A.4 – Single sequence of three rectangular pulses	119
Figure A.5 – Periodic sequence of identical pulses.....	121
Figure A.6 – Periodic sequence of each two different pulses	123
Table 1 – Minimum type and routine tests for rectifier diodes	55
Table 2 – Failure-defining characteristics for acceptance after endurance tests.....	109
Table 3 – Conditions for the endurance tests.....	111
Table A.1 – Equations for calculating the virtual junction temperature rise for some typical load variations.....	127

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS ET CIRCUITS INTÉGRÉS –

Partie 2: Diodes de redressement

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 60747-2 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, son amendement 1 (1992) et son amendement 2 (1993). Cette deuxième édition constitue une révision technique.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 60747-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47E/136/FDIS	47E/143/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 2005. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES AND INTEGRATED CIRCUITS –

Part 2: Rectifier diodes

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 60747-2 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, its amendments 1 (1992) and 2 (1993). This second edition constitutes a technical revision.

This standard has to be read in conjunction with IEC 60747-1.

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

FDIS	Report on voting
47E/136/FDIS	47E/143/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 2005. At this date, the publication will be

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

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS ET CIRCUITS INTÉGRÉS –

Partie 2: Diodes de redressement

Note d'introduction

La présente publication doit être utilisée avec la CEI 60747-1 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.

1 Domaine d'application

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

Diodes de redressement, y compris:

- diodes de redressement à avalanche;
- diodes de redressement à avalanche contrôlée;
- diode de redressement à commutation rapide.

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*
Amendement 3 (1996).

3 Termes et définitions

Conformément aux Directives ISO/CEI pour la rédaction et la présentation des Normes internationales, cette partie de la CEI 60747 contient seulement les définitions nécessaires à la compréhension des termes utilisés et leur signification exacte. D'autres définitions figurent dans la CEI 60747-1 et dans le chapitre 521 du Vocabulaire Electrotechnique International (CEI 60050(521)).

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES AND INTEGRATED CIRCUITS –

Part 2: Rectifier diodes

Introductory note

As a rule, it will be necessary to use IEC 60747-1 together with the present publication. In IEC 60747-1, the user will find all basic information on:

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

1 Scope

The present publication gives standards for the following categories or sub-categories of devices.

Rectifier diodes, including:

- avalanche rectifier diodes;
- controlled-avalanche rectifier diodes;
- fast-switching rectifier diodes.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard 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*
Amendment 3 (1996).

3 Terms and definitions

According to the ISO/IEC Directives for the drafting and presentation of International Standards this part of IEC 60747 contains only those definitions which are necessary for the understanding of the terms used and of their exact meaning. Further definitions may be found in IEC 60747-1 and in Chapter 521 of the International Electrotechnical Vocabulary (IEC 60050(521)).

3.1 Termes généraux

3.1.1

sens direct

sens de circulation d'un courant continu permanent pour lequel une diode à semiconducteurs présente la plus faible résistance

3.1.2

sens inverse

sens de circulation d'un courant continu permanent pour lequel une diode à semiconducteurs présente la plus forte résistance

3.1.3

borne d'anode (d'une diode de redressement à semiconducteurs ou d'un bloc de redressement)

borne vers laquelle le courant direct circule à partir du circuit extérieur

3.1.4

borne de cathode (d'une diode de redressement à semiconducteurs ou d'un bloc de redressement)

borne à partir de laquelle le courant direct circule vers le circuit extérieur

3.1.5

bras d'un bloc de redressement

portion d'un bloc de redressement limitée par deux bornes de circuit qui a la propriété de conduire le courant essentiellement dans un seul sens

NOTE Le bras d'un bloc de redressement peut être formé d'une diode de redressement ou d'un certain nombre de diodes de redressement connectées soit en série, soit en parallèle, soit en groupement série-parallèle pour fonctionner comme une unité; cela signifie qu'un bras de bloc de redressement peut constituer une partie, ou l'ensemble d'un bloc de redressement.

3.2 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: tensions

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

3.2.1

tension directe (V_F)

tension entre les bornes provoquée par la circulation du courant dans le sens direct

3.2.2

tension de seuil (V_{TO})

valeur de la tension directe obtenue au point de rencontre, avec l'axe des tensions, de la droite représentant approximativement la caractéristique directe

3.2.3

tension de recouvrement direct (V_{FR})

tension variable qui se produit pendant le temps de recouvrement direct, après commutation instantanée à partir de zéro ou d'une tension inverse spécifiée jusqu'à un courant direct spécifié

3.2.4

tension inverse continue permanente (V_R)

valeur de la tension constante appliquée à une diode dans le sens inverse

3.1 General terms

3.1.1

forward direction

direction of the flow of continuous (direct) current in which a semiconductor diode has the lower resistance

3.1.2

reverse direction

direction of the flow of continuous (direct) current in which a semiconductor diode has the higher resistance

3.1.3

anode terminal (of a semiconductor rectifier diode or rectifier stack)

terminal to which forward current flows from the external circuit

3.1.4

cathode terminal (of a semiconductor rectifier diode or rectifier stack)

terminal from which forward current flows to the external circuit

3.1.5

rectifier stack arm

that portion of a rectifier stack bounded by two circuit terminals which has the characteristic of conducting current substantially in one direction only

NOTE A rectifier stack arm may consist of one rectifier diode or of a number of rectifier diodes connected in either a series, a parallel or a series-parallel arrangement, to operate as a unit. This means that a rectifier stack arm may be the part or the whole of a rectifier stack.

3.2 Terms related to ratings and characteristics: voltages

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

3.2.1

forward voltage (V_F)

voltage across the terminals which results from the flow of current in the forward direction

3.2.2

threshold voltage ($V_{(TO)}$)

value of the forward voltage obtained at the intersection of the straight line approximation of the forward characteristic with the voltage axis

3.2.3

forward recovery voltage (V_{FR})

varying voltage occurring during the forward recovery time after instantaneous switching from zero or a specified reverse voltage to a specified forward current

3.2.4

continuous (direct) reverse voltage (V_R)

value of the constant voltage applied to a diode in the reverse direction

3.2.5

tension inverse de crête (V_{RWM})

valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse, excluant toutes les tensions transitoires répétitives et non répétitives

3.2.6

tension inverse de pointe répétitive (V_{RRM})

valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse incluant toutes les tensions transitoires répétitives, mais excluant toutes les tensions transitoires non répétitives

3.2.7

tension inverse de pointe non répétitive (V_{RSM})

valeur instantanée la plus élevée d'une quelconque tension inverse transitoire non répétitive

NOTE 1 On préférera la formule «tension inverse de pointe non répétitive».

NOTE 2 La 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 transitoire suivante n'arrive.

3.2.8

tension de claquage (V_{BR})

tension dans la région où se produit le claquage

3.3 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: courants

3.3.1

courant direct (I_F)

courant parcourant la diode dans le sens correspondant à la plus faible résistance

3.3.2

courant direct moyen (I_{FAV})

valeur du courant direct calculée sur la période complète

3.3.3

courant direct efficace (I_{FRMS})

valeur efficace du courant direct calculée sur un cycle complet de la fréquence de fonctionnement

3.3.4

courant direct de pointe répétitif (I_{FRM})

valeur de pointe du courant direct incluant tous les courants transitoires répétitifs

3.3.5

courant direct de surcharge prévisible ($I_{(OV)}$)

courant direct ayant sensiblement la même forme d'onde que le courant direct normal spécifié, mais de valeur supérieure, dont l'application permanente causerait un dépassement de la valeur limite maximale de la température virtuelle de jonction, mais qui est limité dans le temps à une valeur telle 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 à des tensions de fonctionnement normales.

3.2.5**crest (peak) working reverse voltage (V_{RWM})**

highest instantaneous value of the reverse voltage, excluding all repetitive and non-repetitive transient voltages

3.2.6**repetitive peak reverse voltage (V_{RRM})**

highest instantaneous value of the reverse voltage, including all repetitive transient voltages, but excluding all non-repetitive transient voltages

3.2.7**non-repetitive peak reverse voltage; peak transient reverse voltage (V_{RSM})**

highest instantaneous value of any non-repetitive transient reverse voltage

NOTE 1 Preference should be given to the term "non-repetitive peak reverse voltage".

NOTE 2 The 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.

3.2.8**breakdown voltage (V_{BR})**

voltage in the region where breakdown occurs.

3.3 Terms related to ratings and characteristics: currents**3.3.1****forward current (I_F)**

current flowing through the diode in the direction of lower resistance

3.3.2**mean forward current (I_{FAV})**

value of the forward current averaged over the full cycle

3.3.3**r.m.s. forward current (I_{FRMS})**

r.m.s value of the forward current over one complete cycle of the operating frequency

3.3.4**repetitive peak forward current (I_{FRM})**

peak value of the forward current including all repetitive transient currents

3.3.5**overload forward current (I_{FOV})**

forward current of substantially the same waveshape as the specified normal forward current, but having a greater value, such that its continuous application would cause the rated maximum virtual junction temperature to be exceeded, but that is limited in duration to such an extent that this temperature is not exceeded

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

3.3.6

courant direct de surcharge accidentelle (I_{FSM})

impulsion de courant direct de courte durée et de forme d'onde spécifiée, dont l'application provoque ou peut provoquer un dépassement de la valeur limite maximale de la température de jonction, mais que l'on suppose ne se produire que rarement, un nombre limité de fois durant la vie du dispositif, et être la conséquence de conditions inhabituelles dans le circuit (par exemple un défaut)

3.3.7

courant inverse (I_R)

courant conducteur total parcourant la diode quand une tension inverse spécifiée est appliquée

3.3.8

courant inverse résistif (i_{rr})

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

3.3.9

courant de recouvrement inverse (i_{RR})

partie du courant inverse qui existe pendant le temps de recouvrement inverse

3.3.10

valeur de I^2t

intégrale du carré du courant direct de surcharge accidentelle pendant la durée de la surcharge de courant

3.3.11

courant de pointe pour non-rupture du boîtier (I_{RSMC})

valeur de pointe du courant que l'on ne doit pas dépasser afin d'éviter l'explosion du boîtier ou l'émission d'un jet de plasma, dans des conditions spécifiées de courant, de forme d'onde et de temps

NOTE Cette définition implique qu'une fine craquelure puisse exister dans le boîtier pour un dispositif soumis au courant de pointe pour non-rupture de boîtier, pourvu qu'aucun jet de plasma n'ait été émis. Aucune partie du boîtier ne doit se détacher et le dispositif ne doit ni fondre extérieurement ni s'embraser.

3.3.12

I^2_{RCT} de non-rupture du boîtier (I^2_{RCT})

valeur de I^2_{RCT} que l'on ne doit pas dépasser afin d'éviter l'explosion du boîtier ou l'émission d'un jet de plasma, dans des conditions spécifiées de courant, de forme d'onde et de temps, indiquées comme suit:

$$I^2_{RCT} = \int_0^{t_w} i^2 dt$$

où

t_w est la durée de l'impulsion de courant

NOTE Cette définition implique qu'une fine craquelure puisse exister dans le boîtier pour un dispositif soumis au I^2_{RCT} de non-rupture de boîtier, pourvu qu'aucun jet de plasma n'ait été émis. Aucune partie du boîtier ne doit se détacher et le dispositif ne doit ni fondre extérieurement ni s'embraser.

3.3.6**surge forward current (I_{FSM})**

forward current pulse of short time duration and specified waveshape, whose application causes or would cause the maximum rated junction 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 (for example a fault)

3.3.7**reverse current (I_R)**

total conductive current flowing through the diode when specified reverse voltage is applied

3.3.8**resistive reverse current (i_{rr})**

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

3.3.9**reverse recovery current (i_{RR})**

that part of the reverse current which occurs during the reverse recovery time

3.3.10 **I^2t value**

integral of the square of a surge forward current over the duration of the current surge

3.3.11**peak case non-rupture current (I_{RSMC})**

peak value of reverse current that should not be exceeded in order to avoid bursting of the case or the emission of a plasma beam under specified conditions of current, waveshape and time

NOTE This definition implies that a fine crack in the case might be found in a device subjected to the peak case non-rupture current, provided that no plasma beam was emitted. Parts of the case shall not break away, nor shall the device melt externally or burst into flames.

3.3.12**case non-rupture I_{RC}^2t**

value of I_{RC}^2t that should not be exceeded in order to avoid bursting of the case or the emission of a plasma beam, under specified conditions of current, waveshape and time, and given as follows:

$$I_{RC}^2t = \int_0^{t_w} i^2 dt$$

where

t_w is the reverse current pulse duration

NOTE This definition implies that a fine crack in the case might be found in a device subjected to the case non-rupture I_{RC}^2t provided that no plasma was emitted. Parts of the case shall not break away, nor shall the device melt externally or burst into flames.

3.4 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: dissipations de puissance

3.4.1

dissipation totale de puissance (P_{tot})

somme des dissipations dues aux courants direct et inverse

3.4.2

dissipation de puissance directe (P_F)

dissipation de puissance due au passage du courant direct

3.4.3

dissipation de puissance directe moyenne ($P_{F\text{AV}}$)

valeur moyenne du produit de la tension directe instantanée et du courant direct instantané calculée sur une période complète

3.4.4

dissipation de puissance inverse (P_R)

dissipation de puissance due au passage du courant inverse

3.4.5

puissance de surcharge accidentelle dissipée en inverse (P_{RSM}) (des diodes de redressement à avalanche et des diodes de redressement à avalanche contrôlée)

puissance qui est dissipée dans la diode, résultant de surcharges accidentelles, dans le fonctionnement dans le sens inverse

3.4.6

dissipation à l'établissement du courant (P_{Fon})

puissance dissipée dans la diode lors du passage de la tension inverse au courant direct, lorsque la diode est commutée d'une tension inverse à un courant direct

3.4.7

dissipation à la coupure du courant (P_{RR})

puissance dissipée dans la diode lors du passage du courant direct à la tension inverse, lorsque la diode est commutée d'un courant direct à une tension inverse

3.5 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques: autres caractéristiques

3.5.1

droite représentant approximativement la caractéristique directe

approximation de la caractéristique directe de la tension en fonction du courant à l'aide d'une droite qui coupe cette caractéristique en deux points spécifiés (voir figure 5)

3.5.2

résistance apparente directe (r_T)

valeur de la résistance qui correspond à la pente de la droite représentant approximativement la caractéristique directe (voir figure 5)

3.4 Terms related to ratings and characteristics: power dissipations

3.4.1

total power dissipation (P_{tot})

sum of the dissipations due to currents in the forward and reverse directions

3.4.2

forward power dissipation (P_F)

power dissipation due to the flow of forward current

3.4.3

mean forward power dissipation (P_{FAV})

mean value of the product of the instantaneous forward voltage and the instantaneous forward current averaged over a full cycle

3.4.4

reverse power dissipation (P_R)

power dissipation resulting from the flow of reverse current

3.4.5

surge reverse power dissipation (of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes) (P_{RSM})

power which is dissipated within the diode resulting from surges occurring when it is operating in the reverse direction

3.4.6

turn-on dissipation (P_{Fon})

power dissipated within the diode during the change between reverse voltage and forward current when the diode is switched from a reverse voltage to a forward current

3.4.7

turn-off dissipation (P_{RR})

power dissipated within the diode during the change between forward current and reverse voltage when the diode is switched from a forward current to a reverse voltage

3.5 Terms related to ratings and characteristics: other characteristics

3.5.1

straight line approximation of the forward characteristic

approximation of the voltage versus current forward characteristic by means of a straight line which crosses this characteristic at two specified points (see figure 5)

3.5.2

forward slope resistance (r_T)

value of the resistance calculated from the slope of the straight line approximation of the forward characteristic (see figure 5)

3.5.3

temps de recouvrement direct (t_{fr})

intervalle de temps entre l'instant où la tension directe croît en passant par une première valeur spécifiée et celui où elle décroît de sa valeur de pointe V_{FRM} à une seconde valeur spécifiée proche de la valeur stable finale de la tension directe (comme indiqué à la figure 1a), ou celui où elle atteint par extrapolation la valeur zéro (comme indiqué à la figure 1b), après application d'un échelon spécifié de courant direct, à partir d'une tension nulle ou d'une autre tension inverse spécifiée.

NOTE 1 Méthode I: Les première et seconde valeurs spécifiées indiquées dans la définition sont fixées généralement à 10 % et 110 % respectivement de la valeur stable finale de la tension directe (V_F^* sur les figures 1a et 1b).

NOTE 2 Méthode II: L'extrapolation est effectuée en traçant une droite passant par deux points A et B spécifiés, comme il est indiqué sur la figure 1b où les valeurs de A et B sont généralement 90 % et 50 % respectivement, de V_{FRM} .

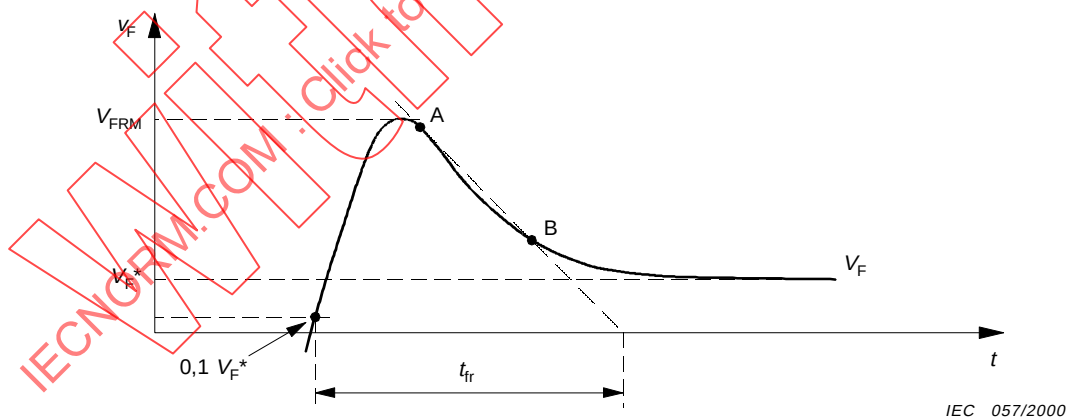
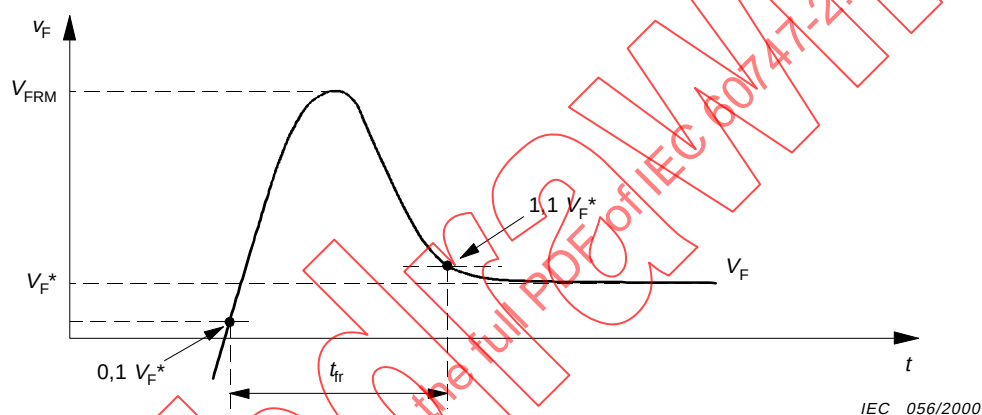


Figure 1 – Forme d'onde de la tension pendant le recouvrement direct

3.5.3

forward recovery time (t_{fr})

time interval between the instant when the forward voltage rises through a specified first value and the instant when it falls from its peak value V_{FRM} to a specified second value close to the final stable value of forward voltage (as shown in figure 1a), or when the extrapolated forward voltage reaches zero (as shown in figure 1b), upon the application of a specified step of forward current following a zero-voltage or other specified reverse-voltage condition

NOTE 1 Specification method I: The specified first and second values referred to in the definition are usually 10 % and 110 %, respectively, of the final stable value (V_F^* in figures 1a and b).

NOTE 2 Specification method II: The extrapolation is carried out with respect to specified points A and B where A and B are usually 90 % and 50 % of V_{FRM} as shown in generalized form in figure 1b.

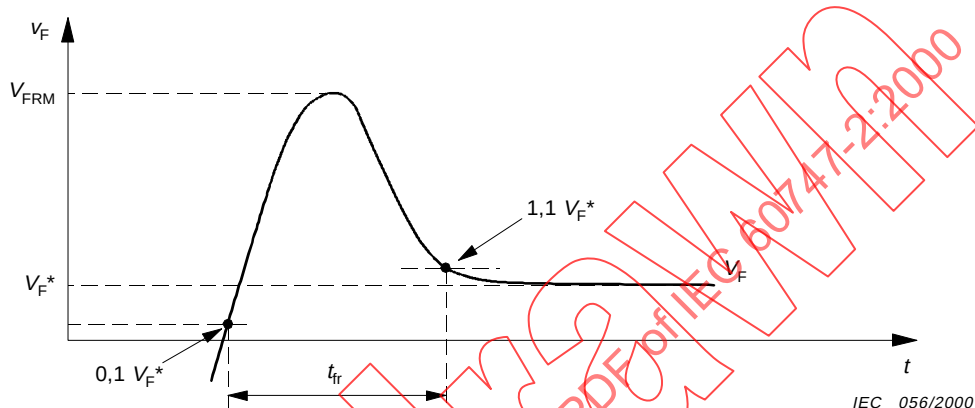


Figure 1a – Specification method I

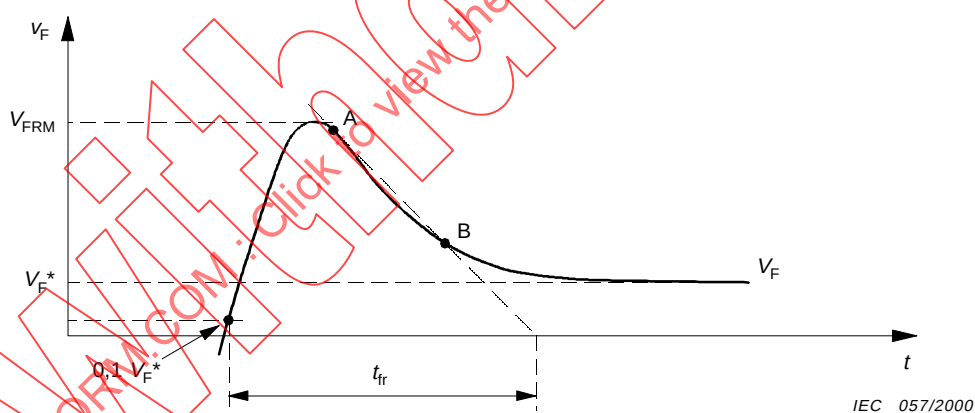


Figure 1b – Specification method II

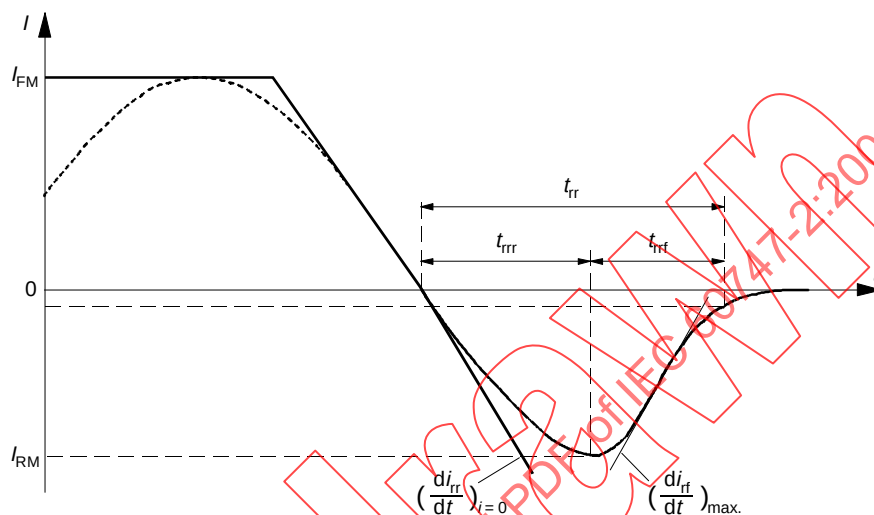
Figure 1 – Voltage waveform during forward recovery

3.5.4

temps de recouvrement inverse (t_{rr})

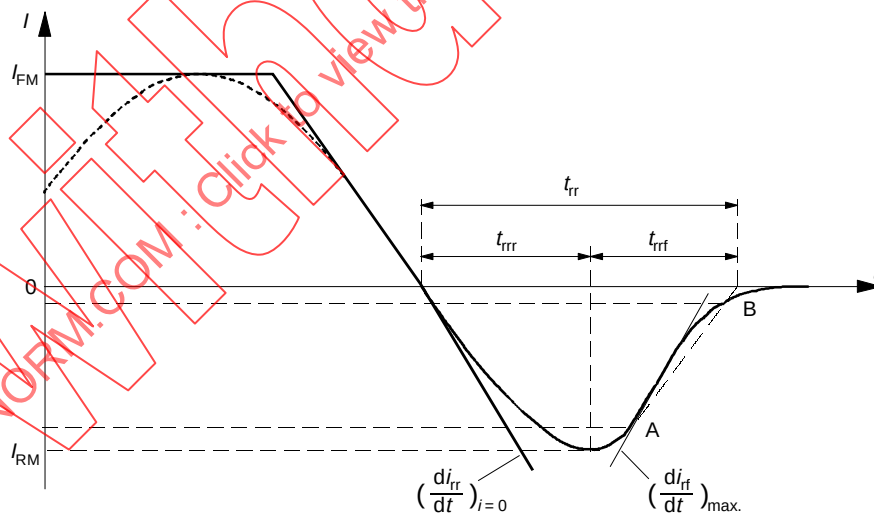
intervalle de temps compris entre l'instant où le courant passe par la valeur zéro, au cours du passage du sens direct au sens inverse, et l'instant où le courant inverse, après avoir atteint la valeur de pointe I_{RM} , est réduit à une faible valeur spécifiée (comme indiqué à la figure 2a) ou atteint par extrapolation la valeur zéro (comme indiqué à la figure 2b)

NOTE L'extrapolation est effectuée en traçant une droite passant par deux points A et B spécifiés, comme indiqué à la figure 2b. Bien que le point A soit souvent spécifié à 90 % de I_{RM} , il peut être spécifié à I_{RM} .



