

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61643-321

Première édition
First edition
2001-12

**Composants pour parafoudres
basse tension –**

**Partie 321:
Spécifications pour les diodes
à avalanche (ABD)**

**Components for low-voltage surge
protective devices –**

**Part 321:
Specifications for avalanche
breakdown diode (ABD)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61643-321:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61643-321

Première édition
First edition
2001-12

**Composants pour parafoudres
basse tension –**

**Partie 321:
Spécifications pour les diodes
à avalanche (ABD)**

**Components for low-voltage surge
protective devices –**

**Part 321:
Specifications for avalanche
breakdown diode (ABD)**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: inmail@iec.ch

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

P

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Définitions et symboles	6
4 Fonction principale et description des diodes à avalanche	12
5 Conditions de fonctionnement	16
6 Méthodes d'essais normalisées et procédures	16
6.1 Critère normalisé d'essai de conception	16
6.2 Conditions d'essais	16
6.3 Tension de blocage V_C (voir figure 2)	18
6.4 Courant crête de choc assigné I_{PPM} (voir figure 2)	18
6.5 Tension maximale de fonctionnement V_{WM} et tension maximale efficace de fonctionnement V_{WMeff} (voir figure 3)	18
6.6 Courant non passant I_D (voir figure 3)	20
6.7 Tension de claquage (d'avalanche) V_{BR} (voir figure 4)	20
6.8 Capacité C_j	22
6.9 Dissipation de puissance crête de choc assignée P_{PPM}	22
6.10 Courant de choc direct assigné I_{FSM} (voir figure 1c)	22
6.11 Tension directe V_{FS}	22
6.12 Coefficient de température de la tension d'avalanche αV_{BR}	24
6.13 Correction en température (voir figure 5)	24
6.14 Résistance thermique R_{thJA} , R_{thJC} ou R_{thJL}	24
6.15 Impédance thermique transitoire Z_{thJA} , Z_{thJC} ou Z_{thJL}	24
6.16 Dissipation de puissance moyenne assignée P_{MAV}	26
6.17 Tension crête de dépassement V_{OS} (voir figure 7)	26
6.18 Durée de dépassement (voir figure 7)	26
6.19 Temps de réponse (voir figure 7)	26
7 Défaillances et modes de défaillance	30
7.1 Mode de défaillance dû à l'usure	30
7.2 Mode de défaillance en court-circuit	30
7.3 Mode de défaillance en circuit ouvert	30
7.4 Fonctionnement «sûr»	30
Figure 1 – Structure, condition de polarisation et caractéristiques $V-I$ d'une diode à avalanche unidirectionnelle	12
Figure 2 – Circuit d'essai pour la tension de blocage V_C , et le courant crête de choc I_{PP} et le courant de choc direct assigné I_{FSM}	18
Figure 3 – Circuit d'essai pour la vérification de la tension maximale de fonctionnement V_{WM} , du courant non passant I_D et de la tension maximale efficace de fonctionnement V_{WMeff}	20
Figure 4 – Circuit d'essai pour la vérification de la tension de claquage (d'avalanche) V_{BR}	20
Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification de la tension directe V_{FS}	22
Figure 6 – Courbe de discontinuité de composants de diode à avalanche	26
Figure 7 – Courbe illustrant la tension de dépassement, le temps de réponse et la durée de dépassement	28
Figure 8 – Forme d'onde de courant de choc	28

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions and symbols	7
4 Basic function and description for ABDs	13
5 Service conditions	17
6 Standard test methods and procedures.....	17
6.1 Standard design test criteria	17
6.2 Test conditions	17
6.3 Clamping voltage V_C (see figure 2).....	19
6.4 Rated peak impulse current I_{PPM} (see figure 2)	19
6.5 Maximum working voltage V_{WM} and maximum working r.m.s. voltage V_{WMrms} (see figure 3).....	19
6.6 Stand-by current I_D (see figure 3).....	21
6.7 Breakdown (avalanche) voltage V_{BR} (see figure 4)	21
6.8 Capacitance C_j	23
6.9 Rated peak impulse power dissipation P_{PPM}	23
6.10 Rated forward surge current I_{FSM} (see figure 1c).....	23
6.11 Forward voltage V_{FS}	23
6.12 Temperature coefficient of breakdown voltage αV_{BR}	25
6.13 Temperature derating (see figure 5)	25
6.14 Thermal resistance R_{thJA} or R_{thJC} or R_{thJL}	25
6.15 Transient thermal impedance Z_{thJA} or Z_{thJC} or Z_{thJL}	25
6.16 Rated average power dissipation P_{MAV}	27
6.17 Peak overshoot voltage V_{OS} (see figure 7)	27
6.18 Overshoot duration (see figure 7)	27
6.19 Response time (see figure 7).....	27
7 Fault and failure modes	31
7.1 Degradation fault mode	31
7.2 Short-circuit failure mode.....	31
7.3 Open-circuit failure mode	31
7.4 "Fail-safe" operation	31
Figure 1 – Structure, bias condition and V - I characteristics for a unidirectional ABD	13
Figure 2 – Test circuit for clamping voltage V_C , peak impulse current I_{PP} , and rated forward surge current I_{FSM}	19
Figure 3 – Test circuit for verifying maximum working voltage V_{WM} stand-by current I_D and maximum working r.m.s. voltage V_{WMrms}	21
Figure 4 – Test circuit for verifying breakdown (avalanche) voltage V_{BR}	21
Figure 5 – Test circuit for verifying forward voltage V_{FS}	23
Figure 6 – Derating curve for ABD components.....	27
Figure 7 – Graph illustrating voltage overshoot, response time and overshoot duration.....	29
Figure 8 – Impulse current waveform	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPOSANTS POUR PARAFONDRES BASSE TENSION –

Partie 321: Spécifications pour les diodes à avalanche (ABD)

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 61643-321 a été établie par le sous-comité 37B: Composants spécifiques aux parafoudres et aux dispositifs de protection contre les surtensions, du comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
37B/59/FDIS	37B/62/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.