IEC 058/2000

Figure 2a – Spécification utilisant une faible valeur de I_{rr}



IEC 059/2000

Figure 2b – Spécification utilisant les points «A» et «B»

Figure 2 – Forme d'onde du courant pendant le recouvrement inverse

3.5.5

charge recouvrée (Q_r)

charge totale recouvrée dans la diode pendant un temps d'intégration spécifié après commutation d'une condition de courant direct spécifiée à une condition inverse spécifiée:

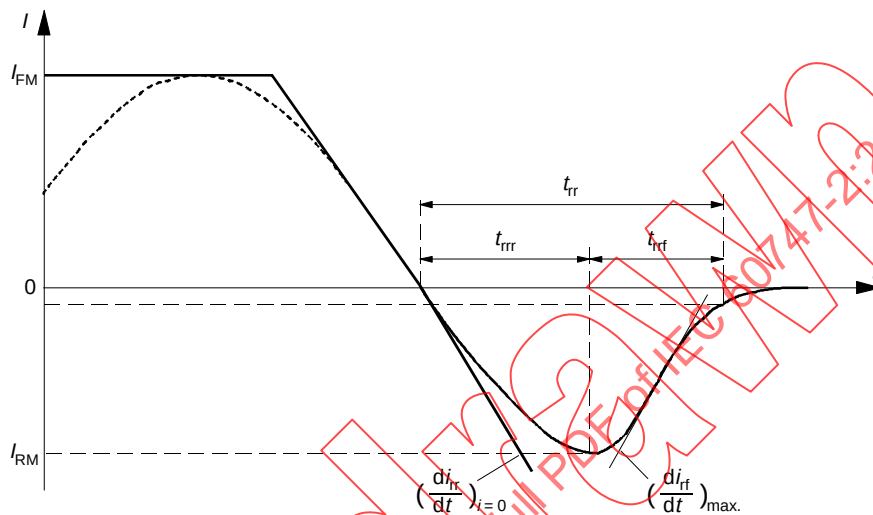
$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_i} i_R \cdot dt$$

3.5.4

reverse recovery time (t_{rr})

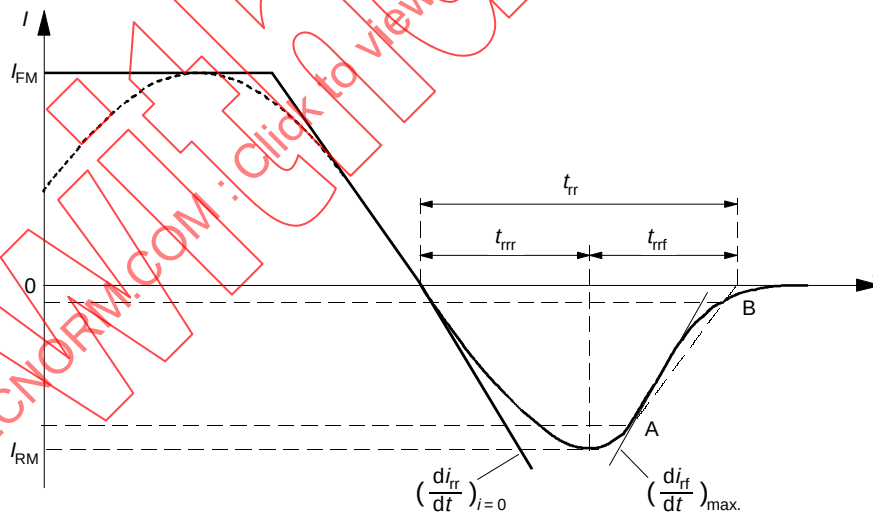
time interval between the instant when the current passes through zero, when changing from the forward direction to the reverse direction, and the instant when the reverse current is reduced from its peak value I_{RM} to a specified low value (as shown in figure 2a) or when the extrapolated reverse current reaches zero (as shown in figure 2b)

NOTE The extrapolation is carried out with respect to specified points A and B, as shown in generalised form in figure 2b. Although point A is often specified at 90 % of I_{RM} , it may be specified at I_{RM} .



IEC 058/2000

Figure 2a – Specification using low value of I_{rr}



IEC 059/2000

Figure 2b – Specifications using points "A" and "B"

Figure 2 – Current waveform during reverse recovery

3.5.5

recovered charge (Q_r)

total charge recovered from the diode during a specified integration time after switching from a specified forward current condition to a specified reverse condition:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_i} i_R \cdot dt$$

où

t_0 est l'instant où le courant passe par la valeur zéro;

t_i est le temps d'intégration spécifié (voir figure 3).

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

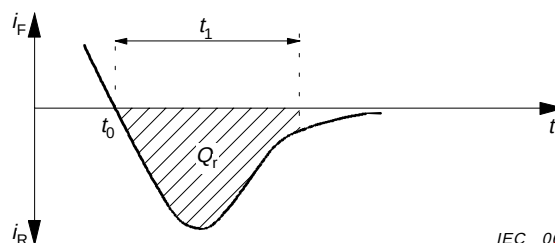


Figure 3 – Charge recouvrée

3.5.6

temps de croissance du courant de recouvrement inverse (t_{rrr} , t_a)

intervalle de temps entre le début du temps de recouvrement inverse et l'instant où le courant de recouvrement inverse atteint sa valeur de pointe, après commutation instantanée d'un courant direct spécifié à une tension inverse spécifiée

NOTE Le symbole littéral t_a est quelquefois utilisé.

3.5.7

temps de décroissance du courant de recouvrement inverse (t_{rrf} , t_b)

intervalle de temps entre l'instant où le courant de recouvrement inverse atteint sa valeur de pointe et la fin du temps de recouvrement inverse, après commutation instantanée d'un courant direct spécifié à une tension inverse spécifiée

NOTE Le symbole littéral t_b est quelquefois utilisé.

3.5.8

charge pendant le temps de croissance (Q_{RRR})

partie de la charge recouvrée qui est recouvrée par la diode pendant le temps de croissance du courant de recouvrement inverse

3.5.9

charge pendant le temps de décroissance (Q_{RRF})

partie de la charge recouvrée qui est recouvrée par la diode pendant le temps de décroissance du courant de recouvrement inverse

NOTE Les intervalles de temps t_{rrr} (3.5.6) et t_{rrf} (3.5.7) sont définis tels que leur somme est égale au temps d de recouvrement inverse t_{rr} tandis que la charge recouvrée Q_r (3.5.5) est définie pour un temps d'intégration t_i . Comme conséquence, la somme des charges partielles Q_{RRR} (3.5.8) et Q_{RRF} (3.5.9) est différente de Q_r , si le temps t_{rr} n'est pas égal au temps t_i .

3.5.10

facteur de douceur (de recouvrement inverse) (F_{RRS})

valeur absolue du rapport de la vitesse de croissance du courant de recouvrement inverse au passage à zéro et de la vitesse maximale de décroissance du courant de recouvrement inverse. Voir figures 2a et 2b.

$$F_{RRS} = \frac{(di_{rr} / dt)_{i=0}}{(di_{rf} / dt)_{\max}}$$

where

t_0 is the instant when the current passes through zero;

t_i is the specified integration time (see figure 3).

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

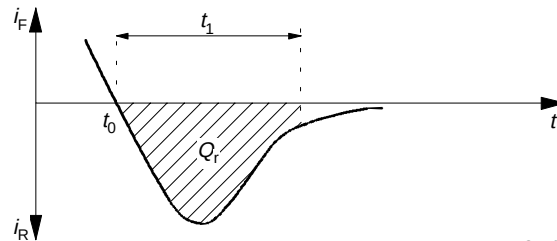


Figure 3 – Recovered charge

3.5.6

reverse recovery current rise time (t_{rrr} , t_a)

time interval between the beginning of the reverse recovery time and the instant when the reverse recovery current reaches its peak value after instantaneous switching from a specified forward current to a specified reverse voltage

NOTE The letter symbol t_a is sometimes used.

3.5.7

reverse recovery current fall time (t_{rrf} , t_b)

time interval between the instant when the reverse recovery current reaches its peak value and the end of reverse recovery time after instantaneous switching from a specified forward current to a specified reverse voltage

NOTE The letter symbol t_b is sometimes used.

3.5.8

rise time charge (Q_{RRR})

part of the recovered charge that is recovered from the diode during the reverse recovery current rise time

3.5.9

fall time charge (Q_{RRF})

that part of the recovered charge that is recovered from the diode during the reverse recovery current fall time

NOTE The time intervals t_{rrr} (3.5.6) and t_{rrf} (3.5.7) are defined so that their sum equals the reverse recovery time t_{rr} , whereas the recovered charge Q_r (3.5.5) is defined for an integration time t_i . As a consequence, the sum of the partial charges Q_{RRR} (3.5.8) and Q_{RRF} (3.5.9) will differ from Q_r unless t_{rr} equals t_i .

3.5.10

(reverse recovery) softness factor (F_{RRS})

absolute value of the ratio of the rate of rise of the reverse recovery current when passing through zero to the maximum rate of fall of the recovery current. See figures 2a and 2b.

$$F_{RRS} = \frac{(di_{rr} / dt)_{i=0}}{(di_{rf} / dt)_{\max}}$$

4 Symboles littéraux

4.1 Généralités

Les règles générales de la CEI 60747-1, chapitre V, sont applicables en partie.

4.2 Indices généraux supplémentaires

En supplément à la liste des indices généraux donnés dans la CEI 60747-1, chapitre V, les indices spéciaux suivants sont recommandés pour le domaine des diodes de redressement:

4.2.1 Pour les courants, les tensions et les puissances

(Voir aussi 2.2.1 de la CEI 60747-1, chapitre V):

A, a = anode

K, k = cathode

(TO) = seuil

4.2.2 Pour les paramètres électriques

(Voir aussi 2.2.2 de la CEI 60747-1, chapitre V):

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 diodes de redressement; ils ont été établis en accord avec les règles générales.

4 Letter symbols

4.1 General

The general rules of IEC 60747-1, Chapter V, are applicable in part.

4.2 Additional general subscripts

In addition to the lists of recommended general subscripts given in IEC 60747-1, Chapter V, the following special subscripts are recommended for the field of rectifier diodes:

4.2.1 For currents, voltages and powers

(See also 2.2.1 of IEC 60747-1, Chapter V):

A, a = anode

K, k = cathode

(TO) = threshold

4.2.2 For electrical parameters

(See also 2.2.2 of IEC 60747-1, Chapter V):

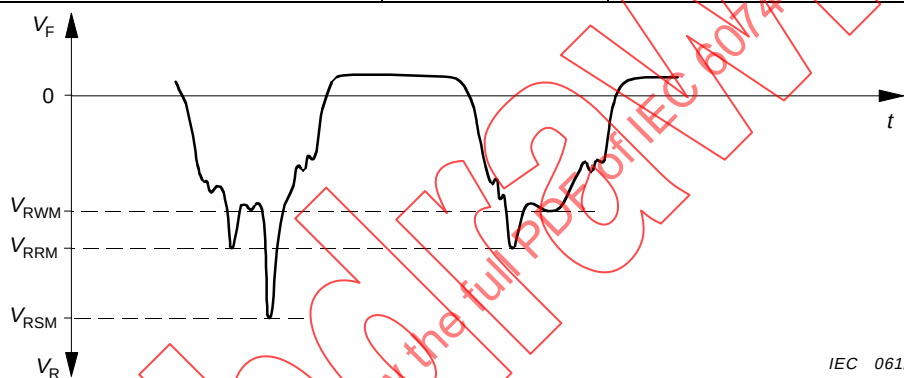
T = slope

4.3 List of letter symbols

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

4.3.1 Tensions

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Tension directe continue	V_F	
Tension directe de crête	V_{FM}	
Tension directe moyenne (avec I_O spécifié)	$V_{F(AV)}$	
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 de claquage	$V_{(BR)}$	
Tension de recouvrement direct	V_{FR}	
Valeur de pointe de la tension de recouvrement direct	V_{FRM}	



IEC 061/2000

Figure 4 – Valeurs limites de la tension inverse

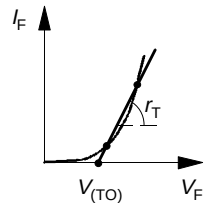
Nom et désignation	Symbole littéral	Remarques
Résistance apparente en direct Tension de seuil	r_T $V_{(TO)}$	 IEC 062/2000

Figure 5 – Caractéristique directe

4.3.1 Voltages

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Continuous (direct) forward voltage	V_F	
Crest (peak) forward voltage	V_{FM}	
Average forward voltage (with I_O specified)	$V_{F(AV)}$	
Continuous (direct) reverse voltage	V_R	
Crest (peak) working reverse voltage	V_{RWM}	
Repetitive peak reverse voltage (maximum recurrent reverse voltage)	V_{RRM}	
Non-repetitive peak reverse voltage (peak transient reverse voltage)	V_{RSM}	
Breakdown voltage	$V_{(BR)}$	
Forward recovery voltage	V_{FR}	
Peak value of forward recovery voltage	V_{FRM}	

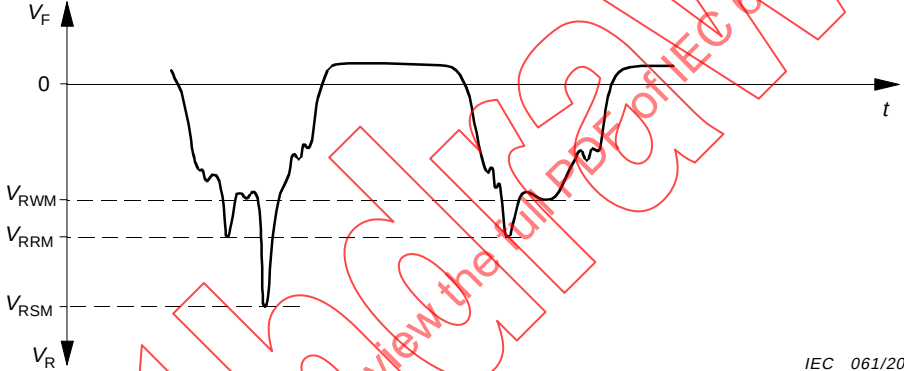


Figure 4 shows a graph of reverse voltage V_R versus time t . The vertical axis is labeled V_F at the top, 0 in the middle, and V_R at the bottom. The horizontal axis is labeled t . The graph shows a series of pulses. The peak of the first pulse is labeled V_{RWM} . The peak of the second pulse is labeled V_{RRM} . The peak of the third pulse is labeled V_{RSM} . The graph is labeled IEC 061/2000.

Figure 4 – Reverse voltage ratings

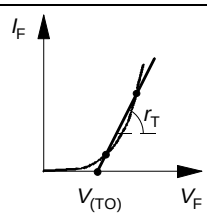
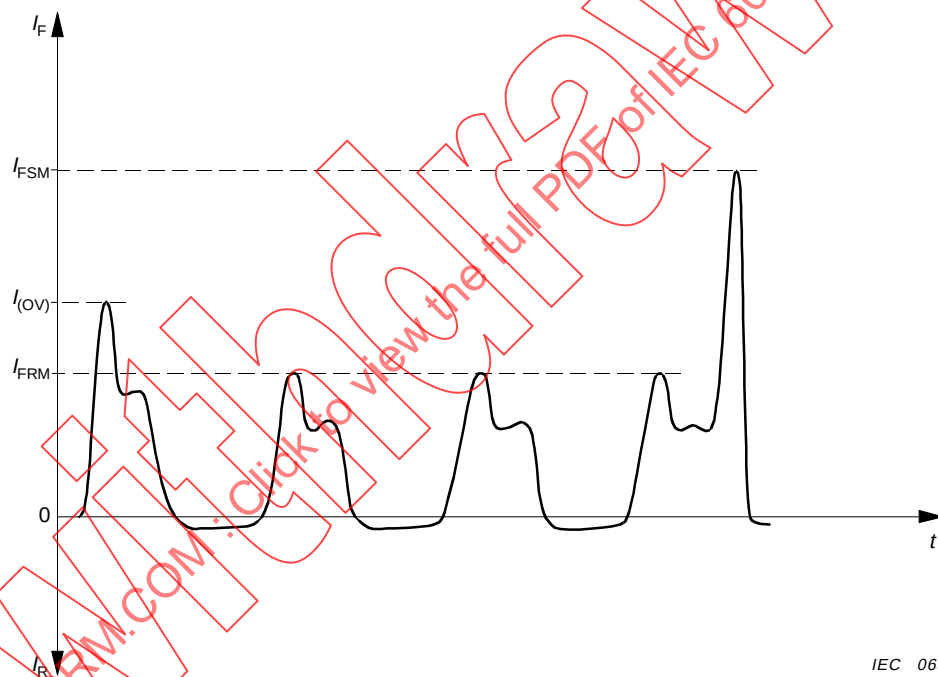
Name and designation	Letter symbol	Remarks
Forward slope resistance	r_T	 Figure 5 shows a graph of forward current I_F versus forward voltage V_F. The vertical axis is labeled I_F and the horizontal axis is labeled V_F. The graph shows a curve that starts at the origin and rises steeply. A point on the curve is labeled $V_{(TO)}$. A tangent line is drawn at this point, and its slope is labeled r_T. The graph is labeled IEC 062/2000.
Threshold voltage	$V_{(TO)}$	

Figure 5 – Forward characteristic

4.3.2 Courants

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Courant direct continu	I_F	
Courant direct moyen	I_{FAV}	
Courant direct de pointe répétitif	I_{FRM}	
Courant direct efficace	I_{FRMS}	
Courant direct de surcharge prévisible	$I_{(OV)}$	
Courant direct de surcharge accidentelle	I_{FSM}	
Courant inverse continu	I_R	
Courant maximal de recouvrement inverse	I_{RM}	
Courant de recouvrement inverse	i_{RR}	
Courant de pointe pour non-rupture de boîtier	I_{RSMC}	

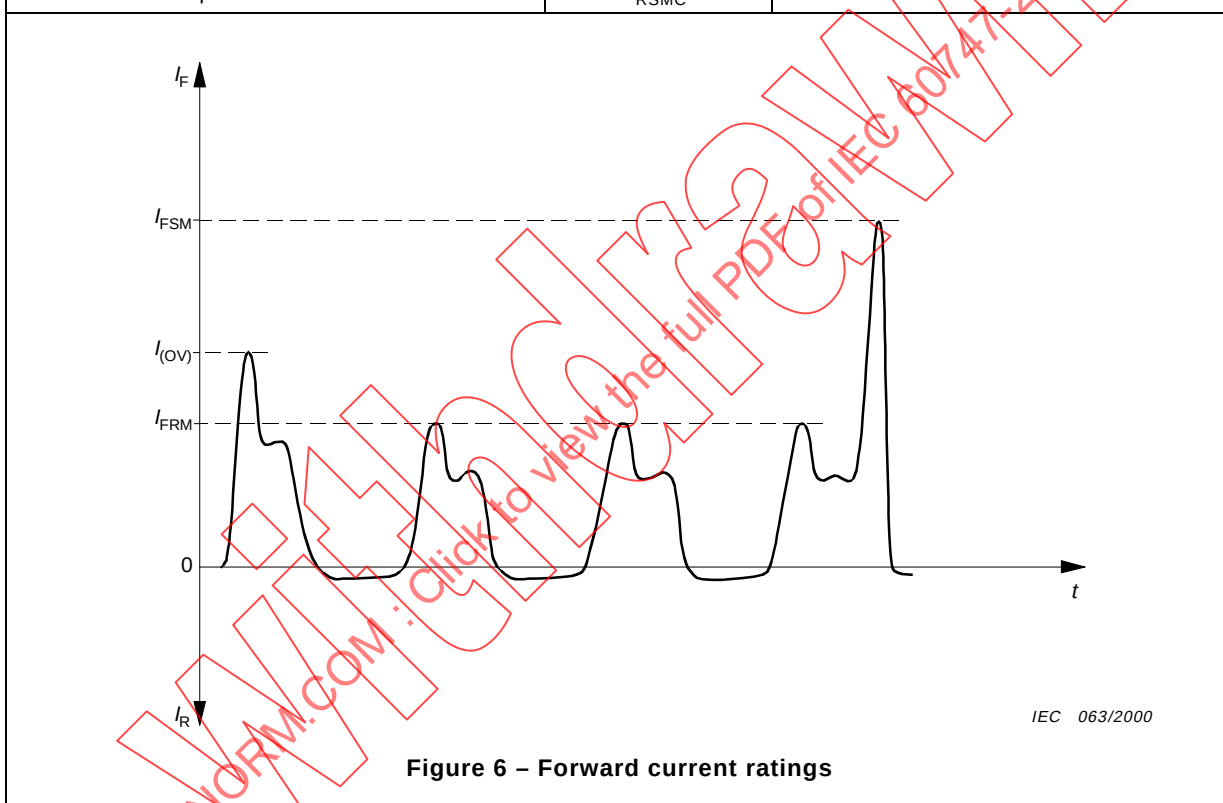


IEC 063/2000

Figure 6 – Valeurs limites du courant direct

4.3.2 Currents

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Continuous (direct) forward current	I_F	
Mean forward current	I_{FAV}	
Repetitive peak forward current	I_{FRM}	
r.m.s forward current	I_{FRMS}	
Overload forward current	$I_{(OV)}$	
Surge (non-repetitive) forward current	I_{FSM}	
Continuous (direct) reverse current	I_R	
Peak reverse recovery current	I_{RM}	
Reverse recovery current	i_{RR}	
Peak case non-rupture current	I_{RSMC}	



4.3.3 Puissances

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Dissipation de puissance en direct	P_F	
Dissipation de puissance en inverse	P_R	
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	$P_{FT(AV)}$ P_{FT} P_{FTM}	
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	$P_{RQ(AV)}$ P_{RQ} P_{RQM}	

4.3.4 Commutation

Nom et désignation	Symbole littéral	Observations
Temps de recouvrement direct	t_{fr}	
Temps de recouvrement inverse	t_{ri}	
Temps de croissance du courant de recouvrement inverse	t_{rr}, t_a	
Temps de décroissance du courant de recouvrement inverse	t_{rr}, t_b	
Charge recouvrée	Q_r, Q_{RR}	
Charge pendant le temps de croissance	Q_{RRR}	
Charge pendant le temps de décroissance	Q_{RRF}	
Facteur de douceur (de recouvrement inverse)	F_{RRS}	

5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles

5.1 Généralités

5.1.1 Gamme d'application

Cet article donne des normes pour les diodes de redressement, y compris:

- les diodes de redressement à avalanche;
- les diodes de redressement à avalanche contrôlée;
- les diodes à commutation rapide.

5.1.2 Méthodes de spécification

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

5.1.3 Températures recommandées

Plusieurs des valeurs limites et des caractéristiques doivent être indiquées à une température de 25 °C et à une autre température spécifiée.

4.3.3 Powers

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Forward power dissipation	P_F	
Reverse power dissipation	P_R	
Turn-on dissipation: – average turn-on dissipation – total instantaneous turn-on dissipation – peak turn-on dissipation	$P_{FT(AV)}$ P_{FT} P_{FTM}	
Turn-off dissipation: – average turn-off dissipation – total instantaneous turn-off dissipation – peak turn-off dissipation	$P_{RQ(AV)}$ P_{RQ} P_{RQM}	

4.3.4 Switching

Name and designation	Letter symbol	Remarks
Forward recovery time	t_{fr}	
Reverse recovery time	t_{rr}	
Reverse recovery current rise time	t_{rrr}, t_a	
Reverse recovery current fall time	t_{rrf}, t_b	
Recovered charge	Q_r, Q_{RR}	
Rise time charge	Q_{RRR}	
Fall time charge	Q_{RRF}	
(Reverse recovery) softness factor	F_{RRS}	

5 Essential ratings and characteristics

5.1 General

5.1.1 Range of application

This clause gives standards for rectifier diodes including:

- avalanche rectifier diodes;
- controlled-avalanche rectifier diodes;
- fast-switching rectifier diodes.

5.1.2 Rating methods

Rectifier diodes should be specified as ambient-rated or as case-rated devices.

5.1.3 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.

Sauf indication contraire, cette autre température spécifiée doit être choisie par le fabricant dans la liste donnée par la CEI 60747-1; de plus, les températures de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ et de $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ peuvent être utilisées.

5.2 Conditions pour les valeurs limites

Les valeurs limites données en 5.3 doivent être indiquées pour une ou plusieurs des conditions thermiques suivantes:

5.2.1 Diodes de redressement à température ambiante spécifiée

5.2.1.1 Convection libre

A $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et à une température plus élevée (voir 5.1.3). 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 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

5.2.1.2 Circulation forcée

A une température choisie dans la liste des températures recommandées (voir 5.1.3). Le type, la pression et le débit du fluide de refroidissement doivent être spécifiés.

5.2.2 Diodes de redressement à température de boîtier spécifiée

A une température du point de référence choisie dans la liste des températures recommandées (voir 5.1.3).

NOTE La température du point de référence est normalement la température du boîtier. Pour les petites diodes de redressement, la température d'une des bornes peut être spécifiée.

5.3 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.

5.3.1 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 ms; 8,3 ms; 1 ms et 0,1 ms.

5.3.2 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 ms; 8,3 ms; 1 ms et 0,1 ms.

5.3.3 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 Hz ou 60 Hz (durée: 10 ms ou 8,3 ms).

Unless otherwise stated, the one other specified temperature should be chosen by the manufacturer from the list in IEC 60747-1; in addition, temperatures of $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ may be used.

5.2 Rating conditions

The ratings given in 5.3 should be stated under one or more of the following thermal conditions:

5.2.1 Ambient-rated rectifier diodes

5.2.1.1 Natural convection

At $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and at one higher temperature (see 5.1.3). 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 1 000 m above sea level.

5.2.1.2 Forced circulation

At a temperature taken from the list of recommended temperatures (see 5.1.3). The type, pressure and flow of the cooling fluid should be specified.

5.2.2 Case-rated rectifier diodes

At a reference-point temperature taken from the list of recommended temperatures (see 5.1.3).

NOTE The reference-point temperature is normally the case temperature. For small rectifier diodes, the temperature on one of the terminals may be specified.

5.3 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.

5.3.1 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 ms; 8,3 ms; 1 ms and 0,1 ms.

5.3.2 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 ms; 8,3 ms; 1 ms and 0,1 ms.

5.3.3 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 Hz or 60 Hz (duration: 10 ms or 8,3 ms).

5.3.4 Tension inverse continue (V_R) (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

5.3.5 Courant direct moyen (I_{FAV})

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

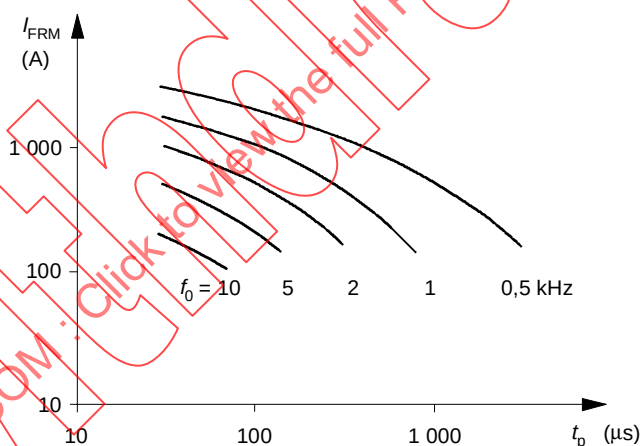
NOTE La valeur limite du courant direct moyen est indiquée en supposant qu'aucune surcharge ne se produit.

5.3.6 Courant direct de pointe répétitif (I_{FRM}) (s'il y a lieu), (spécialement pour les diodes à commutation rapide)

Courbes montrant les valeurs maximales de courant direct (de pointe répétitive) en fonction de la durée de l'impulsion de courant en forme de demi-onde sinusoïdale avec la fréquence de répétition comme paramètre, dans les conditions spécifiées suivantes:

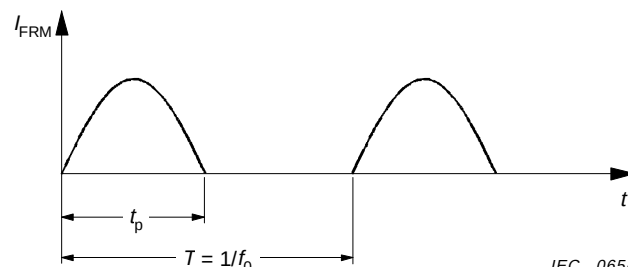
- température d'un point de référence;
- tension inverse;
- réseau d'amortissement RC, s'il y a lieu.

La figure 7 est donnée à titre d'exemple et la figure 7a est donnée pour explications.



IEC 064/2000

Figure 7 – Courant direct de pointe maximal I_{FRM} en fonction de la durée de l'impulsion t_p
Paramètre: fréquence de répétition f_0



IEC 065/2000

Figure 7a – Définition du temps d'impulsion t_p et du temps de cycle T

5.3.4 Continuous (direct) reverse voltage (V_R) (where appropriate)

Maximum value.

5.3.5 Mean forward current (I_{FAV})

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

NOTE The rated mean forward current is given on the assumption that no overload occurs.

5.3.6 Repetitive peak forward current (I_{FRM}) (where appropriate), (especially for fast-switching diodes)

Curves showing the maximum (repetitive peak) forward current values as a function of the half-sine wave current duration, with the repetition frequency as a parameter, under the following specified conditions:

- reference-point temperature;
- reverse voltage;
- RC damping network (snubber), where appropriate.

Figure 7 is given as an example and figure 7a is given for explanatory purposes.

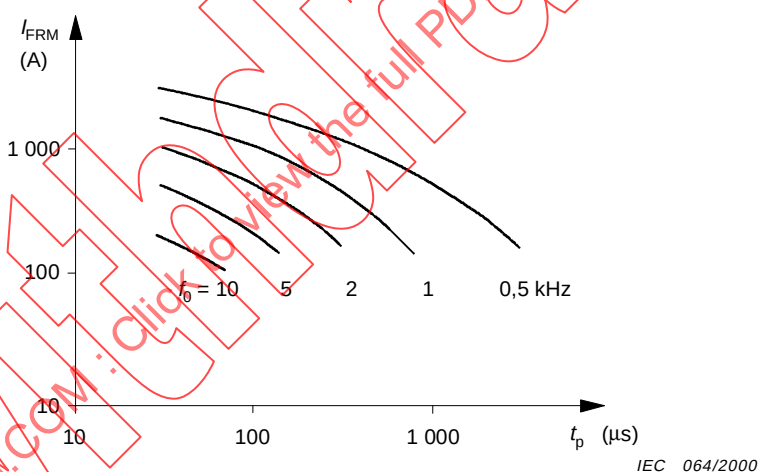


Figure 7 – Maximum peak forward current I_{FRM} as a function of pulse duration t_p
Parameter: repetition frequency f_0

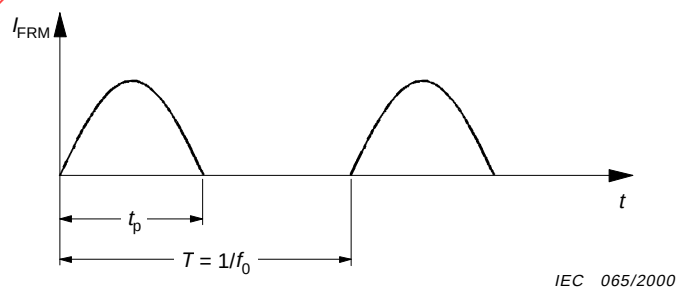


Figure 7a – Definition of pulse time t_p and cycle time T

5.3.7 Courant direct de surcharge prévisible ($I_{(OV)}$)

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.

5.3.8 Courant direct non répétitif de surcharge accidentelle (I_{FSM})

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 suivant immédiatement la surcharge accidentelle.

- b) Pour des durées égales ou supérieures à une demi-période 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.

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 une période, sans application de la tension inverse.

5.3.9 Courant direct continu (I_F)

Valeur maximale.

5.3.10 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier (I_{RSMC})

La valeur limite pour «courant de pointe pour non-rupture du boîtier» doit être spécifiée, s'il y a lieu, comme la valeur maximale d'un courant triangulaire augmentant à une vitesse déterminée, de préférence 25 A/μs, et ayant une durée d'impulsion spécifiée pour une température de boîtier au départ à spécifier, de préférence 25 °C.

NOTE Il est nécessaire de connaître la valeur limite «courant de pointe pour non-rupture du boîtier» des diodes de redressement à courant élevé (valeurs limites du courant moyen supérieures ou égales à 1 000 A environ), utilisés dans les installations importantes de convertisseurs (en général, on connecte en parallèle plusieurs dispositifs) car si un dispositif n'arrive pas à bloquer la tension inverse, il s'ensuit un courant de court-circuit très brusque et de valeur élevée qui peut amener la rupture du boîtier et endommager l'équipement avant qu'un fusible ait eu le temps de le protéger.

En conséquence, la détermination ou la vérification de cette valeur limite du courant nécessite d'avoir une installation d'essais de forte puissance; les coûts de l'essai et des échantillons détruits sont considérables et ne se justifient que si le danger signalé ci-dessus existe réellement.

La valeur du courant de pointe pour non-rupture du boîtier dépend énormément de l'emplacement du claquage initial sur la pastille de silicium; elle est généralement plus faible si le claquage a lieu près des bords.

5.4 Valeurs limites de fréquence

S'il y a lieu, fréquences maximale et/ou minimale pour lesquelles les valeurs limites de tension et de courant (voir 5.3) s'appliquent.

5.3.7 Overload forward current (I_{OV})

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.

5.3.8 Surge (non-repetitive) forward current (I_{FSM})

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 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 is assumed.

- b) For times equal to, or greater than, one half-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.

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 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.

5.3.9 Continuous (direct) forward current (I_F)

Maximum value.

5.3.10 Peak case non-rupture current (I_{RSMC})

The limiting value "peak case non-rupture current" should be specified, where appropriate, as the maximum value of a triangular current rising at a specified rate, preferably 25 A/μs, and having a specified pulse duration for a starting case temperature to be specified, preferably 25 °C.

NOTE The limiting value "peak case non-rupture current" is needed for high-current rectifier diodes (mean current ratings of about 1 000 A and higher) that are used in large convertor installations (as a rule, several devices are connected in parallel), where a device failing to block reverse voltage causes a high, steeply rising, short-circuit current that can fracture the case and cause damage to the equipment before a fuse operates.

Therefore, the determination or verification of this limiting value of current needs a high-power testing facility, and the costs of the testing itself and of the samples which are destroyed in the test are considerable and are justified only in cases where the above-mentioned danger really exists.

The value of the peak case non-rupture current depends considerably on the location of the initial breakdown on the silicon chip and is usually lowest if the breakdown occurs near the edge.

5.4 Frequency ratings (limiting values)

Where applicable, maximum and/or minimum frequencies for which the voltage and current ratings (see 5.3) apply.

5.5 Valeurs limites de dissipation de puissance

5.5.1 Dissipation de puissance inverse due à une surcharge accidentelle (non répétitive) (pour les diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée)

Courbes de valeurs limites montrant la dissipation de puissance inverse due à une surcharge accidentelle (non répétitive) en fonction de la durée de cette surcharge accidentelle, à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction.

La forme d'onde doit être choisie parmi celles proposées en 7.3.3.

5.5.2 Dissipation de puissance inverse de pointe répétitive (pour les diodes de redressement à avalanche contrôlée)

Valeur maximale pour une température ambiante ou une température du point de référence spécifiée (voir la note en 5.5.3).

La forme d'onde doit être choisie parmi celles offertes en 7.3.3.

5.5.3 Dissipation de puissance inverse moyenne (pour les diodes de redressement à avalanche contrôlée)

Valeur maximale pour une température ambiante ou une température du point de référence spécifiée (voir la note ci-dessous).

NOTE Ces valeurs limites de dissipation de puissance inverse supposent que la dissipation de puissance directe est nulle. Lorsque les dissipations de puissance directe et inverse ont lieu pour une certaine application, on doit les réduire en accord avec les informations d'applications du fabricant.

5.6 Valeurs limites de température

5.6.1 Températures du fluide de refroidissement (T_a) ou du point de référence (T_{ref}) (pour les diodes de redressement à température ambiante ou à température de boîtier spécifiée)

Valeurs minimale et maximale.

5.6.2 Températures de stockage (T_{stg})

Valeurs minimale et maximale.

5.6.3 Température virtuelle de jonction (T_{vj}) (s'il y a lieu)

Valeur maximale.

5.7 Caractéristiques électriques

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

5.7.1 Caractéristiques directes (s'il y a lieu)

Courbes montrant la valeur instantanée de la tension directe en fonction du courant direct jusqu'à la valeur de pointe du courant correspondant à la valeur limite du courant direct moyen (voir 5.3.5), à une température de 25 °C et à une autre température plus élevée, de préférence égale à la valeur maximale de la température virtuelle de jonction.

5.5 Power dissipation ratings (limiting values)

5.5.1 Surge (non-repetitive) reverse power dissipation (for avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes)

Rating curves showing the surge (non-repetitive) reverse power dissipation versus the surge duration, at maximum virtual junction temperature.

The waveform should be selected from 7.3.3.

5.5.2 Repetitive peak reverse power dissipation (for controlled-avalanche rectifier diodes)

Maximum value at specified ambient or reference-point temperature (see note to 5.5.3).

The waveform should be selected from 7.3.3.

5.5.3 Mean reverse power dissipation (for controlled-avalanche rectifier diodes)

Maximum value at specified ambient or reference-point temperature (see note below).

NOTE These reverse power dissipation ratings assume zero forward power dissipation. When both forward and reverse power dissipations occur in an application, they must both be derated in accordance with the device manufacturer's application information.

5.6 Temperature ratings (limiting values)

5.6.1 Cooling fluid (T_a) or reference-point temperatures (T_{ref}) (for ambient-rated or case-rated rectifier diodes)

Minimum and maximum values.

5.6.2 Storage temperatures (T_{stg})

Minimum and maximum values.

5.6.3 Virtual junction temperature (T_{vj}) (where appropriate)

Maximum value.

5.7 Electrical characteristics

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

5.7.1 Forward characteristics (where appropriate)

Curves showing instantaneous values of forward voltage versus forward current up to the peak value of the current corresponding to the rated mean forward current (see 5.3.5), at a temperature of 25 °C and at one other higher temperature, preferably equal to the maximum virtual junction temperature.

5.7.2 Tension directe (dans des conditions d'équilibre thermique)

5.7.2.1 Tension directe continue (V_F)

Valeur maximale pour la valeur limite du courant direct continu.

5.7.2.2 Tension directe de crête (V_{FM}) (s'il y a lieu)

Valeur maximale pour un courant direct égal à π fois la valeur limite du courant direct moyen (voir 5.3.5).

NOTE π peut être considéré comme égal à 3.

5.7.3 Tension de claquage ($V_{(BR)}$) (d'une diode de redressement à avalanche pour utilisation non répétitive)

Valeur minimale, pour un courant d'impulsion spécifié, dans la partie à faible impédance dynamique de la caractéristique inverse.

5.7.4 Courant inverse de pointe répétitif (I_{RM})

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.

5.7.5 Dissipation de puissance totale (P_{tot})

Pour les diodes de redressement à température de boîtier spécifiée seulement, courbes donnant la dissipation de puissance totale maximale en fonction du courant direct moyen, pour une tension inverse sinusoïdale dont la valeur de pointe est égale à la moitié de la valeur limite de la tension inverse de pointe répétitive. On doit donner une courbe pour chaque condition de fonctionnement spécifiée en 5.3.5.

5.7.6 Énergie totale maximale pour une impulsion de courant direct en forme de demi-onde sinusoïdale (s'il y a lieu) (spécialement pour les diodes à commutation rapide)

Courbes montrant les valeurs de courant direct maximales (de pointe) en fonction de la durée de l'impulsion de courant en forme de demi-onde sinusoïdale avec comme paramètre l'énergie totale (énergie directe plus énergie de recouvrement inverse), dans les conditions spécifiées suivantes:

- a) tension inverse;
- b) réseau d'amortissement RC (s'il y a lieu).

La figure 8 est donnée à titre d'exemple.

5.7.2 Forward voltage (under thermal equilibrium conditions)

5.7.2.1 Continuous (direct) forward voltage (V_F)

Maximum value at the rated continuous (direct) forward current.

5.7.2.2 Crest (peak) forward voltage (V_{FM}) (where appropriate)

Maximum value at a current of π times the rated mean forward current (see 5.3.5).

NOTE π may be taken as equal to 3.

5.7.3 Breakdown voltage (V_{BR}) (of an avalanche rectifier diode, for non-repetitive use)

Minimum value for a specified pulse current in the low dynamic impedance part of the reverse characteristic.

5.7.4 Repetitive peak reverse current (I_{RM})

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

5.7.5 Total power dissipation (P_{tot})

For case-rated rectifier diodes only, curves showing the maximum total power dissipation as a function of mean forward current, at a sinusoidal reverse voltage having a peak value equal to half the rated repetitive peak reverse voltage. A curve should be given for each operating condition specified in 5.3.5.

5.7.6 Maximum total energy for one half-sine wave forward current pulse (where appropriate) (especially for fast-switching diodes)

Curves showing the maximum (peak) forward current values as a function of the half-sine wave current pulse duration with the total energy (forward plus reverse recovery energy) as a parameter, under the following specified conditions:

- a) reverse voltage;
- b) RC damping network (snubber), (where appropriate).

Figure 8 is given as an example.

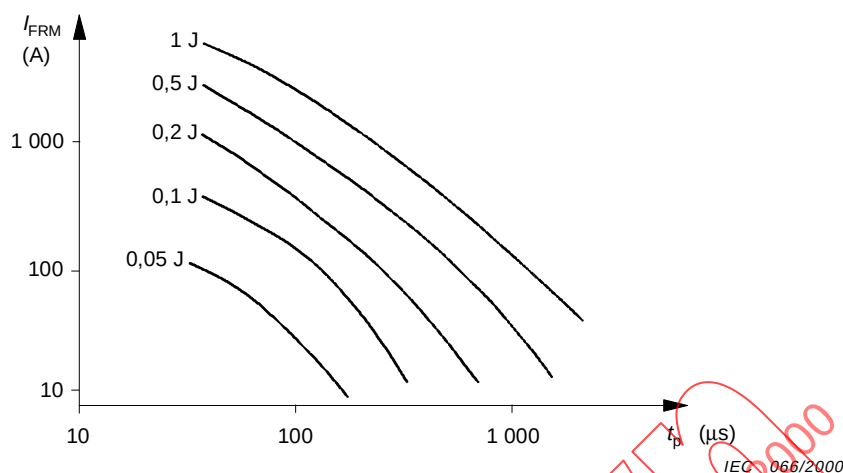


Figure 8 – Energie totale maximale pour une impulsion de courant direct en forme de demi-onde sinusoïdale pour différentes valeurs de courant et de durée de l'impulsion
Paramètre: énergie de l'impulsion en joules

5.7.7 Charge recouvrée (Q_r) (s'il y a lieu). Voir figure 9

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

- courant direct, de préférence égal à la valeur maximale de 5.3.5;
- vitesse de décroissance du courant direct di/dt ;
- tension inverse, de préférence égale à 50 % de la tension inverse de pointe répétitive spécifiée en 5.3.2;
- température ambiante ou température d'un point de référence, égale à la température la plus élevée pour laquelle la valeur de pointe du courant direct est permise.

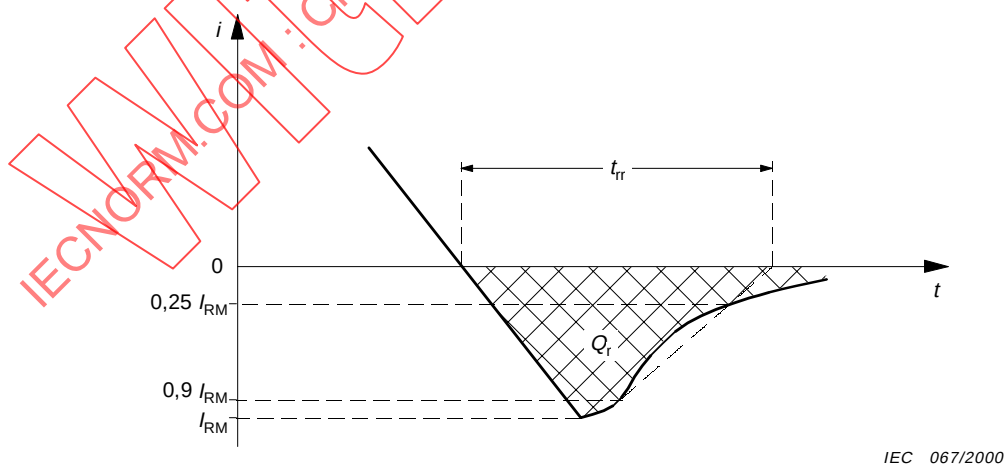


Figure 9 – Charge recouvrée Q_r , courant de recouvrement inverse de pointe I_{RM} , temps de recouvrement inverse t_{rr} (caractéristiques idéales)

5.7.8 Courant de recouvrement inverse de pointe (I_{RM}) (s'il y a lieu). Voir figure 9

Valeur maximale dans les mêmes conditions spécifiées a) à d) de 5.7.7.

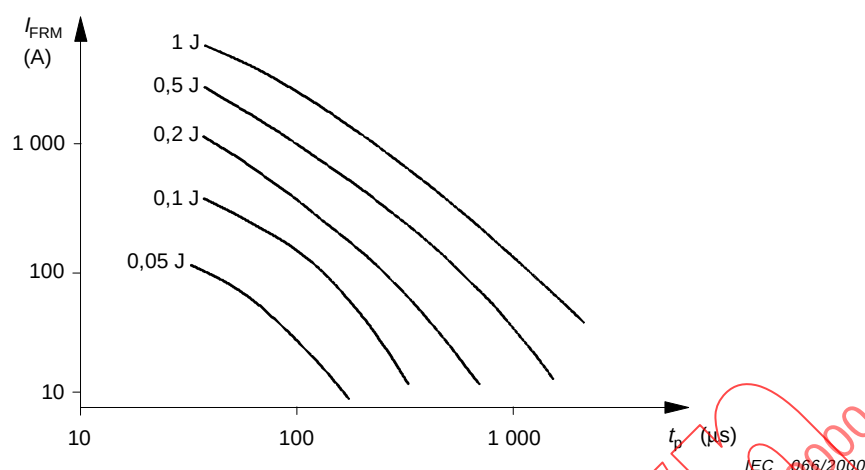


Figure 8 – Maximum total energy of one half-sine wave forward current pulse, for various values of current and pulse duration. Parameter: pulse energy in joules

5.7.7 Recovered charge (Q_r) (where appropriate). See figure 9

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

- forward current, preferably equal to the maximum value of 5.3.5;
- decay rate of forward current di/dt ;
- reverse voltage, preferably 50 % of the repetitive peak reverse voltage specified in 5.3.2;
- ambient or reference-point temperature equal to the highest temperature at which the peak value of the forward current is permitted.