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

COMPONENTS FOR LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –**Part 321: Specifications for avalanche breakdown diode (ABD)**

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 61643-321 has been prepared by subcommittee 37B: Specific components for surge arresters and surge protective devices, of IEC technical committee 37: Surge arresters.

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

FDIS	Report on voting
37B/59/FDIS	37B/62/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.

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.

COMPOSANTS POUR PARAFODRES BASSE TENSION –

Partie 321: Spécifications pour les diodes à avalanche (ABD)

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 61643 est applicable aux diodes à avalanche (ABD) qui représentent un type de composants des parafoudres (appelés ci-après SPDC) utilisés lors de la conception et la réalisation des parafoudres connectés aux réseaux basse tension de puissance, de transmission et de communication. Les spécifications d'essais de la présente norme concernent les diodes à avalanche simples à deux bornes. Toutefois, les diodes à avalanche multiples peuvent être intégrées dans un seul boîtier défini comme un ensemble de diodes. Chaque diode de cet ensemble peut être testée selon cette spécification.

Cette norme contient une série de critères d'essais pour la détermination des caractéristiques électriques des diodes à avalanche. A partir des méthodes normalisées d'essais décrites ci-après, les caractéristiques de fonctionnement et les valeurs assignées des diodes à avalanche peuvent être établies et vérifiées pour des conceptions particulières.

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 partie de la CEI 61643. 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 partie de la CEI 61643 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 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60364 (toutes les parties), *Installations électriques des bâtiments*

CEI 60364-3:1993, *Installations électriques des bâtiments – Partie 3: Détermination des caractéristiques générales*

CEI 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

CEI 60747-2:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets et circuits intégrés – Partie 2: Diodes de redressement*

CEI 60749:1996, *Dispositifs à semiconducteurs – Essais mécaniques et climatiques*

3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente norme les définitions et symboles suivants s'appliquent.

NOTE Ces définitions sont applicables à un type de composants des parafoudres appelés diodes à avalanche, présentant des caractéristiques symétriques ou non en tension-courant ($V-I$). Elles s'appliquent aux éléments unidirectionnels (voir figure 1). Si la diode à avalanche est considérée comme bidirectionnelle, les définitions du troisième quadrant sont applicables dans les deux sens de la courbe caractéristique $V-I$.

3.1

diode à avalanche ABD

composant destiné à limiter les tensions transitoires et à écouler les courants de foudre. C'est une diode à deux bornes qui peut comprendre de multiples éléments présentant une borne commune

COMPONENTS FOR LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –

Part 321: Specifications for avalanche breakdown diode (ABD)

1 Scope

This part of IEC 61643 is applicable to avalanche breakdown diodes (ABDs) which represent one type of surge protective device component (hereinafter referred to as SPDC) used in the design and construction of surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems, transmission, and signalling networks. Test specifications in this standard are for single ABDs consisting of two terminals. However, multiple ABDs may be assembled within a single package defined as a diode array. Each diode within the array can be tested to this specification.

This standard contains a series of test criteria for determining the electrical characteristics of the ABD. From the standard test methods described herein, the performance characteristics and ratings of the ABD can be verified or established for specific packaged designs.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61643. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61643 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 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60364 (all parts), *Electrical installations of buildings*

IEC 60364-3:1993, *Electrical installations of buildings – Part 3: Assessment of general characteristics*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

IEC 60747-2:2000, *Semiconductor devices – Discrete devices and integrated circuits – Part 2: Rectifier diodes*

IEC 60749:1996, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*

3 Definitions and symbols

For the purpose of this part of IEC 61643, the following definitions and symbols apply.

NOTE These definitions apply to one type of SPDC known as an ABD, having both symmetrical and asymmetrical voltage-current ($V-I$) characteristics. Such definitions are for a unidirectional element (see figure 1). If the ABD is considered bidirectional, definitions in the third quadrant will apply in both directions of the $V-I$ characteristic curve.

3.1

avalanche breakdown diode ABD

component intended to limit transient voltages and divert surge currents. This is a two-terminal diode that may be packaged with multiple elements having a common terminal

3.2**tension de blocage V_C**

tension crête mesurée dans la diode à avalanche lors du passage du courant crête de choc assigné I_{PP} avec une forme d'onde spécifiée

NOTE En raison des effets thermiques, réactifs ou autres, la tension crête et le courant crête de choc ne coïncident pas nécessairement dans le temps. Elle est aussi désignée V_{CL} .

3.3**courant crête de choc assigné I_{PPM}**

valeur assignée maximale du courant crête de choc I_{PP} pouvant être appliquée sans destruction de la diode

NOTE L'onde de choc pour caractériser la diode est 10/1 000 μ s, sauf spécification contraire.