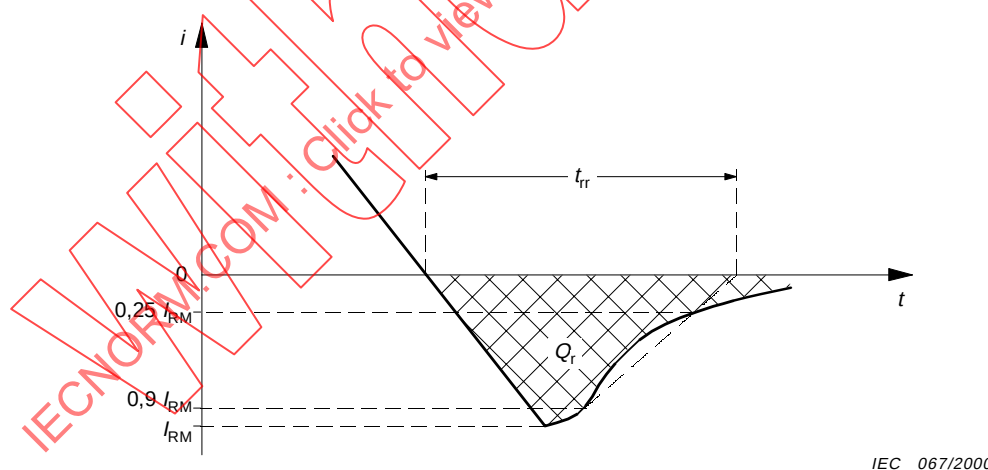


Figure 9 – Recovered charge Q_r , peak reverse recovery current I_{RM} , reverse recovery time t_{rr} (idealized characteristics)

5.7.8 Peak reverse recovery current (I_{RM}) (where appropriate). See figure 9

Maximum value under the specified conditions a) to d) of 5.7.7.

5.7.9 Temps de recouvrement inverse (t_{rr}) (s'il y a lieu). Voir figure 9

Valeur maximale dans les mêmes conditions spécifiées a) à d) de 5.7.7.

5.7.10 Temps de recouvrement direct (t_{fr}) (s'il y a lieu)

Valeur maximale pour les conditions spécifiées suivantes (voir figures 1a et 1b):

- température de jonction virtuelle (T_{vj});
- courant direct de crête (I_{FM});
- temps de croissance de l'impulsion de courant direct (t_r) entre 10 % et 90 % de I_{FM} ;
- tension définissant le début de t_{fr} , de préférence 10 % de la valeur stable finale de la tension directe (V_F^*);
- pour la méthode de spécification I: tension définissant la fin de t_{fr} , de préférence égale à 110 % de V_F^* ;
- pour la méthode de spécification II: tensions définissant les points A et B pour l'extrapolation, de préférence égales à 90 % et 50 % de V_{RFM} , respectivement;
- tension inverse (V_R , de préférence $V_R = 0$).

NOTE 1 Il convient que la tension minimale de conformité (circuit ouvert) de la source d'impulsion soit de 3 V_{RFM} .

NOTE 2 La méthode I est préférée pour les valeurs de V_{RFM} jusqu'à 10 V environ, la méthode II pour les valeurs considérablement plus hautes (jusqu'à une centaine de volts).

5.7.11 Tension de pointe de recouvrement direct (V_{FRM}) (s'il y a lieu)

Valeur maximale pour les conditions spécifiées:

- courant direct de crête (I_{FM});
- vitesse de croissance de l'impulsion de courant direct (t_r) entre 10 % et 90 % de I_{FM} (voir figures 1a et 1b), sauf spécification contraire;
- tension inverse, zéro sauf spécifié autrement;
- température virtuelle de jonction.

NOTE Pour des impulsions à facteur d'utilisation faible, la température virtuelle de jonction peut être considérée comme égale à la température ambiante ou de boîtier.

5.7.12 Facteur de douceur de recouvrement inverse (F_{RRS}) (s'il y a lieu)

Valeur minimale pour les conditions spécifiées:

- courant direct (avant commutation) à une valeur moins que 10 % et à une valeur de 200 % de la valeur limite maximale du courant moyen de 5.3.5;
- vitesse de décroissance ($-di_F/dt$) du courant direct;
- tension inverse, 50 % de la valeur limite maximale de la tension inverse de pointe répétitive du 5.3.2, sauf spécifié autrement;
- réseau d'amortissement RC, inclure les composant significatifs parasites, s'il y a lieu;
- température virtuelle de jonction.

NOTE 1 Généralement, le facteur de douceur est plus faible à un courant direct faible.

NOTE 2 Il convient que la durée d'impulsion du courant direct soit suffisante, pour s'assurer que l'équilibre de la densité des porteurs de charge est établi.

5.7.9 Reverse recovery time (t_{rr}) (where appropriate). See figure 9

Maximum value under the specified conditions a) to d) of 5.7.7.

5.7.10 Forward recovery time (t_{fr}) (where appropriate)

Maximum value, under the following specified conditions (see figures 1a and 1b):

- virtual junction temperature (T_{vj});
- peak forward current (I_{FM});
- rise time of the forward current pulse (t_r), between 10 % and 90 % of I_{FM} ;
- voltage defining the beginning of t_{fr} , preferably 10 % of the final stable value of forward voltage (V_F^*);
- for specification method I: voltage defining the end of t_{fr} , preferably 110 % of V_F^* ;
- for specification method II: voltages defining points A and B for the extrapolation, preferably 90 % and 50 % of V_{FRM} , respectively;
- reverse voltage (V_R , preferably $V_R = 0$).

NOTE 1 The minimum compliance (open-circuit) voltage of pulse source should be $3 V_{FRM}$.

NOTE 2 Method I is preferred for V_{FRM} values up to about 10 V; method II for values considerably higher (up to several 100 V).

5.7.11 Peak forward recovery voltage (V_{FRM}) (where appropriate)

Maximum value under specified conditions:

- peak forward current (I_{FM});
- rise time of the current pulse (t_r) between 10 % and 90 % of I_{FM} , (see figures 1a and 1b) unless specified otherwise;
- reverse voltage, zero unless specified otherwise;
- virtual junction temperature

NOTE For short pulses at low duty cycle, the virtual junction temperature may be considered to be equal to the ambient or case temperature.

5.7.12 Reverse recovery softness factor (F_{RRS}) (where appropriate)

Minimum value under following specified conditions:

- forward current (before switching) at a value of less than 10 % and at 200 % of maximum rated mean forward current of 5.3.5;
- rate of fall ($-di_F/dt$) of the forward current;
- reverse voltage, 50 % of the maximum rated repetitive peak reverse voltage of 5.3.2, unless specified otherwise;
- RC damping network (snubber) including significant parasitic components, where appropriate;
- virtual junction temperature.

NOTE 1 Usually the softness factor is lower at low forward current.

NOTE 2 The duration of the forward current pulse should be sufficient to ensure carrier density equilibrium is established.

5.8 Caractéristiques thermiques (s'il y a lieu)

5.8.1 Impédance thermique transitoire ($Z_{th}(t)$)

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

5.9 Caractéristiques mécaniques et autres données

Voir chapitre VI, article 7, de la CEI 60747-1.

5.10 Données d'applications

Quand les diodes de redressement à semiconducteurs sont connectées en série ou en parallèle, il est nécessaire de considérer non seulement la division de la tension et du courant dans le fonctionnement stable, mais aussi l'effet d'accumulation des porteurs de charge pendant la commutation.

5.10.1 Fonctionnement en régime stable (comprenant les surcharges)

5.10.1.1 Fonctionnement en série

Afin d'obtenir une division convenable de la tension dans le montage en série, on peut employer une ou plusieurs des méthodes suivantes:

- 1) diviseurs de tension en parallèle, composés de résistances;
- 2) diviseurs de tension en parallèle, composés de capacités;
- 3) caractéristiques inverses appareillées à l'usine;
- 4) transformateurs à enroulements multiples (non applicable aux circuits monophasés demi-onde);
- 5) égalisation de la température par montage sur un radiateur commun.

On devra consulter le fabricant pour avoir des informations détaillées.

5.10.1.2 Fonctionnement en parallèle

Afin d'obtenir une division convenable du courant dans un montage en parallèle, on peut employer une ou plusieurs des méthodes suivantes:

- 1) caractéristiques directes appareillées à l'usine;
- 2) addition d'une résistance ou d'une réactance en série avec chaque diode;
- 3) équilibrage des transformateurs ou transformateurs à enroulements séparés;
- 4) égalisation de la température par montage sur un radiateur commun.

Pour les diodes de redressement à avalanche, la dissipation de puissance inverse due à une surcharge accidentelle (non répétitive) n'est pas nécessairement accrue dans le cas d'un montage en parallèle; on devra consulter le fabricant pour avoir des informations détaillées.

5.10.2 Conditions de régime transitoire

5.10.2.1 Surtension transitoire due à l'effet d'accumulation des porteurs de charge

Le courant dans la diode pendant la commutation peut changer rapidement à cause des effets d'accumulation des porteurs de charge et, associé avec l'inductance du circuit, produire une tension oscillante. Cette tension transitoire, ajoutée à la tension appliquée, peut souvent dépasser la valeur limite de tension inverse de la diode.

5.8 Thermal characteristics (where appropriate)

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

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

5.9 Mechanical characteristics and other data

See IEC 60747-1, Chapter VI, clause 7.

5.10 Application data

With series or parallel connection of semiconductor rectifier diodes, it is necessary to consider not only the division of voltage or current in steady-state operation, but also carrier storage effects during commutation.

5.10.1 Steady-state operation (including overload)

5.10.1.1 Series operation

In order to obtain proper division of voltage in a series connection, one or more of the following methods can be used:

- 1) parallel resistive voltage dividers;
- 2) parallel capacitive voltage dividers;
- 3) factory-matched reverse characteristics;
- 4) multiple transformer windings (not applicable to single-phase half-wave circuits);
- 5) temperature equalization by mounting on a common heat sink.

The manufacturer should be consulted for detailed information.

5.10.1.2 Parallel operation

In order to obtain proper division of current in a parallel connection, one or more of the following methods can be used:

- 1) factory-matched forward characteristics;
- 2) addition of resistance or reactance in series with each diode;
- 3) balancing transformers or separate transformer windings;
- 4) temperature equalization by mounting on a common heat sink.

For avalanche rectifier diodes, the surge (non-repetitive) reverse power dissipation of the parallel arrangement is not necessarily increased, and the manufacturer should be consulted for detailed information.

5.10.2 Transient conditions

5.10.2.1 Transient overvoltage due to carrier storage effects

The diode current during commutation may change rapidly due to carrier storage effects and, associated with circuit inductance, can produce an oscillatory voltage. This transient voltage, together with the applied voltage, may often exceed the reverse voltage rating of the diode.

En ajoutant une capacité en dérivation, on augmente le temps de recouvrement de la diode et on réduit la surtension transitoire.

On devra consulter le fabricant pour avoir des informations détaillées.

5.10.2.2 Division de la tension des diodes connectées en série pendant la commutation

Dans un circuit de diodes connectées en série, les différences dans le temps de recouvrement des diodes peuvent produire une division inégale de la tension pendant la commutation. On peut réduire tout déséquilibre par une capacité en parallèle sur chaque diode de la chaîne série. On peut choisir à cet effet les capacités mentionnées en 5.10.1.1.

On devra consulter le fabricant pour avoir des informations détaillées.

6 Exigences pour les essais de type et essais individuels; marquage des diodes de redressement

6.1 Essais de type

Les essais de type sont effectués sur les nouveaux produits, par échantillonnage, afin de déterminer les valeurs limites et les caractéristiques électriques et thermiques qui doivent figurer dans les catalogues, ainsi que les valeurs minimales et maximales qui devront être respectées individuellement pour chaque essai.

Certains des essais de type ou tous peuvent être répétés de temps en temps sur des échantillons pris dans la production courante ou des livraisons de façon à confirmer que la qualité du produit remplit en permanence les exigences spécifiées.

Les essais de type minimaux à effectuer sur les diodes de redressement figurent dans le tableau 1.

Certains essais de type sont destructifs.

6.2 Essais individuels

Les essais individuels sont effectués sur la production courante ou les livraisons, normalement à 100 %, afin de vérifier que les valeurs limites et les caractéristiques sont conformes aux valeurs spécifiées dans les catalogues pour chaque dispositif.

Les essais individuels peuvent comporter une répartition des dispositifs en groupes.

Les essais individuels minimaux à effectuer sur les diodes de redressement figurent dans le tableau 1.

6.3 Méthodes de mesure et d'essais

On doit utiliser les méthodes de mesure et d'essais indiquées à l'article 7.

Pour les essais d'endurance, on doit utiliser les méthodes indiquées en 7.4.

An added shunt capacitance will lengthen the diode recovery time and reduce the transient overvoltage.

The manufacturer should be consulted for detailed information.

5.10.2.2 Voltage division of series connected diodes during commutation

In a series connection of diodes, differences in diode recovery times may produce an unequal voltage division during commutation. Any unbalance may be reduced by a capacitance shunting each diode of the series chain. The capacitors mentioned under 5.10.1.1 may be chosen to meet this purpose.

The manufacturer should be consulted for detailed information.

6 Requirements for type tests and routine tests; marking of rectifier diodes

6.1 Type tests

Type tests are carried out on new products on a sample basis in order to determine the electrical and thermal ratings (limiting values) and characteristics to be given in the data sheet, and to establish the test limits for future routine tests.

Some or all of the type tests may be repeated from time to time on samples drawn from current production or deliveries, so as to confirm that the quality of the product continuously meets the specified requirements.

The minimum type tests to be carried out on rectifier diodes are listed in table 1.

Some of the type tests are destructive.

6.2 Routine tests

The routine tests are carried out on the current production or deliveries normally on a 100 % basis, in order to verify that the ratings (limiting values) and characteristics specified in the data sheet are met by each specimen.

Routine tests may comprise a selection of the devices into groups.

The minimum routine tests to be carried out on a rectifier diode are listed in table 1.

6.3 Measuring and test methods

The measuring and test methods given in clause 7 shall be applied.

For the endurance tests, the methods given in 7.4, shall be applied.

Tableau 1 – Essais de type et individuels minimaux pour les diodes de redressement

	Essai de type	Essai individuel
Mesures des caractéristiques		
Tension directe	X	X
Caractéristiques directes complémentaires	X	
Courant inverse	X	X
Caractéristiques inverses complémentaires	X	
Charge recouvrée, courant de recouvrement inverse de pointe	X ¹⁾	X ²⁾
Résistance thermique et impédance thermique transitoire	X	
Vérification des valeurs limites		
Courant direct de surcharge accidentelle	X	
Courant de pointe pour non-rupture du boîtier	X ¹⁾	
Essais d'endurance		
Essai de polarisation en inverse à haute température, en alternatif	X	
Essai de charge thermique cyclique	X	
¹⁾ Essai de type seulement pour les dispositifs avec valeur maximale spécifiée.		
²⁾ Essai individuel seulement pour les dispositifs avec valeur maximale ou minimale spécifiée.		

6.4 Marquage des diodes de redressement

Chaque diode de redressement doit être marquée d'une façon claire et indélébile et contenir les informations suivantes:

- nom ou identification du fabricant;
- type du fabricant ou du fournisseur;
- marquage permettant la distinction entre les bornes d'anode et de cathode.

7 Méthodes d'essai et de mesure

7.1 Méthodes de mesure pour caractéristiques électriques

7.1.1 Précautions générales

7.1.1.1 Précautions générales pour les mesures en courant continu

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

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

7.1.1.2 Précautions générales pour les mesures en courant alternatif

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

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

Table 1 – Minimum type and routine tests for rectifier diodes

	Type test	Routine test
Measurements of characteristics		
Forward voltage	X	X
Additional forward characteristics	X	
Reverse current	X	X
Additional reverse characteristics	X	
Recovered charge, peak reverse recovery current	X ¹⁾	X ²⁾
Thermal resistance and transient thermal impedance	X	
Verification of ratings		
Surge forward current	X	
Peak case non-rupture current	X ¹⁾	
Endurance test		
High-temperature a.c. reverse bias test	X	
Thermal cycling load test	X	
¹⁾ Type test only for devices with specified maximum values.		
²⁾ Routine test only for devices with specified maximum or minimum values.		

6.4 Marking of rectifier diodes

Each rectifier diode shall be clearly and indelibly marked with the following information:

- manufacturer's name or identification;
- manufacturer's or supplier's type;
- marking to permit the distinction between anode and cathode terminals.

7 Measuring and test methods

7.1 Measuring methods for electrical characteristics

7.1.1 General precautions

7.1.1.1 General precautions for d.c. measurements

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

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

7.1.1.2 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.

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

7.1.1.3 Conditions de température

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

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

7.1.2 Tension directe

7.1.2.1 Méthode en courant continu

La figure 10 correspond à un circuit fondamental pour la mesure de la tension directe. Le courant direct spécifié est établi dans la diode et la chute de tension directe aux bornes de la diode est mesurée dans des conditions spécifiées.

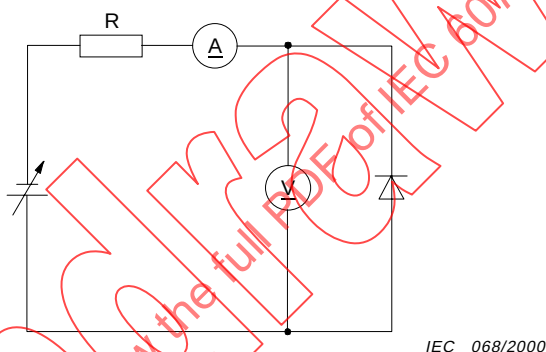


Figure 10 – Circuit de mesure de la tension directe (méthode en courant continu)

7.1.2.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 11 correspond à un circuit fondamental pour la mesure de la tension directe instantanée. Un courant sinusoïdal, simple alternance, traverse la diode mesurée dans le sens direct et la courbe tension-courant est présentée sur un oscilloscope.

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

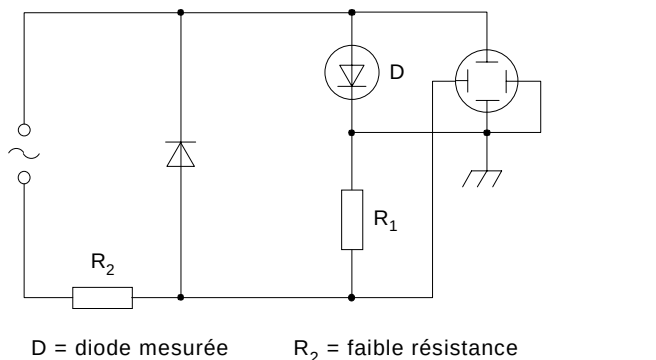


Figure 11 – Circuit de mesure de la tension directe (méthode de l'oscilloscope)

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

7.1.1.3 Temperature conditions

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

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

7.1.2 Forward voltage

7.1.2.1 DC method

The basic circuit for the measurement of the forward voltage is shown in figure 10. The specified forward current is applied through the diode, and the forward voltage drop across the diode terminals is measured under specified conditions.

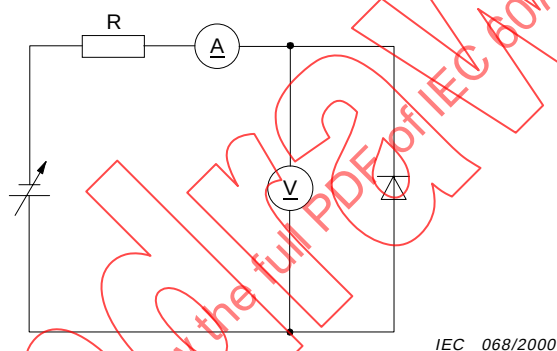
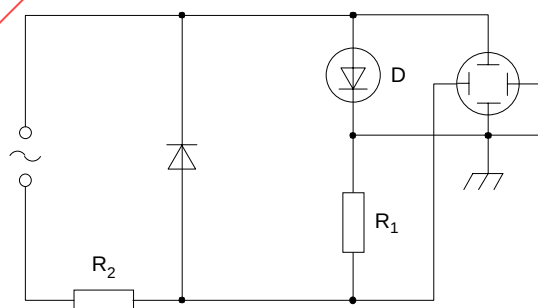


Figure 10 – Circuit for the measurement of forward voltage (d.c. method)

7.1.2.2 Oscilloscope method

The basic circuit for the measurement of instantaneous forward voltage is shown in figure 11. A half-sine wave current is applied to the diode under test in the forward direction, and the voltage-current curve is displayed on an oscilloscope.

Care should be taken to avoid thermal instability.



D = diode under test

R_2 = resistor, low resistance

IEC 069/2000

Figure 11 – Circuit for the measurement of forward voltage (oscilloscope method)

7.1.2.3 Méthode en impulsions

But

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

Schéma

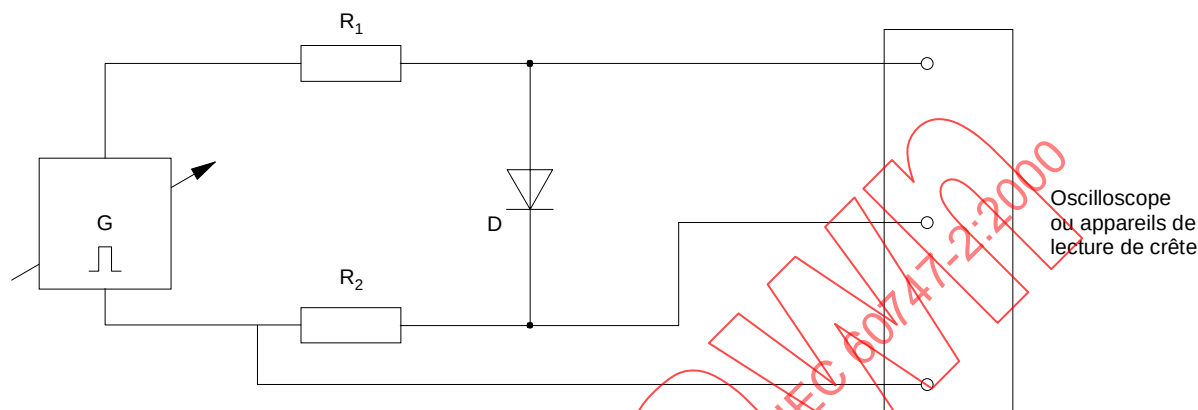


Figure 12 – Schéma

IEC 070/2000

Description et exigences du circuit

- D = diode à mesurer
- G = générateur d'impulsions
- R_1 = résistance de protection
- R_2 = résistance étalonée qui permet de déterminer le courant
- OSC = oscilloscope ou appareil de lecture

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

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

Exécution

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

On règle la température à la valeur spécifiée.

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

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

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données:

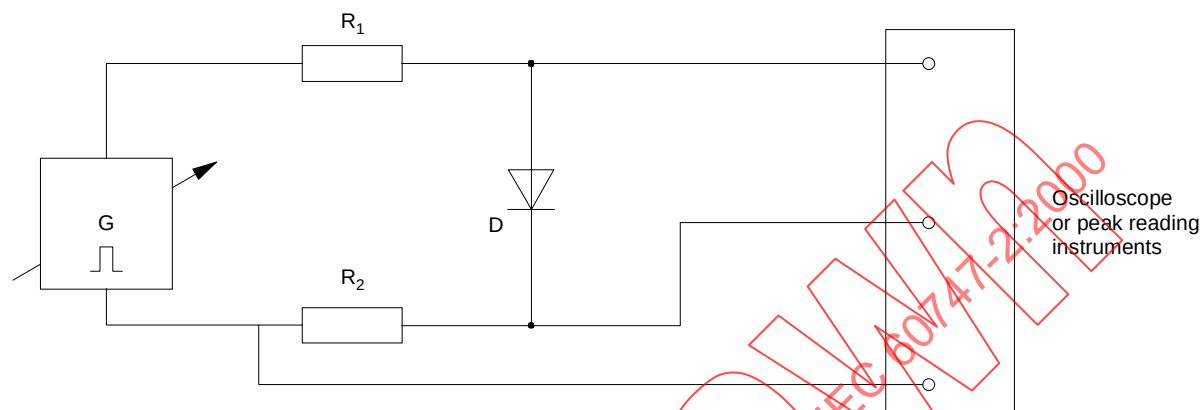
- a) courant direct de pointe;
- b) température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

7.1.2.3 Pulse method

Purpose

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

Circuit diagram



IEC 070/2000

Figure 12 – Circuit diagram

Circuit description and requirements

D = diode being measured

G = pulse generator

R₁ = protective resistor

R₂ = calibrated current sensing resistor

OSC = oscilloscope or peak reading instrument

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

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

Measurement procedure

The pulse generator voltage is set initially to zero.

Temperature conditions are set to the specified value.

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

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

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

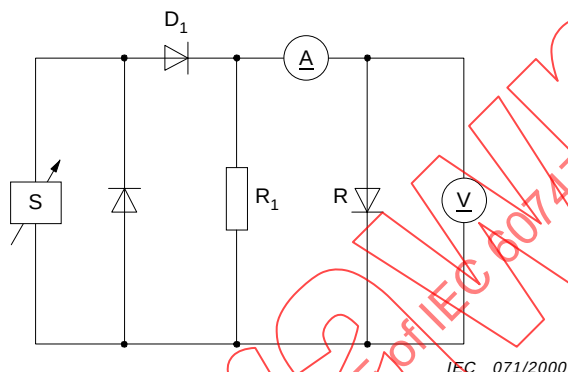
- peak forward current;
- ambient, case or reference-point temperature.

7.1.2.4 Tension directe moyenne

La figure 13 correspond à un circuit fondamental pour la mesure de la tension directe moyenne.

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

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



D = diode mesurée

S = source de courant ajustable, à impédance élevée

La résistance R_1 et la diode D_1 sont choisies de telle sorte que, lorsque la diode à mesurer et D_1 sont polarisées en inverse, la quasi-totalité de la tension de polarisation est appliquée aux bornes de D_1 .

Figure 13 – Circuit de mesure de la tension directe moyenne

7.1.3 Tension de claquage (V_{BR}) des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée

But

Mesurer la tension de claquage d'une diode de redressement à avalanche ou à avalanche contrôlée par une méthode en impulsions dans des conditions spécifiées.

Schéma

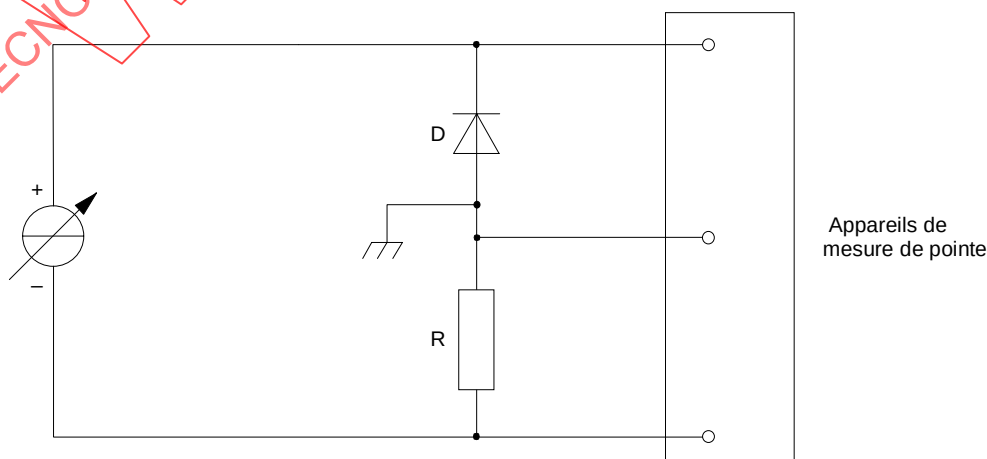


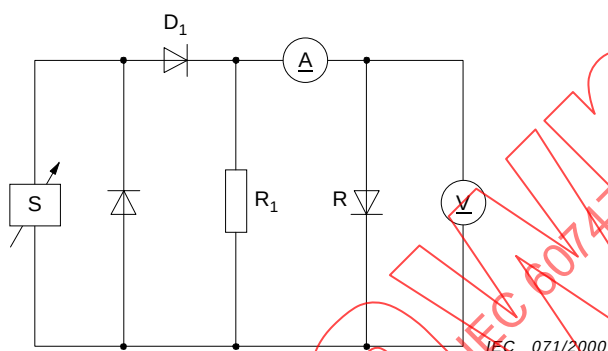
Figure 14 – Schéma

7.1.2.4 Average forward voltage

The basic circuit for the measurement of average forward voltage is shown in figure 13.

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

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



D = diode under test

S = adjustable high-impedance current source

R_1 and D_1 are chosen to ensure that, when the diode under test and D_1 are reversed biased, nearly all the bias is developed across D_1 .

Figure 13 – Circuit for the measurement of average forward voltage

7.1.3 Breakdown voltage ($V_{(BR)}$) of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes

Purpose

To measure the breakdown voltage of an avalanche or controlled-avalanche rectifier diode by a pulse method under specified conditions.

Circuit diagram

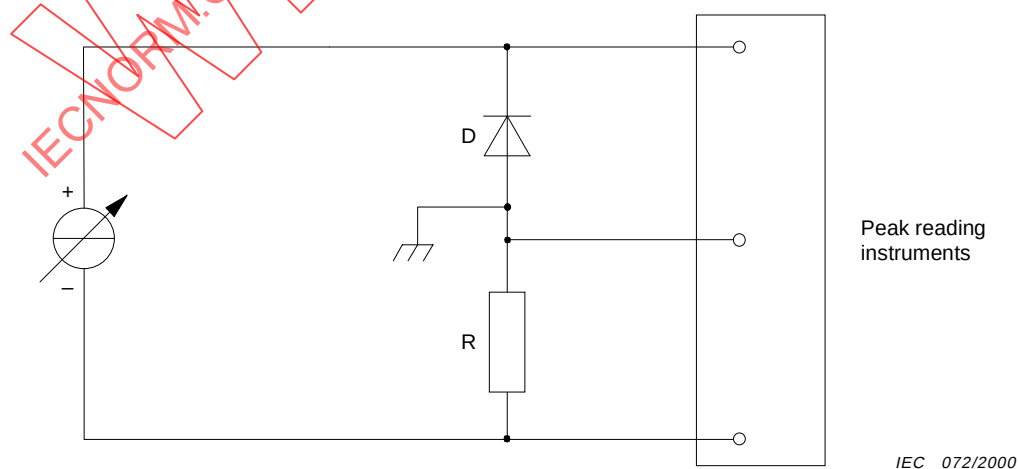


Figure 14 – Circuit diagram

Description et exigences du circuit

D est la diode en mesure.

R est une résistance étalonnée non inductive.

La longueur d'impulsion et le facteur d'utilisation du générateur à courant constant doivent être choisis de telle façon qu'il ne se produise qu'un échauffement interne négligeable de la diode.

Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Augmenter le débit du générateur pour obtenir la valeur spécifiée du courant inverse.

Lire la tension de claquage sur l'appareil de mesure de pointe.

Conditions spécifiées

- Température ambiante, température de boîtier, température d'un point de référence ou température de la jonction virtuelle (T_{amb} , T_{case} , T_{ref} , T_{vj}).
- Courant inverse (I_R).

7.1.4 Courant inverse

7.1.4.1 Méthode en courant continu

La figure 15 correspond à un circuit fondamental pour la mesure du courant inverse.

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

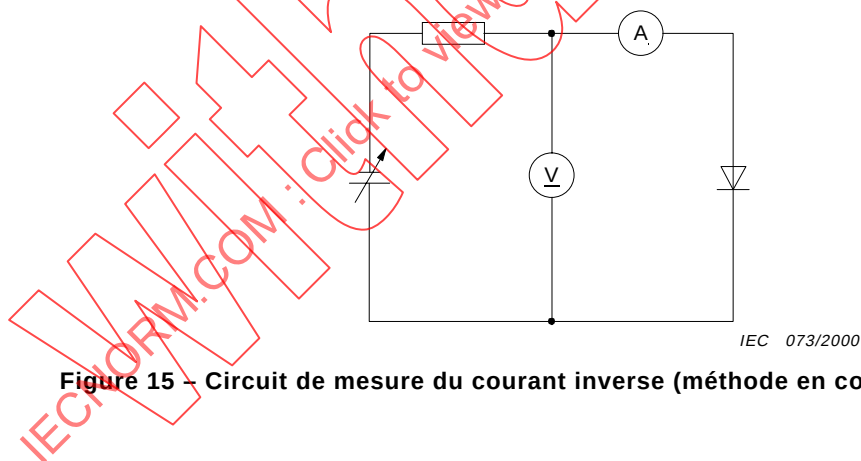


Figure 15 – Circuit de mesure du courant inverse (méthode en courant continu)

7.1.4.2 Méthode de l'oscilloscope

La figure 16 correspond à un circuit fondamental pour la mesure du courant inverse instantané. On peut utiliser une source de puissance soit à forte impédance, soit à faible impédance, comme indiqué respectivement dans les figures 16a et 16b. La courbe courant-tension est représentée sur un oscilloscope.

Circuit description and requirements

D is the diode being measured.

R is a non-inductive calibrated resistor.

The pulse length and the duty cycle of the constant current generator should be such that negligible internal heating of the diode occurs.

Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

The generator output is increased to obtain the specified value of reverse current.

The breakdown voltage is read from the peak reading instrument.

Specified conditions

- a) Ambient, case or reference-point or virtual junction temperature (T_{amb} , T_{case} , T_{ref} , T_{vj}).
- b) Reverse current (I_R).

7.1.4 Reverse current

7.1.4.1 DC method

The basic circuit for the measurement of the reverse current is shown in figure 15.

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

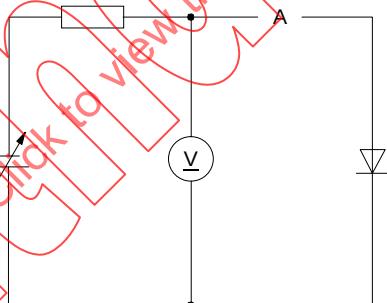


Figure 15 – Circuit for the measurement of reverse current (d.c. method)

7.1.4.2 Oscilloscope method

The basic circuit for the measurement of instantaneous values of reverse current is shown in figure 16. Either a high-impedance or a low-impedance power supply may be used, as shown in figures 16a and 16b respectively. The voltage-current curve is displayed on an oscilloscope.

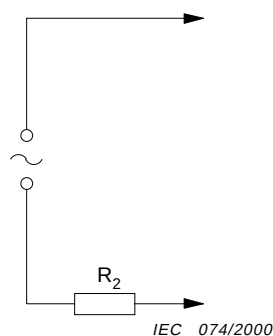


Figure 16a – Source de tension alternative variable pour l'essai

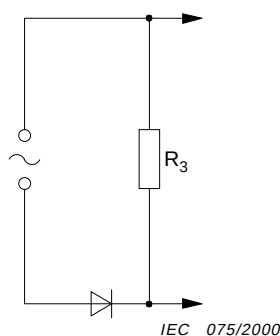


Figure 16b – Source de tension en demi-onde sinusoïdale pour l'essai

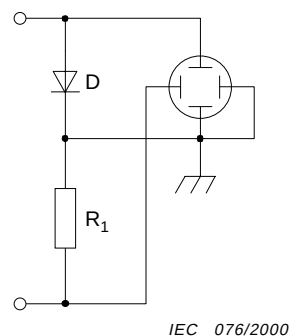


Figure 16c – Circuit d'essai utilisant un oscilloscope

D = diode mesurée
 R_2 = forte résistance
 R_3 = faible résistance

Figure 16 – Circuit de mesure du courant inverse (méthode de l'oscilloscope)

Dans la figure 16a, la source de tension est mise en série avec une résistance R_2 qui limite les courants direct et inverse à la même valeur.

Dans la figure 16b, la source de tension en série avec une diode est branchée aux bornes d'une résistance shunt R_3 .

7.1.4.3 Courant inverse de pointe

But

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

Schéma

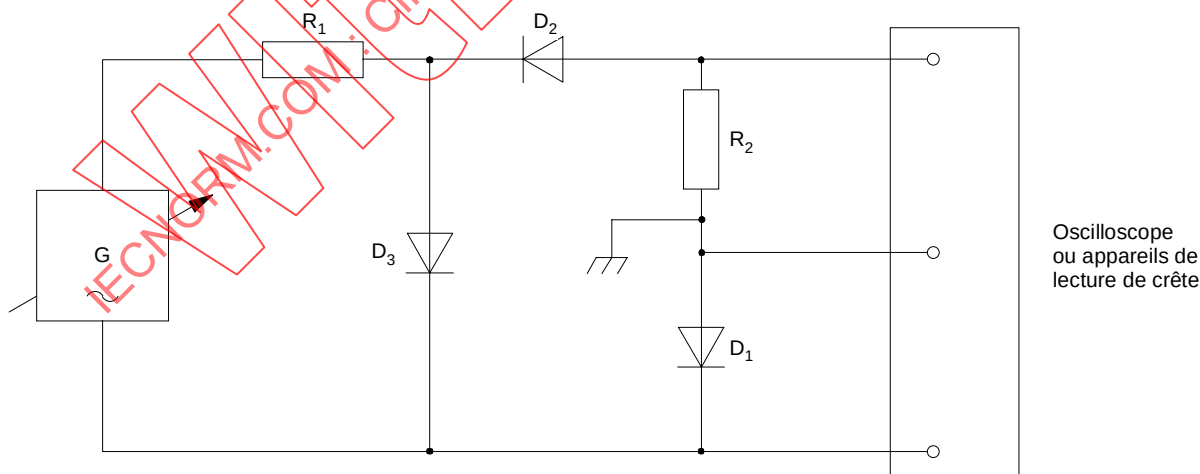


Figure 17 – Schéma

Description et exigences du circuit

- D_1 = diode à mesurer
- D_2 et D_3 = diodes fournissant des demi-alternances négatives de sorte que l'on mesure seulement la caractéristique inverse de la diode de redressement
- G = source de tension alternative
- R_1 = résistance de protection
- R_2 = résistance étalonnée qui permet de déterminer le courant

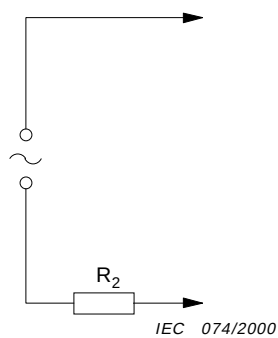


Figure 16a – Variable a.c. voltage source for test

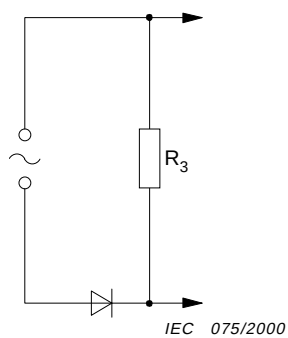


Figure 16b – Half sine wave voltage source for test

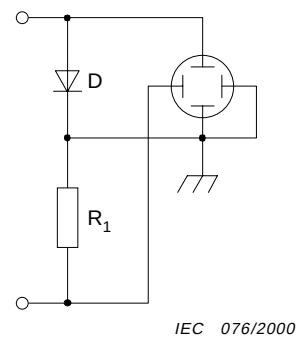


Figure 16c – Test circuit using oscilloscope

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

Figure 16 – Circuit for the measurement of reverse current (oscilloscope method)

In figure 16a, a voltage source is connected in series with a limiting resistor R_2 which limits the forward and reverse currents to the same value.

In figure 16b, a voltage source in series with a diode is connected across a shunting resistor R_3 .

7.1.4.3 Peak reverse current

Purpose

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

Circuit diagram

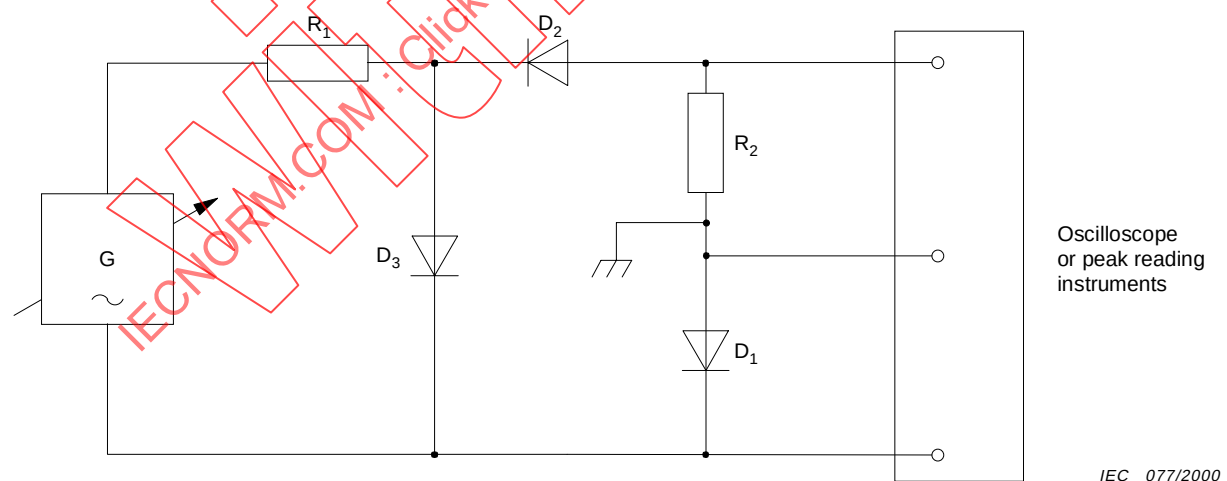


Figure 17 – Circuit diagram

Circuit description and requirements

D_1 = diode being measured
 D_2 and D_3 = diodes to provide negative half-cycles, so that only the reverse characteristic of the rectifier diode is measured
G = alternating voltage source
 R_1 = protective resistor
 R_2 = calibrated current sensing resistor

Exécution

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

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

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données:

- tension inverse de pointe répétitive;
- fréquence de la source de tension alternative;
- température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence.

7.1.4.4 Courant inverse de pointe avec dissipation causée par le courant direct moyen

But

Mesurer le courant inverse lorsque la diode de redressement est échauffée par le passage du courant direct. Le circuit d'essai est utilisé comme circuit dit de «puissance fictive» pour l'essai d'endurance.

Schéma

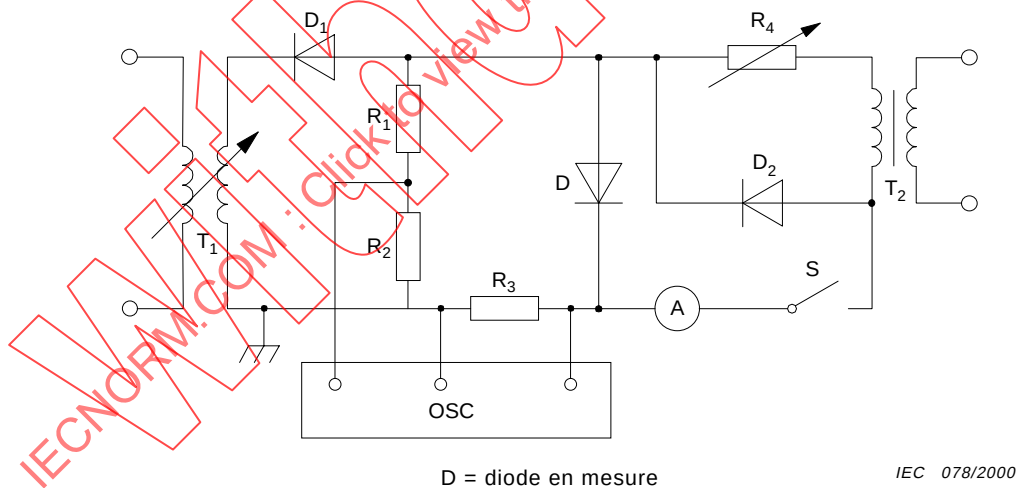


Figure 18 – Schéma

Description et exigences du circuit

- T_1 = transformateur haute tension à faible débit, fournissant la tension inverse demi-onde à la diode en mesure
- T_2 = transformateur basse tension à fort débit, fournissant le courant direct demi-onde à la diode en mesure
- D_1 = diode destinée à bloquer le demi-cycle direct de la diode en mesure
- D_2 = diode d'équilibrage pour T_2
- A = ampèremètre pour la mesure du courant direct moyen
- OSC = oscilloscope ou appareils de lecture de crête

Measurement procedure

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

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

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

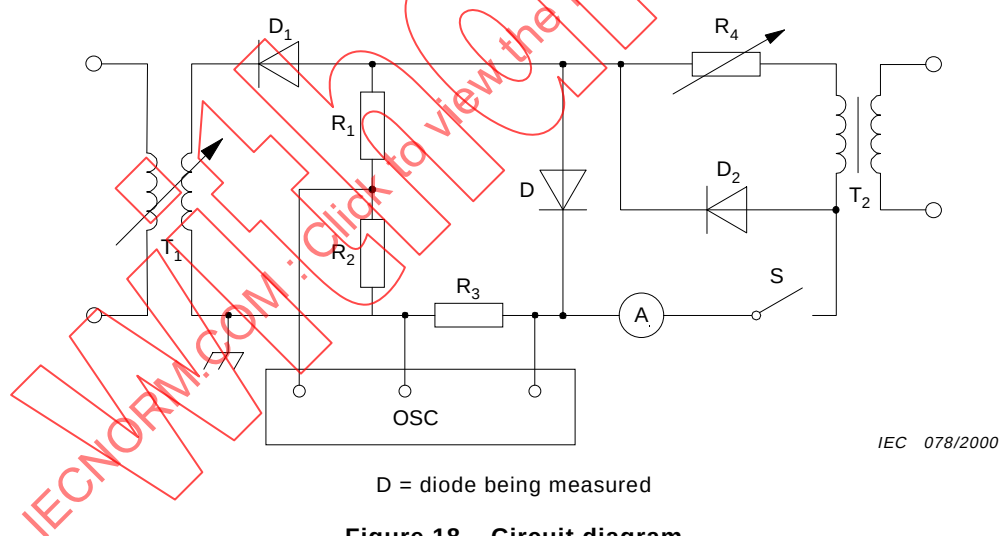
- repetitive peak reverse voltage;
- frequency of alternating voltage source;
- ambient, case, reference-point or virtual junction temperature.

7.1.4.4 Peak reverse current with dissipation due to average forward current

Purpose

To measure the reverse current when the rectifier diode is heated up by forward current. The test circuit is used as a cheater circuit for endurance testing.

Circuit diagram



Circuit description and requirements

- | | |
|-------|--|
| T_1 | = low-current high-voltage transformer supplying the reverse voltage half-cycle for the diode being measured |
| T_2 | = high-current low-voltage transformer supplying the forward current half-cycle for the diode being measured |
| D_1 | = diode to block the forward half-cycle for the diode being measured |
| D_2 | = balancing diode for T_2 |
| A | = current meter for average forward current |
| OSC | = oscilloscope or peak reading instruments |

- R_1, R_2 = calibrated voltage divider to suit measuring instrument
 R_3 = calibrated current sensing resistor
 R_4 = variable resistor to provide the specified forward current
 S = electronic or electromechanical switch with conducting angle between 130° and 180° during the forward conducting half cycle of the diode being measured. The leakage current across the open switch must be small in comparison with the reverse current of the diode being measured.

Measurement procedure

The specified forward current is adjusted by means of the resistor R_4 .

The output from transformer T_1 is connected for the correct phase and the input voltage is adjusted for the specified peak voltage.

The cooling conditions are adjusted to the specified ambient, case or reference-point temperature. The reverse current is observed on an oscilloscope or a peak-reading instrument.

Specified conditions

- Ambient, case or reference-point temperature ($T_{amb}, T_{case}, T_{ref}$).
- Mean forward current (I_{FAV}).
- Peak reverse voltage (V_{RM}).

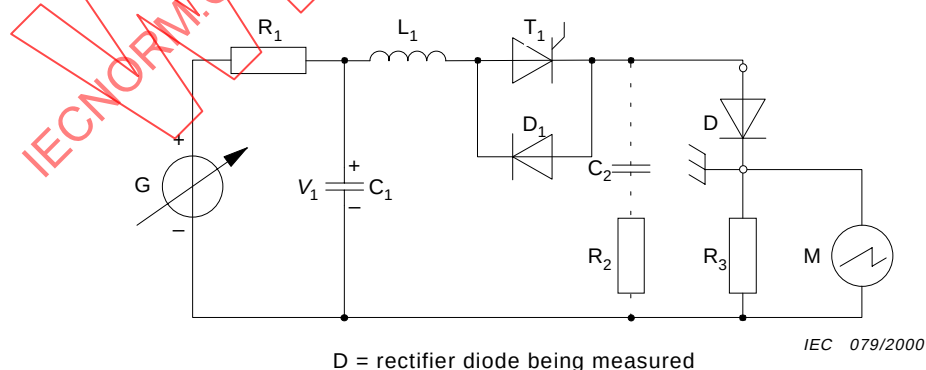
7.1.5 Recovered charge and reverse recovery time (Q_r, t_{rr})

7.1.5.1 Half sinewave method

Purpose

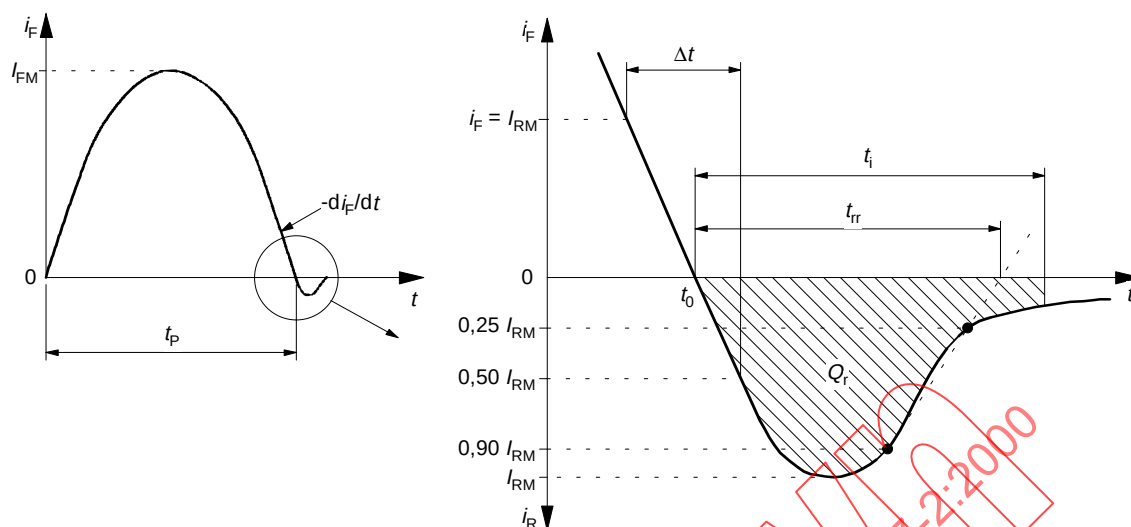
To measure the recovered charge Q_r and the reverse recovery time t_{rr} of a rectifier diode under specified conditions.