3.4**tension maximale de fonctionnement (tension maximale continue) V_{WM}**

tension maximale crête de fonctionnement en tension maximale continue pouvant être appliquée de manière permanente à la diode à avalanche sans effets de dégradation ou effets nuisibles. Pour des tensions alternatives, la tension maximale de fonctionnement efficace est V_{WMeff}

NOTE Elle est aussi désignée V_{RM} (assignée maximale) et appelée tension assignée de régime permanent.

3.5**courant non passant I_D**

courant maximal s'écoulant dans la diode à avalanche sous la tension maximale de fonctionnement, pour une température spécifiée

NOTE Il est aussi appelé courant inverse de fuite I_R .

3.6**tension de claquage (d'avalanche) V_{BR}**

tension mesurée dans la diode à avalanche sous un courant de choc spécifié continu I_T (ou I_{BR}) de la courbe caractéristique $V-I$ au point d'avalanche ou à proximité

3.7**capacité C_j**

capacité entre deux bornes de la diode à avalanche mesurée à une fréquence et à une polarité spécifiées

NOTE Elle est aussi désignée C .

3.8**dissipation de puissance crête de choc assignée P_{PPM}**

dissipation de puissance crête de choc résultant du produit du courant crête de choc assigné I_{PPM} par la tension de blocage V_C

$$P_{PPM} = I_{PPM} \times V_C$$

NOTE Elle est aussi désignée P_p .

3.9**courant de choc direct assigné I_{FSM}**

courant crête maximal pour une demi-onde sinusoïdale de 8,3 ms ou 10 ms, n'entraînant pas de défaut du composant. (Cette définition ne s'applique qu'aux diodes à avalanche unidirectionnelles.)

3.2**clamping voltage V_C**

peak voltage measured across the ABD during the application of a peak impulse current I_{PP} for a specified waveform

NOTE Due to the thermal, reactive, or other effects, peak voltage and peak pulse current are not necessarily coincident in time. Also shown as V_{CL} .

3.3**rated peak impulse current I_{PPM}**

rated maximum value of peak impulse current I_{PP} that may be applied without causing diode failure

NOTE The impulse waveshape used for diode characterization is 10/1 000 μ s unless otherwise specified.

3.4**maximum working voltage (maximum d.c. voltage) V_{WM}**

maximum peak working or d.c. voltage which may be continuously applied to the ABD without degradation or damaging effects. For a.c. applied voltages, the maximum working r.m.s. voltage is V_{WMrms}

NOTE It is also shown as V_{RM} (rated maximum) and known as rated stand-off voltage.

3.5**stand-by current I_D**

maximum current that flows through the ABD at maximum working voltage for a specified temperature

NOTE Also shown as I_R for reverse leakage current.

3.6**breakdown (avalanche) voltage V_{BR}**

voltage measured across the ABD at a specified pulsed d.c. current I_T (or I_{BR}) on the $V-I$ characteristics curve at, or near, the place where the avalanche occurs

3.7**capacitance C_j**

capacitance between two terminals of the ABD measured at a specific frequency and bias

NOTE Also shown as C .

3.8**rated peak impulse power dissipation P_{PPM}**

peak pulse power dissipation resulting from the product of rated peak impulse current I_{PPM} and clamping voltage V_C

$$P_{PPM} = I_{PPM} \times V_C$$

NOTE Also shown as P_P .

3.9**rated forward surge current I_{FSM}**

maximum peak current for an 8,3 ms or 10 ms half-sine wave without causing device failure. (This definition applies to unidirectional ABDs only.)

3.10**tension directe V_{FS}**

tension crête mesurée dans la diode à avalanche pour un courant spécifié positif de choc I_{FS} . (Cette définition ne s'applique qu'aux diodes à avalanche unidirectionnelles.)

NOTE Elle est aussi désignée V_F .

3.11**coefficient de température de la tension d'avalanche αV_{BR}**

rapport entre la variation de la tension d'avalanche V_{BR} et la variation de température

NOTE Il est exprimé soit en millivolts par degré Kelvin soit en pourcentage par degré Kelvin (mV/K ou %/K).

3.12**correction en température**

correction apportée au-dessus d'une température spécifiée de base, soit pour un courant crête de choc, soit pour une puissance crête de choc

NOTE Elle est exprimée en pour-cent du courant ou de la puissance.

3.13**résistance thermique R_{thJA} , R_{thJC} , R_{thJL}**

jonction à l'air ambiant, au boîtier ou à la borne pour une élévation de température en pourcentage de la puissance d'entrée, exprimée en degrés Kelvin par watt (K/W)

3.14**impédance thermique transitoire Z_{thJA} , Z_{thJC} , Z_{thJL}**

variation de la différence entre la température virtuelle de la jonction et la température d'un point ou d'une région spécifique de référence (ambiante, boîtier ou liaison) à la fin de l'intervalle de temps. Cette variation est divisée par la variation de la fonction de pas de la dissipation de puissance au début du même intervalle de temps qui engendre la variation de la différence de température

NOTE La résistance thermique s'exprime en degrés Kelvin par watt (K/W).

3.15**moyenne assignée de la dissipation de puissance $P_{M(AV)}$**

moyenne assignée de la dissipation de puissance dans le dispositif due à des chocs répétitifs pour un courant et une température spécifiés n'entraînant pas la défaillance du dispositif

3.16**tension crête de dépassement V_{OS}**

tension supérieure à la tension de blocage V_C du dispositif pour un courant donné apparaissant si des ondes de courant de durée de montée virtuelle inférieure ou égale à 10 μ s sont appliquées

NOTE Cette valeur peut s'exprimer comme un pourcentage de la tension de blocage V_C pour une forme d'onde de courant 10/1 000 μ s.

3.17**courant continu d'essai pulsé I_T**

courant d'essai pour la mesure de la tension de claquage V_{BR} . Il est défini par le constructeur et exprimé en milliampères avec une durée de pulsation inférieure à 40 ms

NOTE Il est aussi désigné I_{BR} .

3.18**courant crête de choc I_{PP}**

valeur crête du courant de choc appliquée à la diode à avalanche pour déterminer la tension de blocage V_C pour une forme d'onde spécifiée

3.10**forward voltage V_{FS}**

peak voltage measured across the ABD for a specified forward surge current I_{FS} . (This definition applies to unidirectional ABDs only.)

NOTE Also shown as V_F .

3.11**temperature coefficient of breakdown voltage αV_{BR}**

ratio of the change in breakdown voltage V_{BR} to changes in temperature

NOTE Expressed as either millivolts per degree Kelvin or per cent per degree Kelvin (mV/K or %/K).

3.12**temperature derating**

derating above a specified base temperature for either peak impulse current or peak impulse power

NOTE Expressed in percentage of the current or power.

3.13**thermal resistance R_{thJA} , R_{thJC} , R_{thJL}**

junction to ambient, case or lead terminal temperature rise per unit input of applied power expressed as degrees Kelvin per watt (K/W)

3.14**transient thermal impedance Z_{thJA} , Z_{thJC} , Z_{thJL}**

change in the difference between the virtual junction temperature and the temperature of a specific reference point or region (ambient, case or lead) at the end of a time interval. This change is divided by the step function change in power dissipation at the beginning of the same time interval which causes the change of temperature difference.

NOTE Thermal resistance is expressed as degrees Kelvin per watt (K/W).

3.15**rated average power dissipation $P_{M(AV)}$**

rated average power dissipation in the device due to repetitive pulses at a specified current and temperature without causing device failure

3.16**peak overshoot voltage V_{OS}**

excess voltage above the clamping voltage V_C of the device for a given current that occurs when current waves of less than, or equal to, 10 μ s virtual front duration are applied

NOTE This value may be expressed as a percentage of the clamping voltage V_C for a 10/1 000 μ s current wave.

3.17**pulsed d.c. test current I_T**

test current for measurement of the breakdown voltage V_{BR} . This is defined by the manufacturer and usually given in milliamperes with a pulse duration of less than 40 ms

NOTE Also shown as I_{BR} .

3.18**peak impulse current I_{PP}**

peak impulse current value applied across the ABD to determine the clamping voltage V_C for a specified waveshape

4 Fonction principale et description des diodes à avalanche

Une diode à avalanche est essentiellement une simple jonction de semiconducteur P/N consistant en une anode (P) et de cathode (N) (voir figure 1a). Dans les applications en courant continu, cette diode à avalanche est polarisée en inverse avec un potentiel positif sur la cathode (N) de l'élément (voir figure 1b).

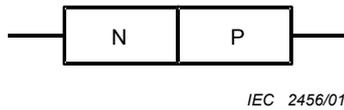


Figure 1a – Structure

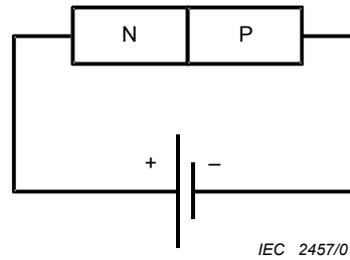


Figure 1b – Condition de polarisation

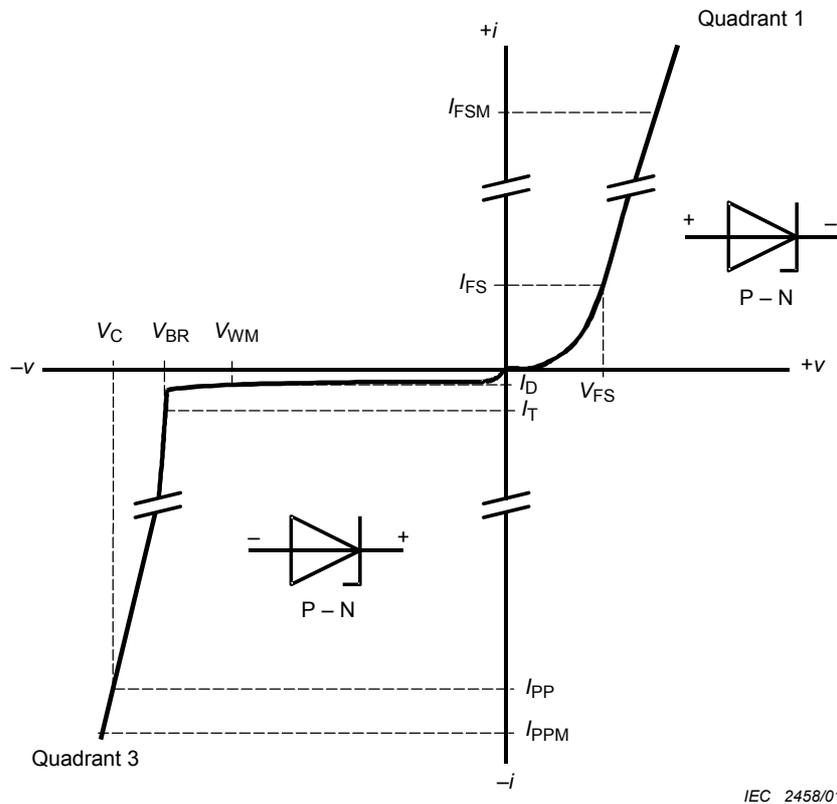


Figure 1c – Caractéristiques V-I

Connexions et alimentations

Caractéristiques d'avalanche

V_{WM}	Tension maximale de fonctionnement
I_D	Courant non passant
V_C	Tension de blocage
V_{BR}	Tension de claquage
I_{PP}	Courant crête de choc
I_{PPM}	Courant crête de choc assigné
I_T	Courant continu d'essai pulsé