Circuit diagram and waveform



D = rectifier diode being measured

Figure 19 – Circuit diagram



IEC 080/2000

Figure 20 – Forme d'onde du courant traversant la diode D

Description et exigences du circuit

- C_1 = condensateur qui fournit le courant direct (voir aussi L_1)
- C_2 = condensateur qui limite la haute tension inverse induite
- D_1 = diode antiparallèle
- G = source de tension
- L_1 = inductance qui permet d'ajuster la vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ et la durée de l'impulsion ($t_p \cong \pi \sqrt{L_1 C_1}$)
- M = instrument de mesure (par exemple un oscilloscope)
- R_1 = résistance qui limite la charge de C_1
- R_2 = résistance qui limite la haute tension inverse induite
- R_3 = résistance étalonée non inductive qui permet de mesurer le courant
- T_1 = interrupteur électronique (par exemple un thyristor)

Procédure de mesure

Amorcer le thyristor T_1 et ajuster la source de tension G pour obtenir la valeur spécifiée du courant direct de pointe I_{FM} dans la diode D . La durée de l'impulsion t_p , la vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ et la tension V_1 aux bornes de C_1 doivent correspondre aux conditions spécifiées.

La charge recouvrée est mesurée comme suit:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0 + t_i} i_R \cdot dt$$

où

t_0 est l'instant où le courant passe par zéro;

t_i est le temps d'intégration spécifié, de préférence égal à la valeur maximale spécifiée de t_{rr} .

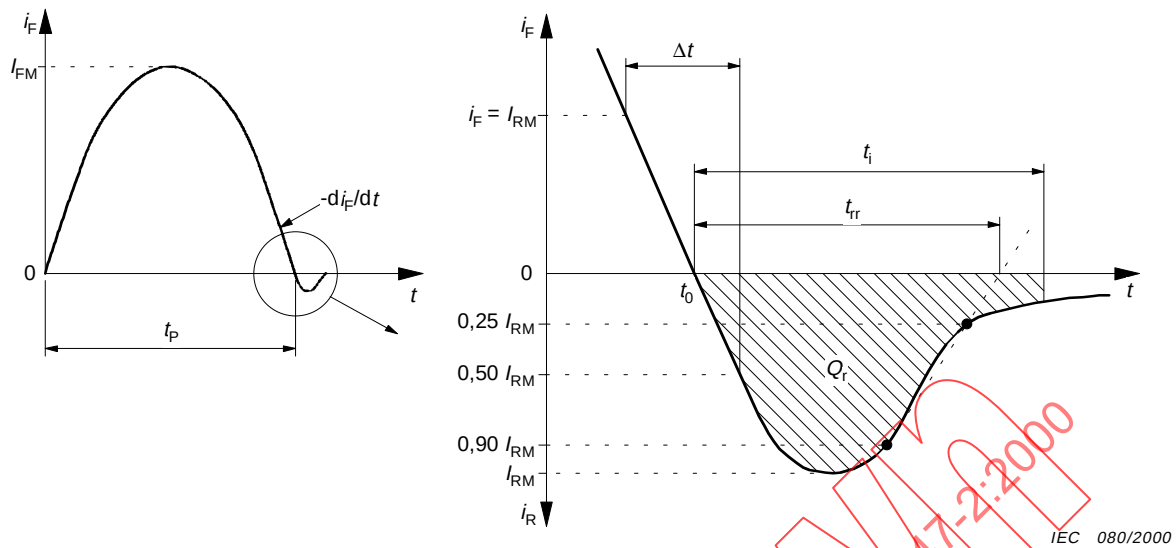


Figure 20 – Current waveform through the diode D

Circuit description and requirements

- C_1 = capacitor supplying the forward current (see also L_1)
- C_2 = capacitor limiting the high induced reverse voltage
- D_1 = antiparallel diode
- G = voltage source
- L_1 = inductor adjusting the rate of change of forward current $-di_F/dt$ and the pulse duration ($t_p \cong \pi\sqrt{L_1 C_1}$)
- M = measuring instrument (for example an oscilloscope)
- R_1 = resistor limiting the charge of C_1
- R_2 = resistor limiting the high induced reverse voltage
- R_3 = calibrated non-inductive current sensing resistor
- T_1 = electronic switch (for example a thyristor)

Measurement procedure

Thyristor T_1 is triggered and the voltage source G is adjusted to give the specified value of the peak forward current I_{FM} through the diode D . The pulse duration t_p , the rate of change of forward current $-di_F/dt$ and the voltage V_1 at the C_1 terminals shall be in accordance with the specified conditions.

The recovered charge is measured as:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_i} i_R \cdot dt$$

where

t_0 is the instant when the current passes through zero;

t_i is the specified integration time, preferably equal to the specified maximum value of t_{rr} .

Le temps de recouvrement inverse t_{rr} est l'intervalle de temps qui sépare t_0 de l'instant où la droite qui joint les valeurs décroissantes $0,9 I_{RM}$ et $0,25 I_{RM}$ de i_R coupe l'axe des courants nuls.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Courant direct de pointe I_{FM} .
- Tension V_1 aux bornes de C_1 .
- Durée d'impulsion du courant direct t_p .
- Vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ (voir note).
- Temps d'intégration t_i .
- C_1, C_2, R_2 .

NOTE La vitesse de variation du courant direct est mesurée au voisinage du passage du courant à zéro pour des valeurs de courant comprises entre $i_F = I_{RM}$ et $i_R = 0,5 I_{RM}$:

$$-\frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \text{ (voir figure 20)}$$

7.1.5.2 Méthode en onde rectangulaire

But

Mesurer la charge recouvrée Q_r et le temps de recouvrement inverse t_{rr} d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées.

Schéma et forme d'onde

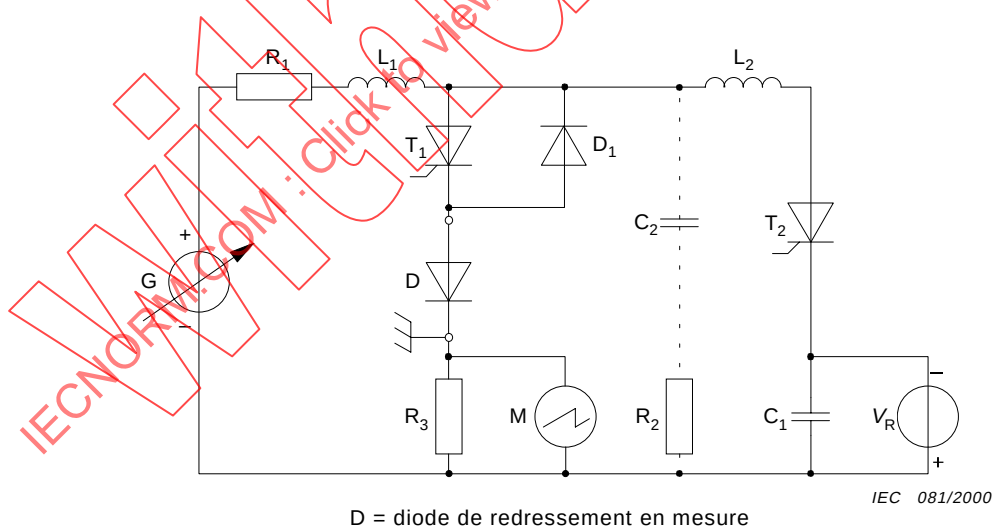


Figure 21 – Schéma

The reverse recovery time t_{rr} is measured as the time interval between t_0 and the instant when for decreasing values of i_R a line through the points for $0,9 I_{RM}$ and $0,25 I_{RM}$ crosses the zero current axis.

Specified conditions

- Ambient or case temperature.
- Peak forward current I_{FM} .
- Voltage V_1 at the C_1 terminals.
- Pulse duration of forward current t_p .
- Rate of change of forward current $-di_F/dt$ (see note).
- Integration time t_i .
- C_1 , C_2 , R_2 .

NOTE The rate of change of forward current is measured at zero crossing current, for current values between $i_F = I_{RM}$ and $i_R = 0,5 I_{RM}$.

$$-\frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \quad (\text{see figure 20})$$

7.1.5.2 Rectangular wave method

Purpose

To measure the recovered charge Q_r and the reverse recovery time t_{rr} of a rectifier diode under specified conditions.

~~Circuit diagram and waveform~~

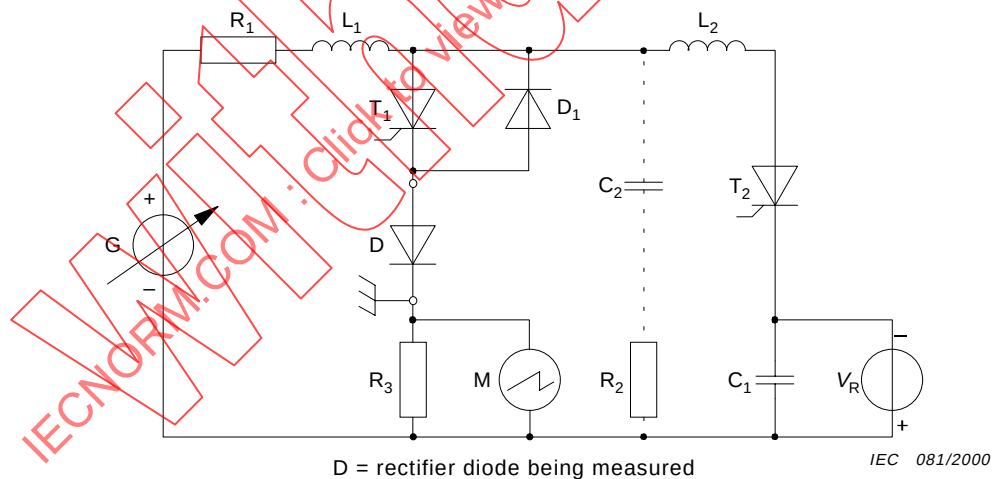


Figure 21 – Circuit diagram

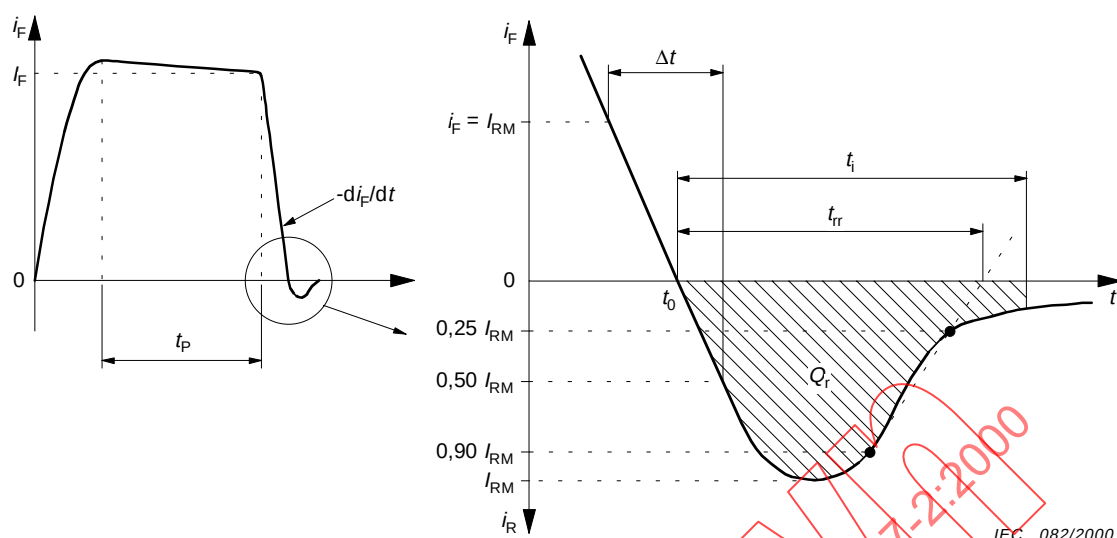


Figure 22 – Forme d'onde du courant traversant la diode D

Description et exigences du circuit

- C_1 = condensateur qui fournit le courant de recouvrement inverse
- C_2 = condensateur qui limite la haute tension inverse induite
- D_1 = diode antiparallèle
- G = source de tension
- L_1 = inductance qui bloque la tension inverse (la valeur de L_1/R_1 est choisie de façon à être très inférieure au temps t_p)
- L_2 = inductance qui permet d'ajuster la vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$
- M = instrument de mesure (par exemple un oscilloscope)
- R_1 = résistance qui limite le courant direct
- R_2 = résistance qui limite la haute tension inverse induite
- R_3 = résistance étalonée non inductive qui permet de mesurer le courant
- T_1 et T_2 = interrupteurs électroniques (par exemple des thyristors).

Procédure de mesure

Amorcer le thyristor T_1 et ajuster la source de tension G pour obtenir la valeur spécifiée du courant direct (I_F) avant l'amorçage de T_2 .

Amorcer le thyristor T_2 après le temps t_p et inverser le courant dans la diode en mesure à l'aide d'une tension inverse V_R appliquée extérieurement.

Ajuster la vitesse de variation du courant direct à la valeur spécifiée grâce à la tension inverse V_R associée au condensateur C_1 et à l'inductance L_2 .

La charge recouverte est mesurée comme suit:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_i} i_R \cdot dt$$

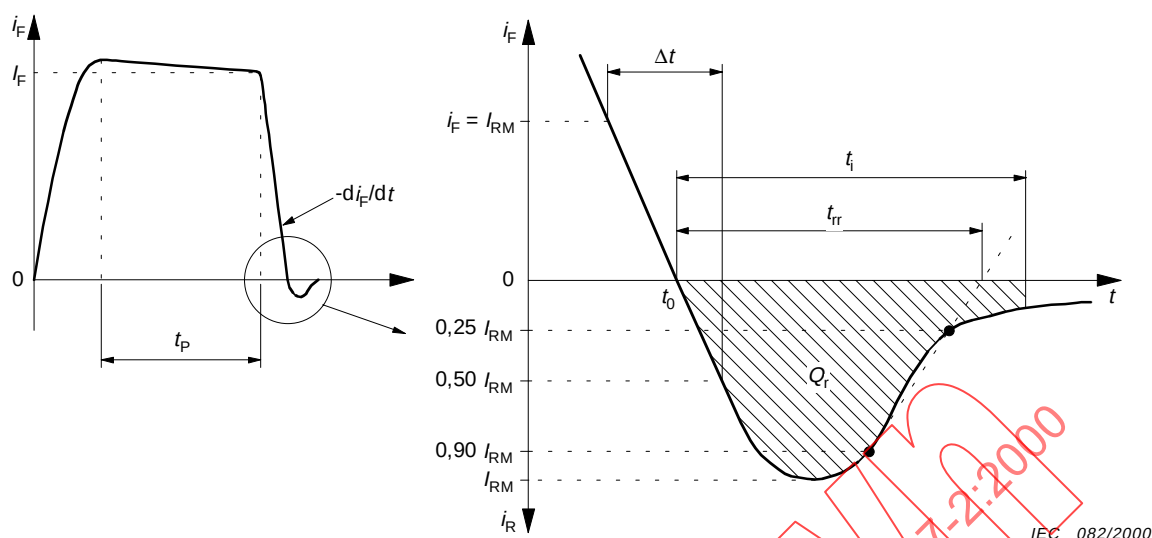


Figure 22 – Current waveform through the diode D

Circuit description and requirements

- C_1 = capacitor supplying the reverse recovery current
- C_2 = capacitor limiting the high induced reverse voltage
- D_1 = antiparallel diode
- G = voltage source
- L_1 = inductor blocking the reverse voltage (the value of L_1/R_1 is selected to be much smaller than the time t_p)
- L_2 = inductor adjusting the rate of change of forward current $-di_F/dt$
- M = measuring instrument (for example an oscilloscope)
- R_1 = resistor limiting forward current
- R_2 = resistor limiting the high induced reverse voltage
- R_3 = calibrated non-inductive current sensing resistor
- T_1 and T_2 = electronic switches (for example thyristors).

Measurement procedure

Thyristor T_1 is triggered and the voltage source G is adjusted to give the specified value of forward current (I_F) before triggering T_2 .

Thyristor T_2 is triggered after the time t_p and the diode current is reversed by means of an externally applied reverse voltage V_R .

The rate of change of forward current is adjusted to the specified value by means of the reverse voltage V_R in association with capacitor C_1 and inductor L_2 .

The recovered charge is measured as:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_i} i_R \cdot dt$$

où

t_0 est l'instant où le courant passe par zéro;

t_i est le temps d'intégration spécifié, de préférence égal à la valeur maximale spécifiée de t_{rr} .

Le temps de recouvrement inverse t_{rr} est l'intervalle de temps qui sépare t_0 de l'instant où la droite qui joint les valeurs décroissantes $0,9 I_{RM}$ et $0,25 I_{RM}$ de i_R coupe l'axe des courants nuls.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Courant direct I_F (avant l'amorçage de T_2).
- Tension inverse V_R .
- Durée d'impulsion du courant direct t_p .
- Vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ (voir note).
- Temps d'intégration t_i .
- L_1, L_2, C_2, R_2 .

NOTE La vitesse de variation du courant direct est mesurée au voisinage du passage du courant à zéro, pour des valeurs de courant comprises entre $i_F = I_{RM}$ et $i_R = 0,5 I_{RM}$.

$$-\frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \quad (\text{voir figure 22})$$

7.1.6 Temps de recouvrement direct, (t_{fr}) et tension de recouvrement direct de pointe (V_{FRM})

But

Mesurer le temps de recouvrement direct et la tension de recouvrement direct de pointe d'une diode de redressement.

Schéma et formes d'onde d'essai

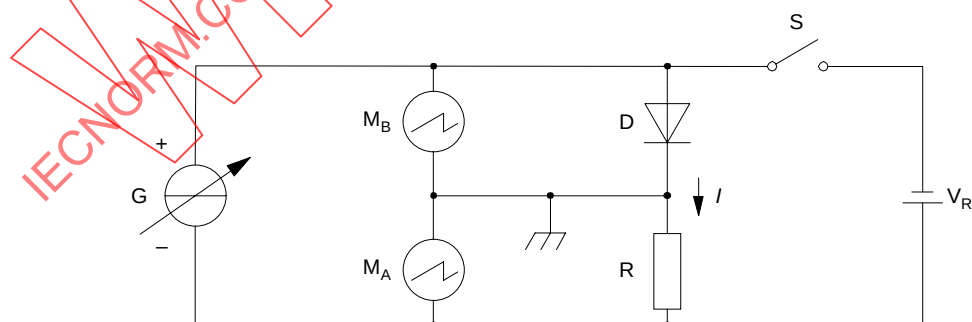


Figure 23 – Schéma

IEC 083/2000

where

t_0 is the instant when the current passes through zero;

t_i is the specified integration time, preferably equal to the specified maximum value of t_{rr} .

The reverse recovery time t_{rr} is measured as the time interval between t_0 and the instant when for decreasing values of i_R a line through the points for $0,9 I_{RM}$ and $0,25 I_{RM}$ crosses the zero current axis.

Specified conditions

- Ambient or case temperature.
- Forward current I_F (before triggering T_2).
- Reverse voltage V_R .
- Pulse duration of forward current t_p .
- Rate of change of forward current $-di_F/dt$ (see note).
- Integration time t_i .
- L_1 , L_2 , C_2 , R_2 .

NOTE The rate of change of forward current is measured at zero crossing current, for current values between $i_F = I_{RM}$ and $i_R = 0,5 I_{RM}$.

$$-\frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \quad (\text{see figure 22})$$

7.1.6 Forward recovery time (t_{fr}) and peak forward recovery voltage (V_{FRM})

Purpose

To measure the forward recovery time and the peak forward recovery voltage of a rectifier diode.

Circuit diagram and test waveform

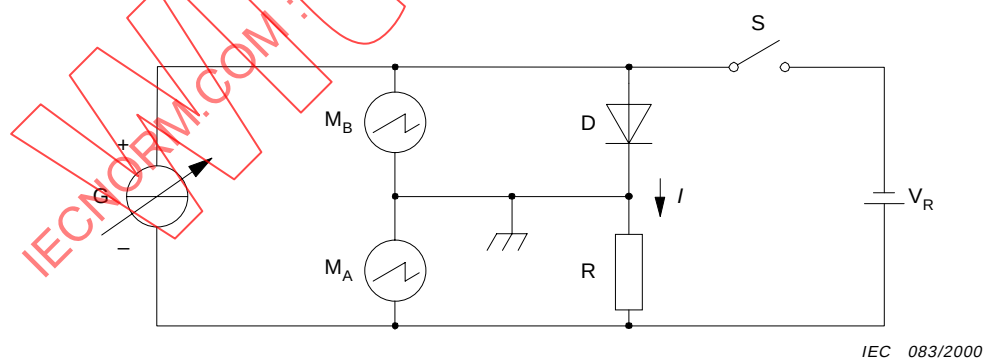


Figure 23 – Circuit diagram

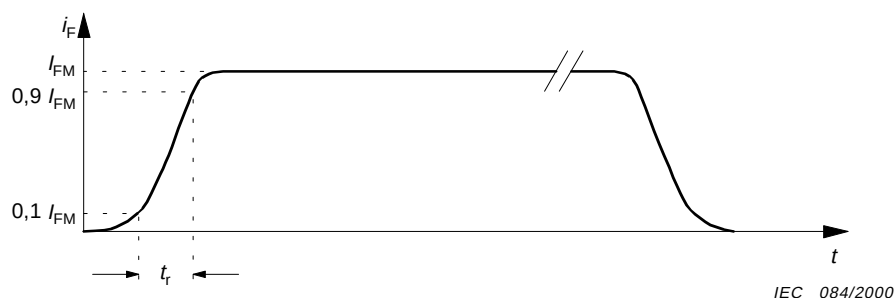


Figure 24a – Forme d'onde du courant

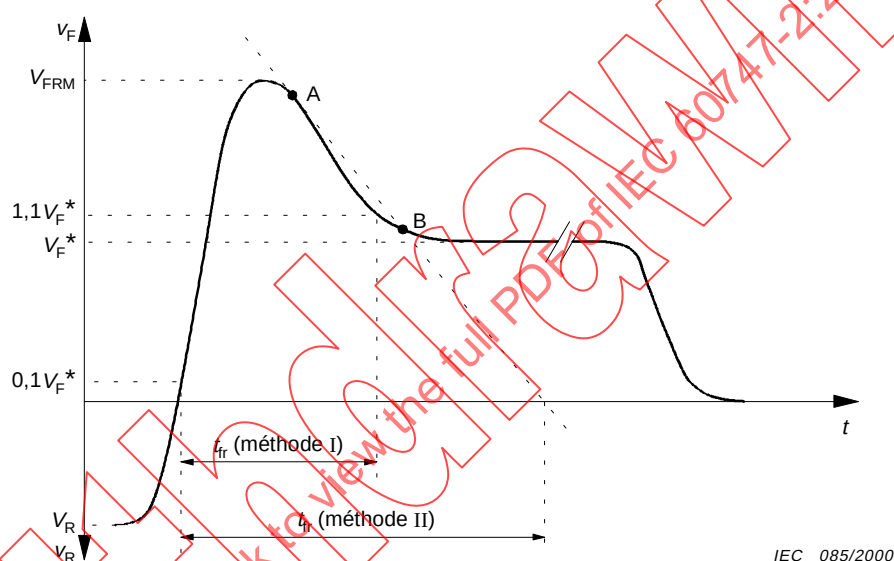


Figure 24b – Forme d'onde de la tension

Figure 24 – Formes d'onde du courant et de la tension

Description et exigences du circuit

- D = diode en mesure
- G = générateur d'impulsions en courant dont la tension de sortie en circuit ouvert atteint au moins 50 V ou trois V_{FRM} (la plus forte valeur étant retenue)
- R = résistance étalonée non inductive
- S = interrupteur électronique, fermé sauf temporairement à partir du début de l'impulsion en courant et pendant toute sa durée
- M_A et M_B = oscilloscopes ou autres instruments de mesure

La durée de l'impulsion doit être suffisamment longue pour que la tension directe puisse atteindre la valeur stable V_F^* .