Caractéristiques directes

V_{FS}	Tension directe
I_{FS}	Courant positif de choc
I_{FSM}	Courant de choc direct assigné

NOTE Pour les diodes à avalanche bidirectionnelles, les caractéristiques V-I du quadrant 3 sont données au quadrant 1.

Figure 1 – Structure, condition de polarisation et caractéristiques V-I d'une diode à avalanche unidirectionnelle

4 Basic function and description for ABDs

The avalanche breakdown diode (ABD), in its basic form, is a single semiconductor P/N junction consisting of an anode (P) and a cathode (N) (see figure 1a). In d.c. applications, this ABD is reverse biased in such a way that a positive potential is applied to the cathode (N) side of the element (see figure 1b).

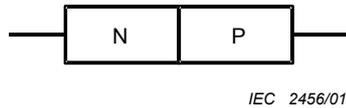


Figure 1a – Structure

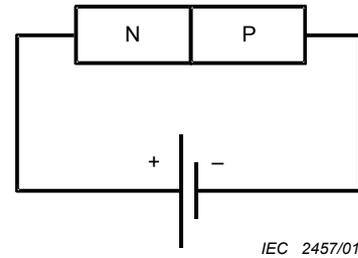


Figure 1b – Bias condition

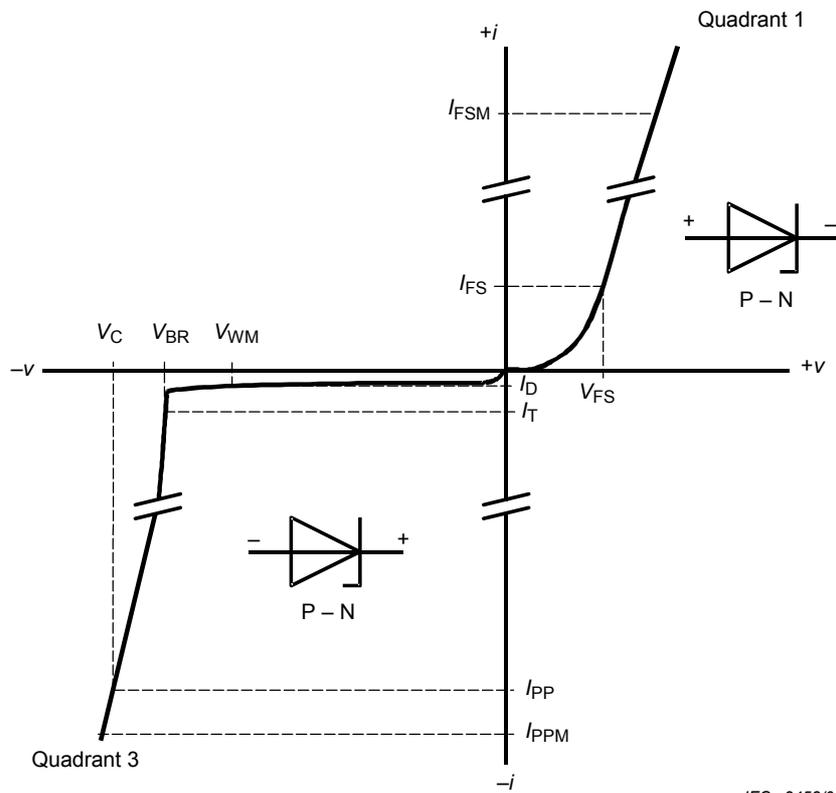


Figure 1c – V-I characteristics

Connections and supplies

Avalanche parameters

V_{WM}	Maximum working voltage
I_D	Stand-by current
V_C	Clamping voltage
V_{BR}	Breakdown voltage
I_{PP}	Peak impulse current
I_{PPM}	Rated peak impulse current
I_T	Pulsed d.c. test current

Forward parameters

V_{FS}	Forward voltage
I_{FS}	Forward surge current
I_{FSM}	Rated forward surge current

NOTE For bidirectional ABDs, the V-I characteristics of Quadrant 3 are shown in Quadrant 1.

Figure 1 – Structure, bias condition and V-I characteristics for a unidirectional ABD

Si la tension appliquée V_0 est supérieure à la tension de claquage d'avalanche V_{BR} de la jonction P/N, la diode à avalanche commence à conduire un courant supérieur au courant non passant I_D . Lors d'une tension transitoire de choc, la diode à avalanche limitera la tension à une valeur définie.

L'objectif essentiel de la diode à avalanche est de limiter les tensions transitoires et d'écouler les courants de choc. En raison des caractéristiques différentes des diodes à avalanche dues à leur mise en boîtier, seuls les paramètres des diodes nécessaires à leur choix lorsqu'ils sont utilisés dans des parafoudres sont indiqués ci-après. D'autres paramètres peuvent être importants pour des applications particulières et des choix, mais ne sont pas identifiés ici.

Les diodes à avalanche peuvent se présenter comme des diodes multiples dans un seul boîtier. Des boîtiers à diodes multiples peuvent contenir des puces individuelles de diodes à avalanche assemblées en série ou en parallèle afin de réaliser des caractéristiques ou des valeurs assignées voulues des composants des parafoudres. Des diodes à avalanche dans cette configuration sont considérées comme un seul composant de parafoudre. Des jonctions multiples dans un seul boîtier peuvent aussi être utilisées comme des diodes à avalanche indépendantes pour la protection de lignes multiples. Selon la présente norme, chaque diode de l'ensemble doit être vérifiée individuellement.

La diode à avalanche polarisée en inverse présente deux modes de fonctionnement: non passant (impédance élevée) ou passant (impédance relativement faible), (voir figure 1c quadrant 3). A l'état non passant, la diode à avalanche est traversée par un courant, défini comme courant non passant. Ce courant varie avec la température de la jonction (ou ambiante). Le début de l'avalanche est repéré par la transition d'une haute impédance (non passant) à une faible impédance (passant) dans la caractéristique tension-courant de la diode à avalanche. A l'état passant, la diode laisse passer des courants transitoires très élevés et maintient une tension de blocage relativement faible au-dessus de la tension d'avalanche de la jonction du semiconducteur. La figure 1 représente une diode à avalanche unidirectionnelle. La diode peut être unidirectionnelle ou bidirectionnelle. Les diodes bidirectionnelles présenteront des courbes analogues avec des polarités opposées, dans le premier quadrant et dans le troisième quadrant.

Dans la figure 1c, la courbe $V-I$ du quadrant 1 correspond à une polarisation positive (tension positive appliquée sur la partie P de la jonction du semiconducteur) représentant une diode à avalanche unidirectionnelle. Dans ce cas, la diode à avalanche unidirectionnelle présente des caractéristiques analogues à une jonction P/N polarisée en inverse. En raison de la valeur plus faible de la tension de blocage en condition directe, le courant transitoire peut être beaucoup plus élevé. Toutefois, la tension directe sera élevée en présence d'un courant transitoire élevé présentant une forme d'onde spécifiée. Cette tension est fonction de la surface de la jonction et de la résistance du matériau du semiconducteur.

La tension d'avalanche montre des modifications linéaires avec variations des paramètres de jonction ou de température ambiante telles que décrites par le coefficient de température de la tension d'avalanche. La connaissance des valeurs de la tension de blocage du semiconducteur mesurée à 25 °C et du coefficient de température de la tension de claquage du semiconducteur peut être utilisée pour déterminer la tension réelle pour les autres températures.

When the applied voltage V_o is greater than the breakdown (avalanche) voltage V_{BR} of the P/N junction, the ABD starts to conduct a current greater than the stand-by current I_D . During a transient voltage impulse, the ABD will limit the voltage to some finite value.

The primary intent of the ABD is to limit transient voltages and divert surge currents. Because ABD's may differ in their characteristics due to packaging, only those diode parameters that are necessary for selection when used in the surge protective device design are listed here. Other parameters may be important for specific applications and selection but are not identified here.

The ABDs may be configured in such a way that there are multiple diodes within a single package. Multiple diode packages may contain individual ABD chips assembled either in series or parallel to achieve a desired SPDC characteristic or rating. ABDs of this configuration are considered as a single SPDC. Multiple junctions within a single package can also be used as independent ABDs for multiple line protection. Each diode within the array of diodes shall be tested individually according to this standard.

When reversed biased, the ABD has two operating modes: stand-by (high impedance) or clamping (relative low impedance) (see figure 1c, third quadrant). The current through the ABD in the stand-by condition is called the stand-by current. This current varies with junction (or ambient) temperature. The initiation of avalanche breakdown is marked by a transition from a high impedance (stand-by) to low impedance (clamping) in the ABD voltage-current characteristics. In this 'on' condition, the diode conducts high transient currents and maintains a relatively low clamping voltage above the breakdown voltage of the semiconductor junction. Figure 1 is a unidirectional ABD. ABDs can be unidirectional or bidirectional. Bidirectional ABDs will show a similar characteristic, with opposite polarity, in the first quadrant and the third quadrant.

In figure 1c, the $V-I$ curve of the first quadrant shows the forward biased condition (positive potential applied to the P side of the semiconductor junction) representing a unidirectional avalanche diode. In this condition, the unidirectional ABD shows similar characteristics to a forward biased P/N junction diode. Due to the lower clamping voltage in the forward direction, the transient current can be much higher. However, the forward voltage will exhibit a high voltage under a high transient current of specified waveshape. This voltage is dependent upon the junction area and base resistance of the semiconductor material.

The breakdown voltage exhibits linear shifts with changes in junction or ambient temperature as described by the temperature coefficient of the breakdown voltage. Knowledge of the clamping voltage measurement at 25 °C and of the semiconductor's breakdown voltage temperature coefficient can be used to determine the effective voltage for other ambient temperatures

5 Conditions de fonctionnement

Les conditions de fonctionnement normales sont les suivantes:

- pression d'air comprise entre 86 kPa et 106 kPa (CEI 60749 et CEI 60721);
- température ambiante comprise entre -40 °C et $+85\text{ °C}$ pour les diodes à avalanche extérieures et entre -20 °C et $+70\text{ °C}$ pour les diodes à avalanche intérieures (voir CEI 60364);
- rayonnement solaire ou autre (voir CEI 60364-3);
- humidité relative dans des conditions normales de température (voir CEI 60068);
- humidité relative intérieure pouvant être de 90 % ou comme indiqué;
- exposition du composant de parafoudre à des conditions anormales pouvant faire l'objet de considérations particulières lors de la conception et de la réalisation des diodes à avalanche, et devrait être portée à l'attention du constructeur;
- autres conditions devant être spécifiées par le constructeur de diodes: tension maximale continue de la diode, correction de température de la puissance ou du courant crête de choc, courant crête de choc assigné, répétitions transitoires assignées, résistance aux solvants, soudabilité et tenue au feu.