La durée d'impulsion et le facteur d'utilisation du générateur d'impulsions en courant doivent être tels qu'ils ne provoquent pas d'échauffement significatif de la diode.

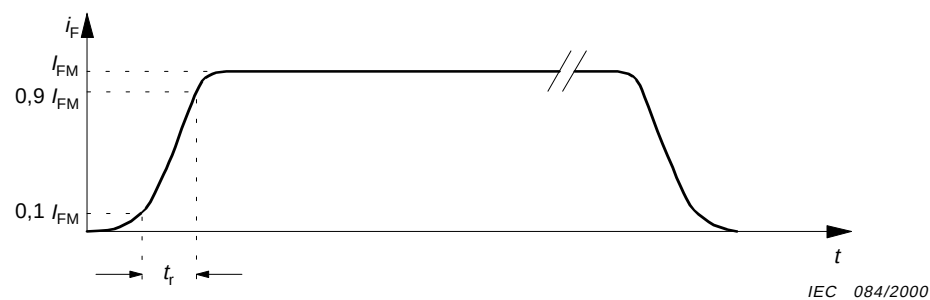


Figure 24a – Current waveform

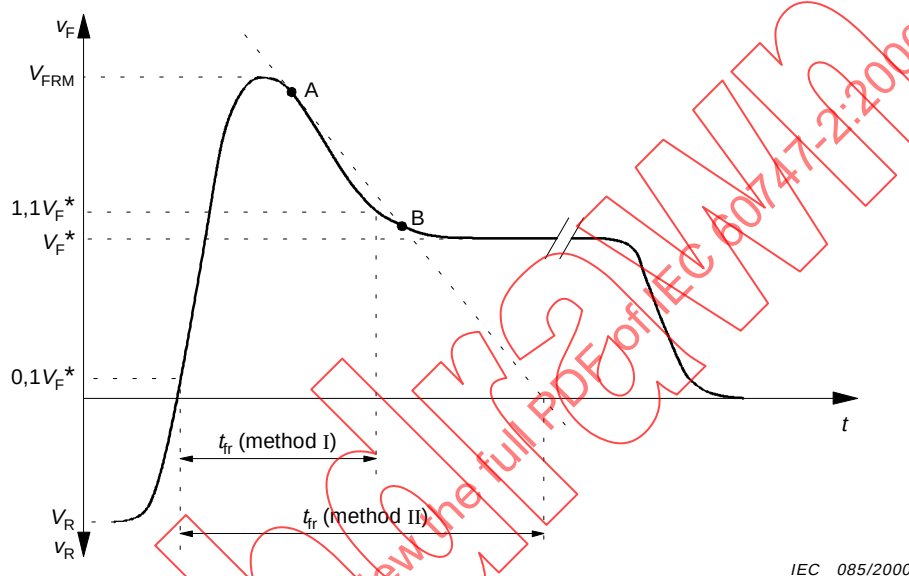


Figure 24b – Voltage waveform

Figure 24 – Current and voltage waveforms

Circuit description and requirements

- D = diode being measured
- G = current-pulse generator having a compliance voltage (open-circuit output voltage) 50 V minimum or three times V_{FRM} , whichever is greater
- R = non-inductive calibrated resistor
- S = electronic switch, which is closed except for a period starting just before the current pulse and throughout its duration

M_A and M_B = oscilloscopes or other monitoring instruments

The pulse duration shall be long enough for the forward voltage to have reached the stable value V_F^* .

The pulse duration and the duty cycle of the current-pulse generator should be such that negligible internal heating of the diode occurs.

Procédure de mesure

Régler la température à la valeur spécifiée.

Par observation de la forme d'onde du courant sur M_A , régler le générateur d'impulsions en courant aux conditions spécifiées: temps de montée t_r , courant direct I_{FM} .

Régler la tension inverse V_R à la valeur spécifiée et faire en sorte que la position de S corresponde à ce qui est prévu.

Mesurer, selon la méthode spécifiée, sur M_B , la tension de recouvrement direct de pointe V_{FRM} et le temps de recouvrement direct t_{fr} sur la forme d'onde de la tension aux bornes de la diode.

Conditions spécifiées

- a) Température virtuelle de jonction (T_{vj}).
- b) Courant direct de pointe (I_{FM}).
- c) Temps de montée de l'impulsion de courant (t_r) (compris entre 10 % et 90 % de I_{FM} , sauf spécification contraire).
- d) Méthode I: Tensions définissant le début et la fin du temps de recouvrement direct si ces valeurs diffèrent de 10 % et 110 % de V_F^* respectivement.
- e) Méthode II: Tension des pointes A et B en pourcentage de V_{FRM} .
- f) Tension inverse (V_R).

7.2 Méthodes de mesure des caractéristiques thermiques

7.2.1 Température du point de référence

7.2.1.1 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.

7.2.1.2 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.

7.2.2 Résistance thermique et impédance thermique transitoire

7.2.2.1 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 directe d'une diode de redressement, pour une valeur de courant égale à un petit pourcentage de la valeur limite de celui-ci, est normalement employée comme paramètre sensible à la température.

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

Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

While monitoring the current waveform on M_A , the current-pulse source is adjusted to the specified conditions of rise time t_r and forward current I_{FM} .

The reverse voltage V_R is adjusted to the specified value, and switch S is appropriately set.

The peak forward recovery voltage V_{FRM} and the forward recovery time t_{fr} are measured on the waveform of voltage across the diode on M_B in accordance with the specified specification method.

Specified conditions

- Virtual junction temperature (T_{vj}).
- Peak forward current (I_{FM}).
- Rise time of current pulse (t_r) (between 10 % and 90 % of I_{FM} , unless otherwise stated).
- Specification method I: Voltages defining beginning and end of the forward recovery time, if different from 10 % and 110 %, respectively, of V_F^* .
- Specification method II: Voltage in points A and B in per cent of V_{FRM} .
- Reverse voltage (V_R).

7.2 Measuring methods for thermal characteristics

7.2.1 Reference point temperature

7.2.1.1 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).

7.2.1.2 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.

7.2.2 Thermal resistance and transient thermal impedance

7.2.2.1 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 forward voltage of a rectifier diode, 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.

7.2.2.2 Résistance thermique (R_{th})

But

Mesurer la résistance thermique entre la jonction et un point de référence (de préférence sur le boîtier) d'une diode de redressement.

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 directe pour un courant de référence donné pour vérifier qu'on a bien la même température de jonction.

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

Schéma de base

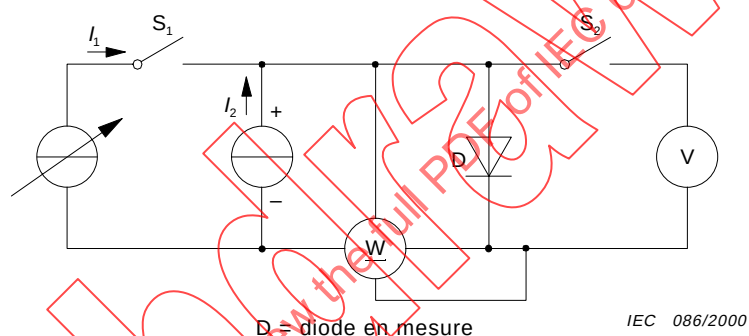


Figure 25 – Schéma

Description et exigences du circuit

- I_1 = courant de charge provoquant la dissipation de puissance P dans la jonction; soit 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
- W = wattmètre qui indique la puissance dissipée P 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

7.2.2.2 Thermal resistance (R_{th})

Purpose

To measure the thermal resistance between the junction and a reference point (preferably at the case) of a rectifier diode.

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 forward voltage at a reference current is used to verify that the same junction temperature has been reached.

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

Basic circuit diagram

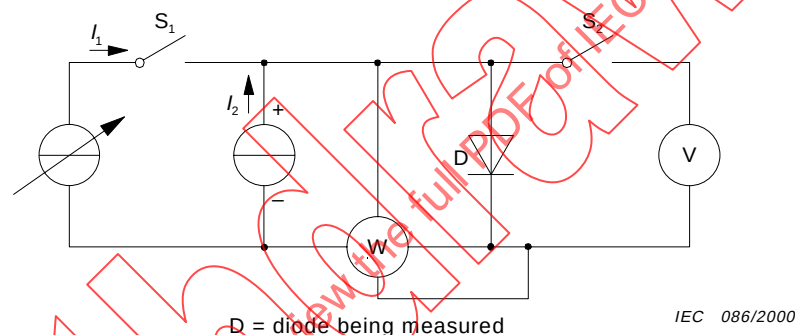


Figure 25 – Circuit diagram

Circuit description and requirements

- I_1 = load current generating the power dissipation 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
- W = wattmeter to indicate the power dissipation 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

Précautions à prendre

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.

NOTE Le courant de charge I_1 défini en d) ci-dessus 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.

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 R_{th} d'après l'expression suivante:

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

7.2.2.3 Impédance thermique transitoire ($Z_{th}(t)$)

But

Mesurer l'impédance thermique transitoire entre la jonction et un point de référence (de préférence sur le boîtier) d'une diode de redressement.

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 directe 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.

Precautions to be observed

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.

NOTE The load current I_1 listed in d) above 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 .

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:

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

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

Purpose

To measure the transient thermal impedance between the junction and a reference point (preferably at the case) of a rectifier diode.

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 forward 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.

Schéma de base

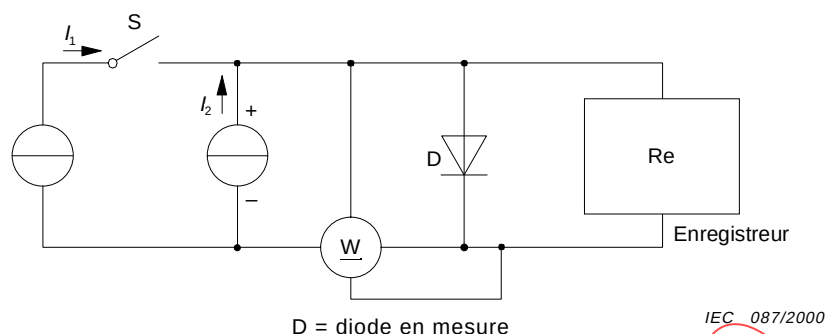


Figure 26 – Schéma

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
- 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

Exécution

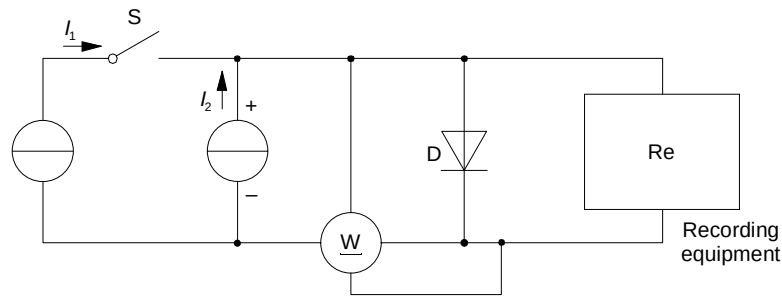
- 1) Préparer une courbe d'étalonnage en mesurant la tension directe due au courant de référence I_2 en fonction de la température virtuelle de jonction, en faisant varier la température externe du dispositif, par exemple au moyen d'un bain d'huile.
- 2) Fixer le dispositif mesuré sur un radiateur maintenu 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 directe due au courant de référence I_2 en fonction du temps de refroidissement. Enregistrer la température du point de référence pendant ce même temps.
- 4) Convertir la courbe de tension directe 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 .

Basic circuit diagram

IEC 087/2000

D = diode being measured

Figure 26 – Circuit diagram*Circuit description and requirements*

- I_1 = load current generating the power dissipation P in the junction
- I_2 = reference d.c. current
- S = 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 oscilloscope to record the time variation of the forward voltage caused by I_2

Measurement procedure

- 1) A calibration curve is prepared by measuring the 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 forward 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) The curve of the recorded forward voltage is converted to the virtual junction temperature $T_{(\text{vj})}$ by means of the calibration curve. The transient thermal impedance $Z_{\text{th}}(t)$ is calculated using the expression:

$$Z_{\text{th}}(t) = \frac{[T_{(\text{vj})}(0) - T_{\text{ref}}(0)] - [T_{(\text{vj})}(t) - T_{\text{ref}}(t)]}{P}$$

where

$T_{(\text{vj})}(0)$, $T_{\text{ref}}(0)$ are the temperatures at the time $t = 0$ when opening S;

$T_{(\text{vj})}(t)$, $T_{\text{ref}}(t)$ are the temperatures at the time t .

7.3 Méthodes d'essai pour la vérification des valeurs limites

7.3.1 Courant direct non répétitif de surcharge accidentelle

But

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

Schéma

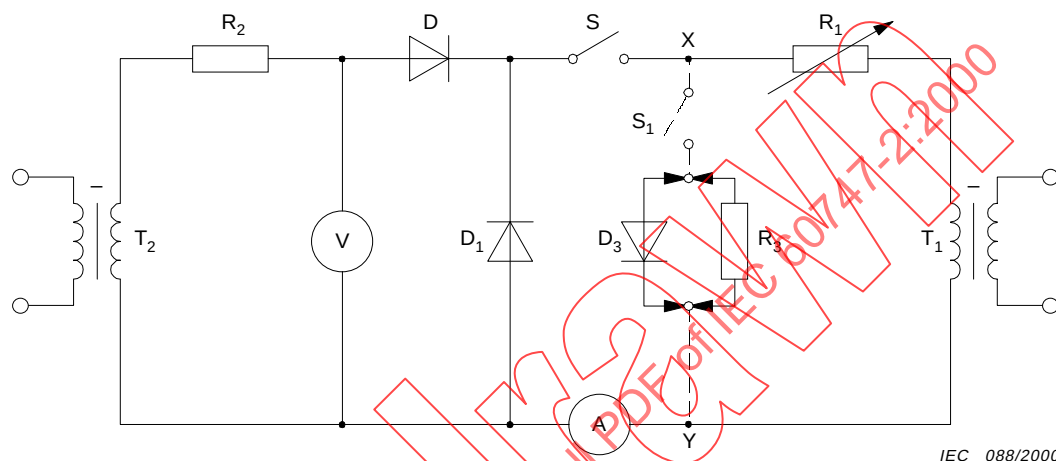


Figure 27 – Schéma

Description et exigences du circuit

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

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

Ces circuits ne sont pas obligatoires.

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

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

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

7.3 Verification test methods for ratings (limiting values)

7.3.1 Surge (non-repetitive) forward current

Purpose

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

Circuit diagram

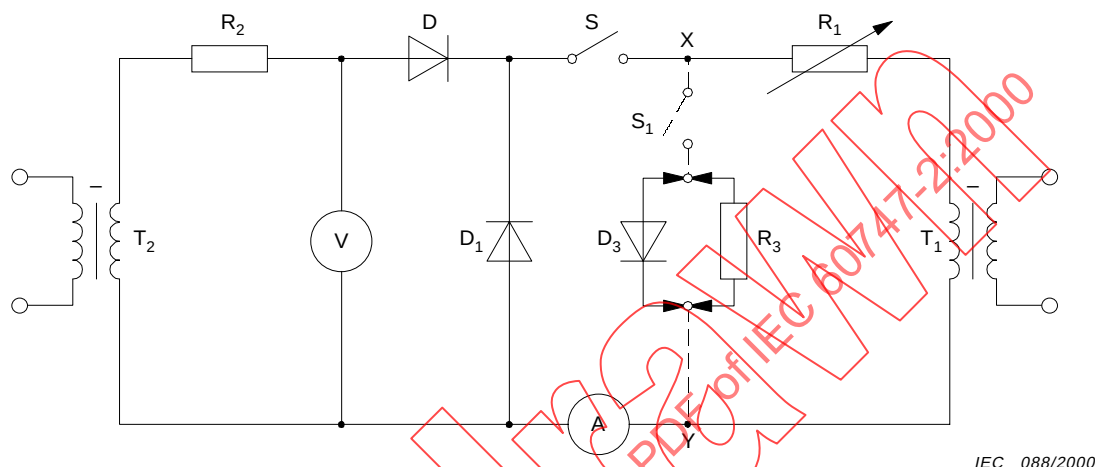


Figure 27 – Circuit diagram

Circuit description and requirements

- A = peak reading instrument (e.g. ammeter or oscilloscope)
- D₁ = diode under test
- D₂ = diode to block the forward voltage supplied by transformer T₂
- R₁ = surge current setting resistor which should be large compared with the forward resistance of diode D₃, when present (see note below)
- R₂ = protective resistor which should be as small as practicable
- S = electromechanical or electronic switch with a conduction angle of approximately 180° during the forward (surge) half-cycle
- T₁ = high-current low-voltage transformer supplying through S the forward (surge) half-cycle. The current waveshape should be essentially a half-sine wave of approximately 10 ms (or 8,3 ms) duration, with a repetition rate of approximately 50 (or 60) pulses per second
- T₂ = low-current high-voltage transformer supplying through diode D₂ the reverse half-cycle; if fed from a separate source, its phase must be the same as that feeding T₁. The voltage shape should be essentially a half-sine wave
- V = peak reading instrument (e.g. voltmeter or oscilloscope).

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

These circuits are not mandatory.

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

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

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

Exécution

Mettre à zéro les sources de tension et de courant.

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

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

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

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

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

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes doivent être données:

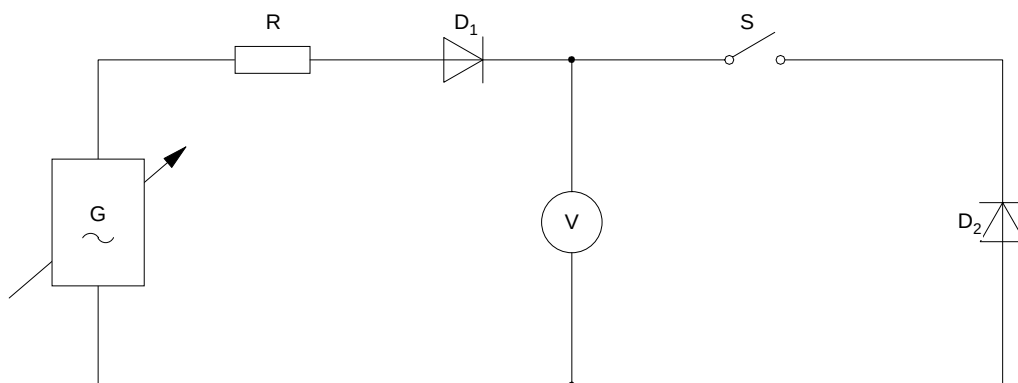
- tension inverse de pointe;
- courant direct (non répétitif) de surcharge accidentelle;
- impédance maximale de la source de tension inverse;
- nombre de cycles par surcharge, nombre de surcharges accidentelles et vitesse de répétition;
- température ambiante, température de boîtier ou température d'un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

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

But

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

Schéma



IEC 089/2000

Figure 28 – Schéma

Test procedure

The voltage and current sources are set to zero.

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

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

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

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

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

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

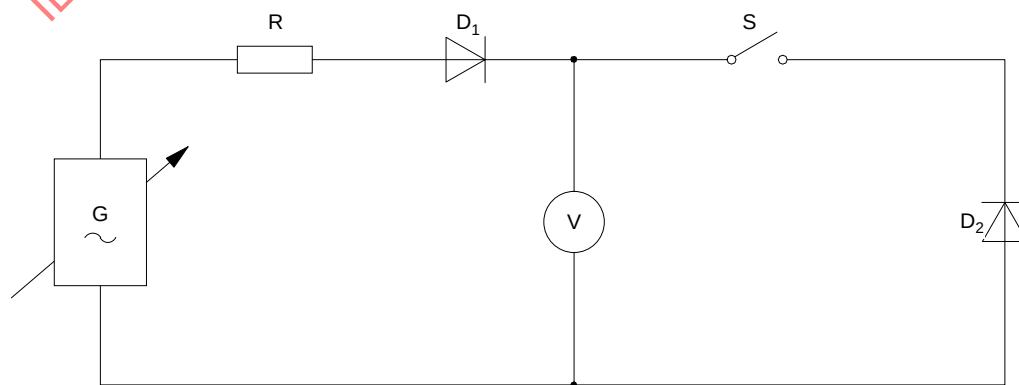
- peak reverse voltage;
- surge (non-repetitive) forward current;
- maximum impedance of the reverse voltage source;
- number of cycles per surge, number of surges and repetition rate;
- ambient, case or reference-point temperature;
- post-test measurement limits.

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

Purpose

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

Circuit diagram



IEC 089/2000

Figure 28 – Circuit diagram

Description et exigences du circuit

- D_1 = diode fournissant des demi-alternances négatives de sorte que l'on mesure seulement la caractéristique inverse de la diode en essai
- D_2 = diode en essai
- G = source de tension alternative
- S = interrupteur électromécanique ou électronique (ayant un angle de conduction d'environ 180°) qui permet d'appliquer la tension du générateur à la diode de redressement en essai pendant la demi-période inverse
- V = appareil de mesure de crête

Exécution

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

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

On vérifie les conditions de température spécifiées.

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

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

Conditions spécifiées

Les valeurs des conditions suivantes devront être données:

- a) tension inverse de pointe non répétitive;
- b) température ambiante, température du boîtier ou température d'un point de référence;
- c) durée de l'impulsion demi-sinusoïdale;
- d) nombre d'impulsions et vitesse de répétition;

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

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

7.3.3 Puissance inverse de pointe (répétitive ou non répétitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée

But

Vérifier la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée dans des conditions spécifiées.

Les trois méthodes d'essai suivantes sont décrites:

- A – avec une impulsion de forme d'onde triangulaire.
- B – avec une impulsion de forme d'onde sinusoïdale.
- C – avec une impulsion de forme d'onde rectangulaire.

Circuit description and requirements

- D_1 = diode to provide negative half-cycles, so that only the reverse characteristic of the diode under test is measured
- D_2 = diode under test
- G = alternating voltage source
- S = electromechanical or electronic switch (with a conduction angle of approximately 180°) which applies the source voltage to the rectifier diode under test for one half-cycle in the reverse direction
- V = peak reading instrument

Test procedure

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

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

The specified temperature conditions are checked.

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

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

Specified conditions

The values of the following conditions should be stated:

- non-repetitive peak reverse voltage;
- ambient, case or reference-point temperature;
- duration of the half-cycle pulse;
- number of pulses and repetition rate;

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

- post-test measurement limits.

7.3.3 Peak reverse power (repetitive or non-repetitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes*Purpose*

To verify the peak reverse power rating of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes under specified conditions.

The following three test methods are described:

- with a triangular waveform pulse.
- with a sinusoidal waveform pulse.
- with a rectangular waveform pulse.

Description et exigences du circuit

7.3.3.1 Méthode A: Méthode avec impulsion de forme d'onde triangulaire

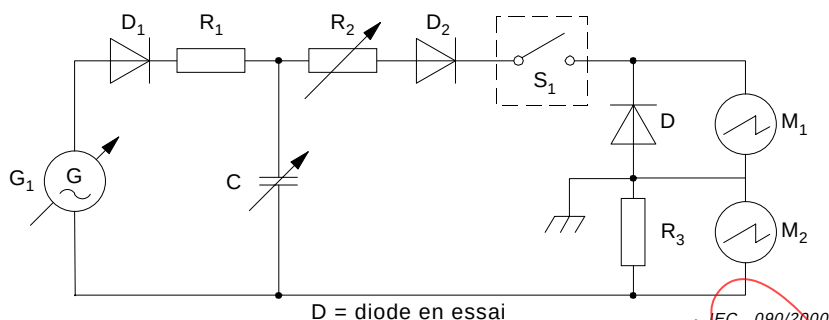


Figure 29 – Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde triangulaire)

G_1 = source de tension alternative réglable

D_1 = diode de redressement

R_1 = résistance destinée à limiter le courant

C = condensateur variable destiné à régler la durée d'impulsion

R_2 = résistance variable non inductive destinée à régler la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir 7.3.3.3)

D_2 = diode de blocage, si nécessaire

S_1 = interrupteur électromécanique ou électronique destiné à décharger le condensateur C (par exemple éclateur ou thyristor)

R_3 = résistance non inductive destinée à la lecture du courant

M_1 = appareil (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir 7.3.3.3)

M_2 = équipement (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la durée d'impulsion de courant inverse

M_1 et M_2 peuvent être associés (par exemple oscilloscope à double faisceau).

L'impulsion de courant inverse doit être comme indiqué à la figure 30.