6 Méthodes d'essais normalisées et procédures

6.1 Critère normalisé d'essai de conception

Les essais des paramètres caractéristiques sont décrits de 6.3 à 6.8. Les essais des paramètres assignés sont décrits de 6.9 à 6.19. Les paramètres caractéristiques sont une propriété inhérente et mesurable de la diode à avalanche. Les paramètres assignés sont des valeurs permettant d'établir soit une limite de possibilité soit une condition limite de la diode à avalanche. Les essais de 6.3 à 6.8 fournissent des méthodes normalisées pour la mesure des paramètres spécifiés d'une diode à avalanche afin de choisir les composants d'un parafoudre. Ces paramètres peuvent varier d'un dispositif à l'autre, rendant nécessaire la mesure de tous les composants à choisir pour un parafoudre. Des diodes à avalanche bidirectionnelles doivent être essayées avec des tensions positives et négatives.

6.2 Conditions d'essais

Les essais de 6.3 à 6.8 effectués sur le dispositif sont nécessaires à l'application. Sauf spécifications contraires, les conditions ambiantes d'essai doivent être les suivantes:

- température: $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$;
- humidité relative: inférieure à 85 %;
- pression d'air: de 86 kPa à 106 kPa (CEI 60749).

NOTE En raison des niveaux de tension et d'énergie utilisés lors de ces essais, il convient de considérer tous les essais comme dangereux et de prêter une attention particulière lors de leur réalisation.

5 Service conditions

The normal service conditions are the following:

- air pressure 86 kPa to 106 kPa (IEC 60749 and IEC 60721);
- ambient air temperature within the range of -40 °C to $+85\text{ °C}$ for outdoor elements and within the range of -20 °C to $+70\text{ °C}$ for indoor elements (see IEC 60364);
- solar or other radiation (see IEC 60364-3);
- relative humidity under normal temperature conditions (see IEC 60068);
- indoor relative humidity can be up to 90 % or as directed;
- exposure of the SPD to abnormal service conditions may require special considerations in the design and application of the ABD, and should be called to the attention of the manufacturer;
- other considerations to be specified by the diode manufacturer: maximum continuous diode voltage, peak impulse power or current temperature derating, peak impulse current rating, transient repetition rating, solvent resistance, solderability and flammability.

6 Standard test methods and procedures

6.1 Standard design test criteria

Characteristic parameter tests are described in 6.3 through 6.8. Rating parameter tests are described in 6.9 through 6.19. Characteristic parameters are inherent and measurable property of the ABD. Rating parameters are values to establish either a limiting capability or limiting condition of the ABD. Tests in 6.3 through 6.8 provide standardized methods for measuring specified parameters of an ABD for the purpose of component selection for a surge protective device (SPD). These parameters may vary from device to device, making it necessary to measure all components to be selected for a SPD. Bidirectional ABDs shall be tested with both positive and negative voltages.

6.2 Test conditions

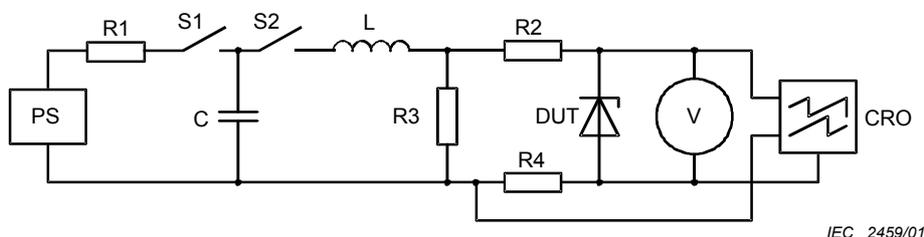
The tests of 6.3 through 6.8, performed on the device, are required for its application. Unless otherwise specified, ambient test conditions shall be as follows:

- temperature: $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$;
- relative humidity: less than 85 %;
- air pressure: 86 kPa to 106 kPa (IEC 60749).

NOTE Due to the voltage and energy levels employed in these tests, all tests should be considered hazardous, and appropriate caution should be taken when performing them.

6.3 Tension de blocage V_C (voir figure 2)

6.3.1 L'objet de cet essai est de déterminer le niveau de protection en tension procuré par la diode à avalanche lorsqu'elle écoule l'impulsion de courant de crête I_{PP} de forme d'onde et d'amplitude spécifiées. Le dispositif doit être essayé selon les deux polarités sauf spécifications contraires.



Composants

PS	Alimentation de charge	R2	Résistance de mise en forme et de limitation du courant
R1	Résistance de charge	R3	Résistance de mise en forme
S1	Interrupteur de charge	R4	Résistance sensible au courant (coaxial). En remplacement, on peut utiliser un transformateur de courant ou un calibre de caractéristiques adéquates
C	Condensateur de mise en forme	DUT	Dispositif en essai (diode à avalanche)
S2	Interrupteur de choc de décharge	V	Voltmètre crête
L	Inductance de mise en forme		
CRO	Oscilloscope pour observation du courant et de la tension		

ATTENTION Le circuit indiqué est un circuit de principe. Les techniques de mesure pour les essais à courant élevé et haute fréquence doivent être respectées, par exemple par sonde de contact Kelvin à quatre points, oscilloscope différentiel, connexions courtes, etc.