Circuit description and requirements

7.3.3.1 Method A: Triangular waveform pulse method

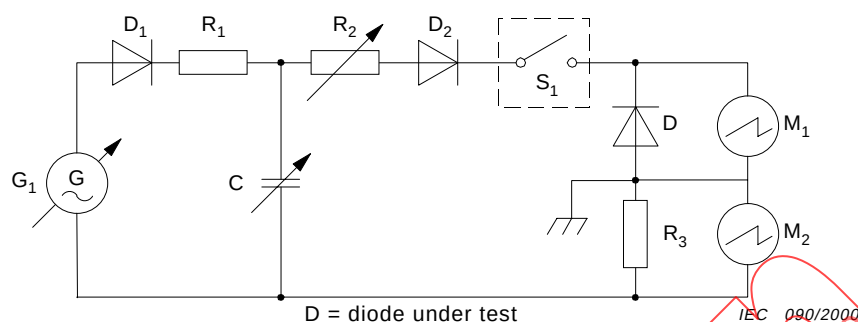


Figure 29 – Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (triangular waveform reverse current method)

G_1 = adjustable a.c. voltage source

D_1 = rectifier diode

R_1 = current limiting resistor

C = variable capacitor for adjusting the pulse duration

R_2 = variable non-inductive resistor for adjusting the peak open-circuit reverse voltage (see 7.3.3.3)

D_2 = blocking diode, if necessary

S_1 = electromechanical or electronic switch to discharge capacitor C (e.g. spark gap or thyristor)

R_3 = non-inductive current sensing resistor

M_1 = instrument (e.g. oscilloscope) for measuring the peak open-circuit reverse voltage (see 7.3.3.3)

M_2 = equipment (e.g. oscilloscope) for measuring the reverse current pulse duration

M_1 and M_2 may be combined (e.g. dual-channel oscilloscope).

The reverse pulse should be as shown in figure 30.

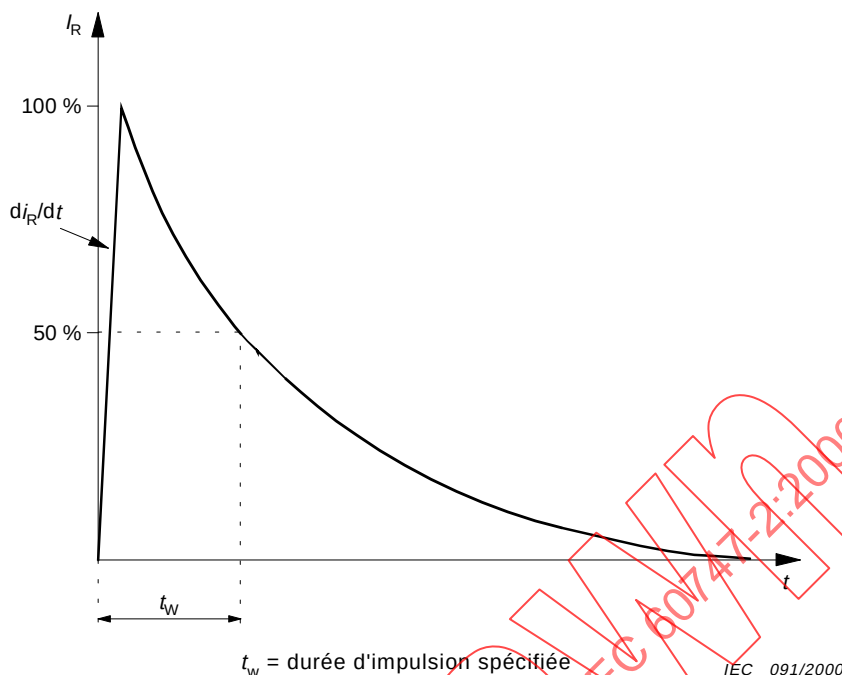


Figure 30 – Forme d'onde du courant inverse

7.3.3.2 Méthode B: Méthode avec impulsion de forme d'onde sinusoïdale

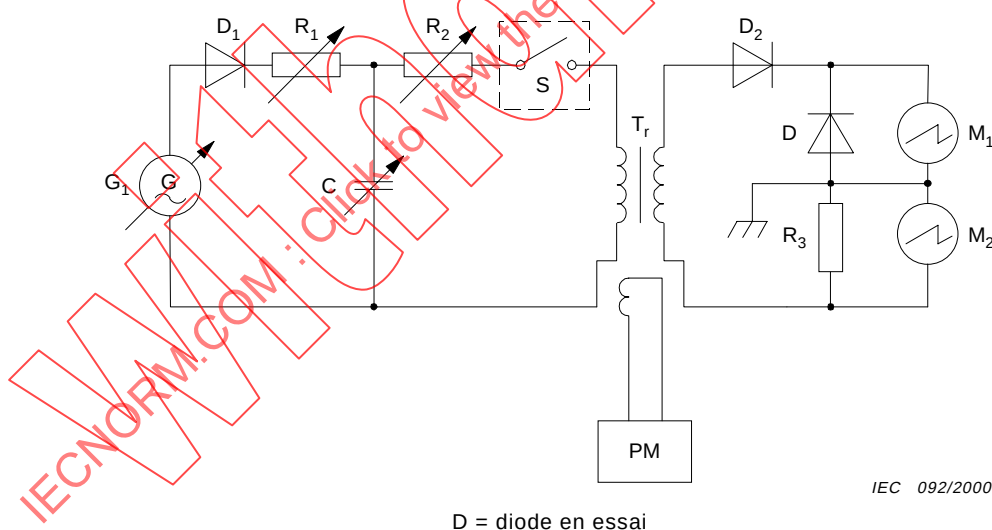


Figure 31 – Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde sinusoïdale)

- G_1 = source de tension alternative réglable
- D_1 = diode de redressement
- R_1 = résistance destinée à limiter le courant
- C = condensateur variable destiné à régler la durée d'impulsion
- R_2 = résistance variable non inductive destinée à régler la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir 7.3.3.3)
- S = interrupteur électromécanique ou électronique destiné à décharger le condensateur C dans l'enroulement primaire du transformateur T_r (par exemple éclateur ou thyristor)

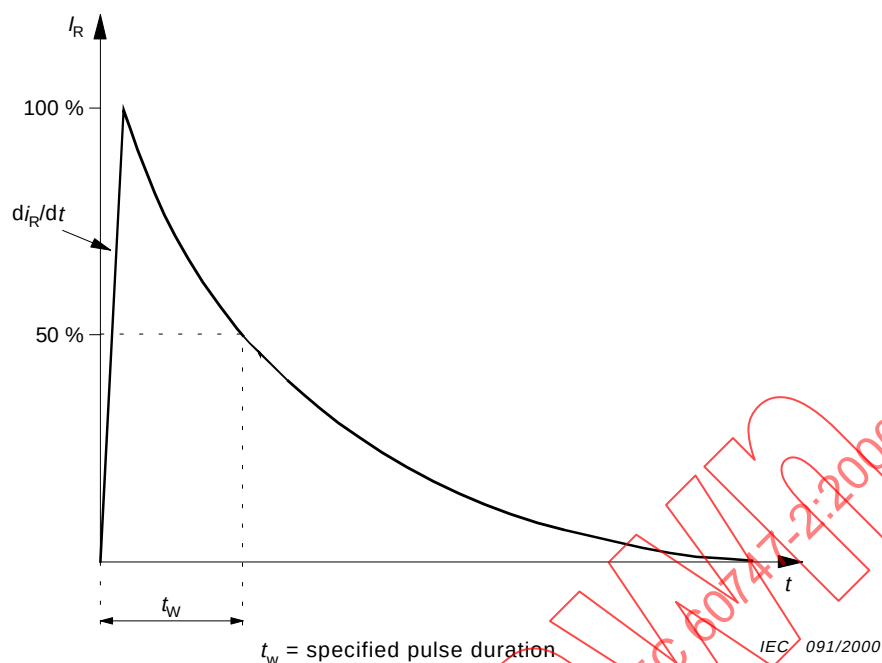


Figure 30 – Reverse current waveform

7.3.3.2 Method B: Sinusoidal waveform pulse method

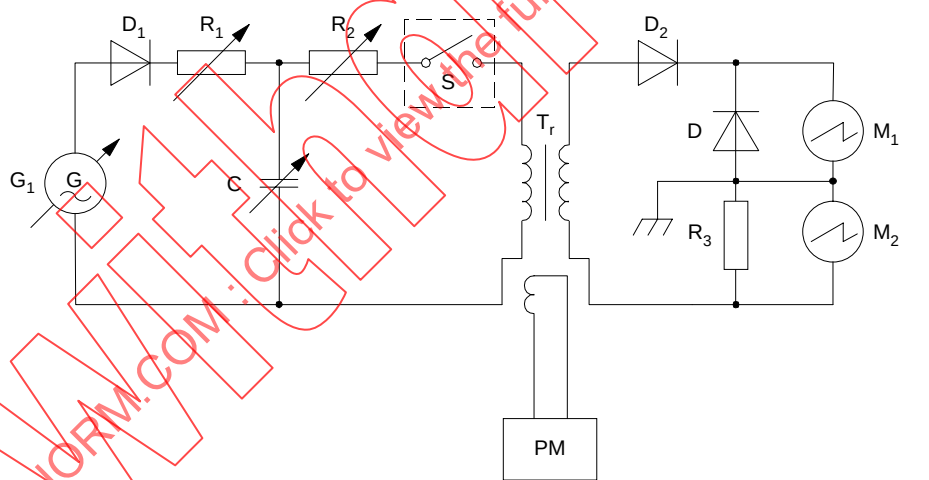


Figure 31 – Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (sinusoidal waveform reverse current method)

G_1 = adjustable a.c. voltage source

D_1 = rectifier diode

R_1 = current limiting resistor

C = variable capacitor for adjusting the pulse duration

R_2 = variable non-inductive resistor for adjusting the peak open-circuit reverse voltage (see 7.3.3.3)

S = electromechanical or electronic switch to discharge capacitor C over the primary winding of transformer T_r (e.g. spark gap or thyristor)

T_r = transformateur à haute tension

PM = source de prémagnétisation ou tout autre moyen permettant d'éviter la saturation de T_r

D_2 = diode de blocage, si nécessaire

R_3 = résistance non inductive destinée à la lecture du courant

M_1 = appareil (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir 7.3.3.3)

M_2 = équipement (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la durée d'impulsion de courant inverse

M_1 et M_2 peuvent être associés (par exemple oscilloscope à double faisceau).

L'impulsion de courant inverse doit être comme indiqué à la figure 32.

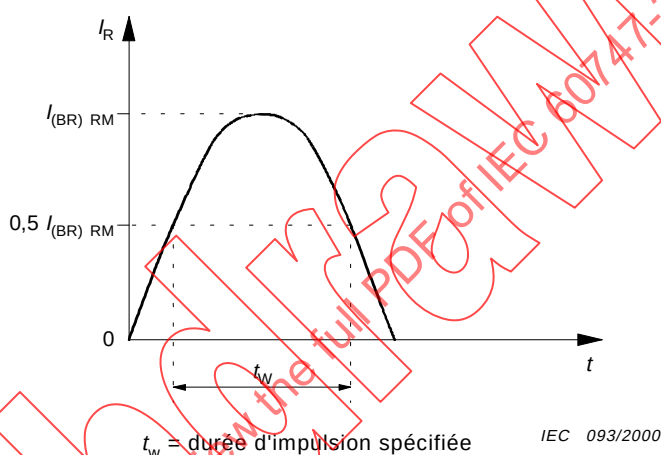


Figure 32 – Forme d'onde du courant inverse

7.3.3.3 Méthode C: Méthode avec impulsion de forme d'onde rectangulaire

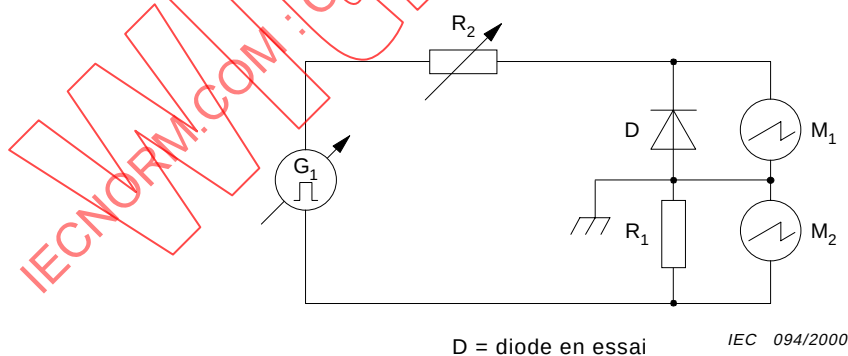


Figure 33 – Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde rectangulaire)

G_1 = générateur d'impulsions réglable capable de fournir des impulsions de tension uniques ou multiples de forme d'onde rectangulaire

R_1 = résistance non inductive destinée à la lecture du courant

R_2 = résistance variable non inductive destinée à régler la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir 7.3.4)

T_r = high-voltage transformer

PM = pre-magnetizing source or other suitable means to prevent saturation of T_r

D_2 = blocking diode, if necessary

R_3 = non-inductive current sensing resistor

M_1 = instrument (e.g. oscilloscope) for measuring the peak open-circuit reverse voltage (see 7.3.3.3)

M_2 = equipment (e.g. oscilloscope) for measuring the reverse current pulse duration

M_1 and M_2 may be combined (e.g. dual-channel oscilloscope).

The reverse current pulse should be as shown in figure 32.

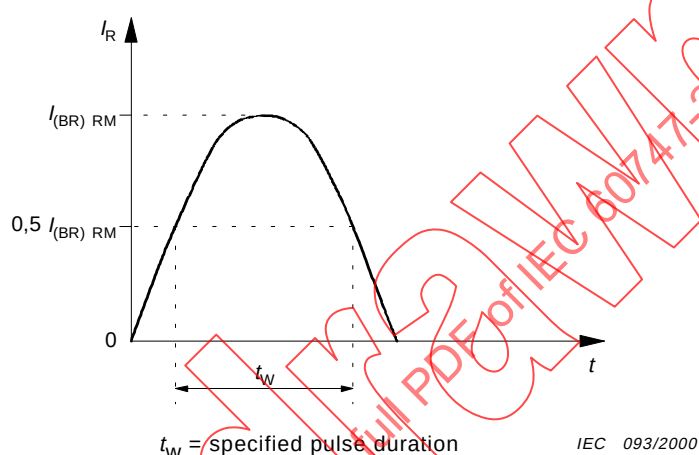


Figure 32 – Reverse current waveform

7.3.3.3 Method C: Rectangular waveform pulse method

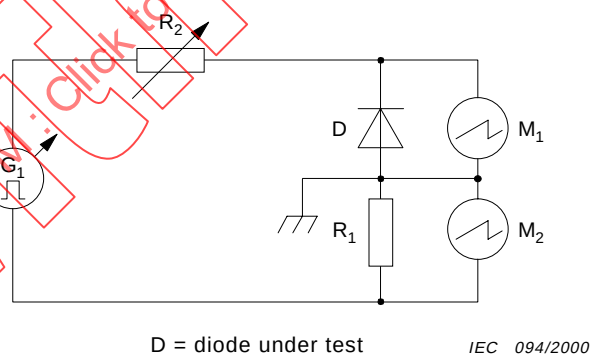


Figure 33 – Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (rectangular waveform reverse current method)

G_1 = adjustable pulse generator source capable of providing single or multiple rectangular voltage pulses

R_1 = non-inductive current sensing resistor

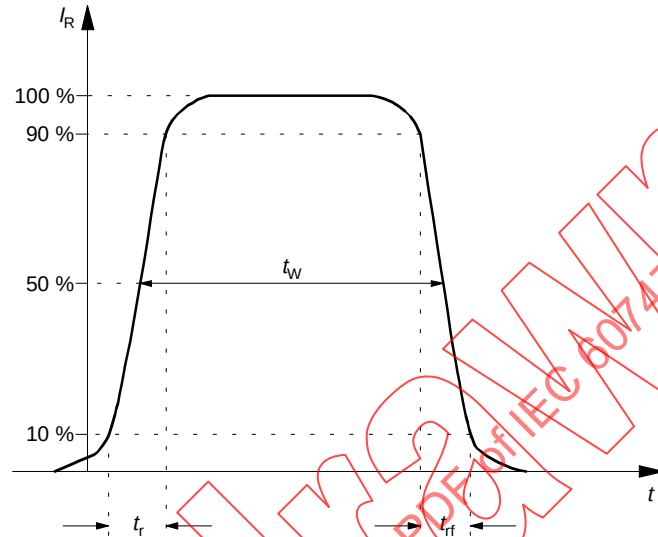
R_2 = variable non-inductive resistor for adjusting the peak open-circuit reverse voltage (see 7.3.4)

M_1 = appareil (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir 7.3.4)

M_2 = équipement (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la durée d'impulsion de courant inverse

M_1 et M_2 peuvent être associés (par exemple oscilloscope à double faisceau).

L'impulsion de courant inverse doit être comme indiqué à la figure 34.



t_W = durée moyenne spécifiée d'impulsion à 50 % de l'amplitude

$t_r \leq 20 \% t_W$

$t_{rf} \leq 20 \% t_W$

IEC 095/2000

Figure 34 – Forme d'onde du courant inverse

7.3.3.4 Procédure de réglage initial (pour les trois méthodes)

La valeur de la résistance R_2 (comprenant dans la méthode C l'impédance de la source de tension G_1) est calculée à l'aide de l'expression suivante:

$$R_2 = \frac{V_{(BR)max.} \cdot V_{(BR)min.}}{P_{RXM}}$$

où

$V_{(BR)max.}$ = valeur supérieure de la gamme de $V_{(BR)}$

$V_{(BR)min.}$ = valeur inférieure de la gamme de $V_{(BR)}$

$$P_{RXM} = \begin{cases} P_{RSM} & \text{lors de la vérification de } P_{RSM} \\ P_{RRM} & \text{lors de la vérification de } P_{RRM} \end{cases}$$

Le support ne comprenant aucune diode, augmenter l'impulsion en provenance de la source de tension G_1 jusqu'à ce que la valeur de pointe de la tension inverse en circuit ouvert, mesurée par M_1 , soit égale à $(V_{(BR)max.} + V_{(BR)min.})$. Cette manipulation garantit que la puissance inverse pour toute tension inverse comprise entre $V_{(BR)min.}$ et $V_{(BR)max.}$ sera inférieure ou égale à la valeur limite P_{RSM} ou P_{RRM} , respectivement. Voir la figure 35 pour P_{RSM} .

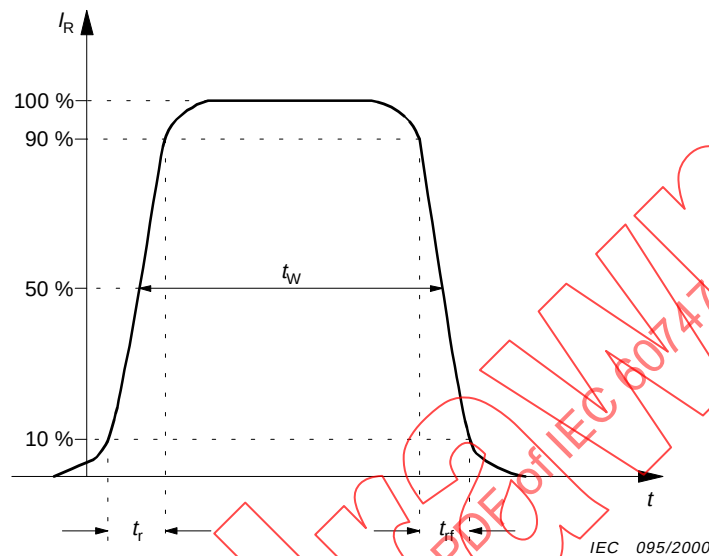
Couper le générateur d'impulsions tout en gardant le réglage.

M_1 = instrument (e.g. oscilloscope) for measuring the peak open-circuit reverse voltage (see 7.3.4)

M_2 = equipment (e.g. oscilloscope) for measuring the reverse current pulse duration

M_1 and M_2 may be combined (e.g. dual-channel oscilloscope).

The reverse current pulse should be as shown in figure 34.



t_W = specified average pulse duration at 50 % pulse amplitude

$t_r \leq 20 \% t_W$

$t_f \leq 20 \% t_W$

Figure 34 – Reverse current waveform

7.3.3.4 Initial adjustment procedure (for all three methods)

The value of R_2 (including in method C the impedance of the voltage source G_1) is determined from the expression:

$$R_2 = \frac{V_{(BR)max.} \cdot V_{(BR)min.}}{P_{RXM}}$$

where

$V_{(BR)max.}$ = upper spread limit for $V_{(BR)}$

$V_{(BR)min.}$ = lower spread limit for $V_{(BR)}$

$$P_{RXM} = \begin{cases} P_{RSM} & \text{for verification of } P_{RSM} \\ P_{RRM} & \text{for verification of } P_{RRM} \end{cases}$$

With no diode in the socket, the voltage pulse from voltage source G_1 is increased until the peak value of the open-circuit reverse voltage, measured at M_1 , is equal to $(V_{(BR)max.} + V_{(BR)min.})$. This ensures that the reverse power for any reverse voltage in the range between $V_{(BR)}$ minimum and $V_{(BR)}$ maximum will be lower than or at most equal to the rated value P_{RSM} or P_{RRM} , respectively. See figure 35 for P_{RSM} .

The pulse generator is then switched off, but the setting is maintained.

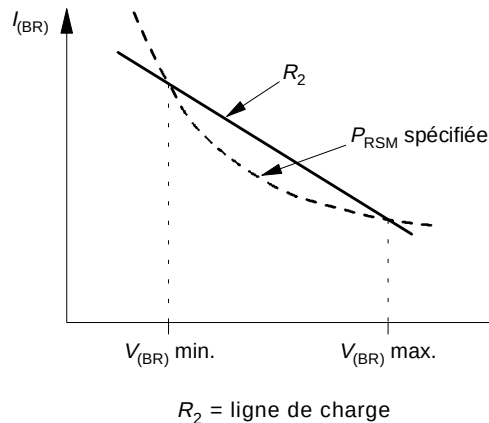


Figure 35 – Vérification de P_{RSM} , puissance inverse en fonction de la tension de claquage

Procédure de mesure

Introduire la diode dans le support d'essai conformément à son marquage de polarité.

Régler la température à la valeur spécifiée.

Appliquer le nombre spécifié d'impulsions.

La capacité de la diode à supporter la valeur limite de la puissance inverse de pointe est vérifiée par les mesures finales.

Conditions spécifiées

Pour les trois méthodes:

- méthode d'essai à utiliser (A, B ou C);
- température ambiante ou de boîtier (T_{amb} ou T_{case});
- valeur limite de la puissance inverse de pointe, répétitive (P_{RRM}) ou non répétitive (P_{RSM});
- pour la vérification de P_{RSM} : durée de l'impulsion de courant inverse (t_w);
- pour la vérification de P_{RRM} :
 - durée de chaque impulsion (t_w),
 - rapport cyclique (δ),
 - nombre d'impulsions;
- limites des mesures finales.

Pour la méthode A uniquement: vitesse minimale de croissance du courant inverse (di_R/dt)

7.3.4 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier

But

Vérifier la valeur limite pour le courant de pointe pour non-rupture du boîtier d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées.

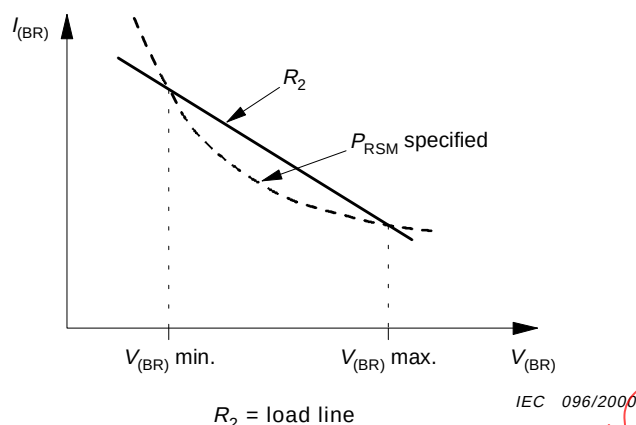


Figure 35 – Verification of P_{RSM} reverse power versus breakdown.

Measurement procedure

Insert the diode under test into the test socket in accordance with its polarity marking.

Set the temperature to the specified value.

Apply the specified sequence of pulses.

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

Specified conditions

For all three methods:

- test method to be used (A, B or C);
- ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case});
- peak reverse power rating, repetitive (P_{RRM}) or non-repetitive (P_{RSM});
- for verification of P_{RSM} : duration of the reverse current pulse (t_w);
- for verification of P_{RRM} :
 - duration of each pulse (t_w),
 - duty factor (δ),
 - number of pulses;
- post-test measurement limits.

For method A only: minimum rate of rise of reverse current (di_R/dt)

7.3.4 Peak case non-rupture current

Purpose

To verify the peak case non-rupture current rating of a rectifier diode under specified conditions.