Figure 2 – Circuit d'essai pour la tension de blocage V_C , le courant crête de choc I_{PP} et le courant de choc direct assigné I_{FSM}

6.3.2 Pour vérifier la courbe caractéristique tension/courant, la tension de blocage doit être mesurée pour deux niveaux de courant. La tension crête de blocage et le courant crête d'essai ne coïncident pas nécessairement simultanément. En l'absence de prescriptions spécifiques, les courants d'essais doivent être de $0,2 I_{PP}$ et de I_{PP} en onde 10/1 000 (ou 8/20).

6.4 Courant crête de choc assigné I_{PPM} (voir figure 2)

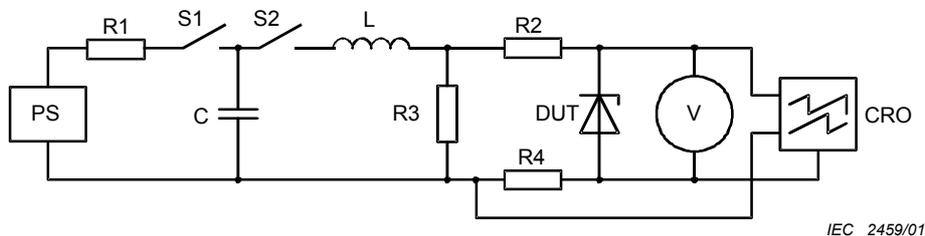
L'objet de cet essai est de vérifier que la diode est conçue pour résister à un nombre spécifié de chocs de courant sans défaillance du dispositif. Les différentes caractéristiques de courant crête de choc assigné doivent être vérifiées en soumettant le dispositif à une onde 10/1 000 (ou 8/20). Les courants de choc doivent être appliqués une fois toutes les 45 s. Pour les dispositifs symétriques, une seule polarité doit être testée pendant dix chocs consécutifs. Les critères de défaillance de l'article 7 doivent être vérifiés.

6.5 Tension maximale de fonctionnement V_{WM} et tension maximale efficace de fonctionnement V_{WMeff} (voir figure 3)

L'objet de cet essai est de vérifier la tension maximale pouvant être appliquée à la diode dans une gamme spécifiée de températures sans provoquer une défaillance du dispositif. Le fabricant spécifie le courant non passant maximal appliqué. La tension assignée efficace de fonctionnement n'est applicable qu'aux composants symétriques et bidirectionnels des diodes à avalanche.

6.3 Clamping voltage – V_C (see figure 2)

6.3.1 The purpose of this test is to determine the voltage protection level provided by the ABD when conducting a current impulse I_{PP} of specified waveform and peak amplitude. The device shall be tested in both voltage polarities unless otherwise specified.



Components

PS	Charging supply	R2	Impulse shaping and current limiting resistor
R1	Charging resistor	R3	Impulse shaping resistor
S1	Charging switch	R4	Current sensing resistor (coaxial). Alternatively a current transformer or probe of adequate rating may be used
C	Impulse shaping capacitor	DUT	Device under test (ABD)
S2	Impulse discharge switch	V	Peak reading voltmeter
L	Impulse shaping inductor		
CRO	Oscilloscope for observing current and voltage		

CAUTION The circuit shown is for description only. Measurement techniques for high-current, high-frequency testing shall be observed, such as four-point Kelvin contact, differential oscilloscope, short leads, etc.

Figure 2 – Test circuit for clamping voltage V_C , peak impulse current I_{PP} , and rated forward surge current I_{FSM}

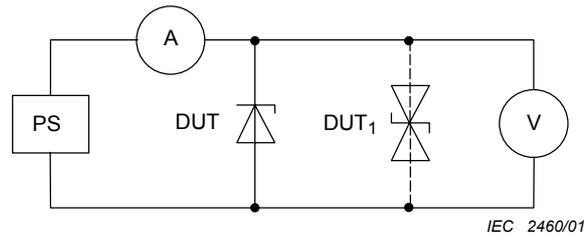
6.3.2 To verify the volt-ampere characteristics curve, the clamping voltage shall be measured at two current levels. The peak clamping voltage and peak test current are not necessarily coincident in time. In the absence of specified requirements, test currents shall be $0,2 I_{PP}$ and I_{PP} using a 10/1 000 (or 8/20) waveshape.

6.4 Rated peak impulse current I_{PPM} (see figure 2)

The purpose of this test is to verify that an ABD design meets a specific number of current impulses without causing device failure. The multiple peak impulse current rating shall be verified by subjecting the device to a 10/1 000 (or 8/20) current waveform. The impulse currents shall be applied once every 45 s. For symmetrical devices, a single polarity shall be tested for the 10 consecutive pulses. The failure criteria of clause 7 shall apply.

6.5 Maximum working voltage V_{WM} and maximum working r.m.s. voltage V_{WMrms} (see figure 3)

The purpose of this test is to verify the maximum voltage that may be applied across an ABD over a specified temperature range without causing device failure. The manufacturer specifies the maximum stand-by current that is applied to the ABD. The rated working r.m.s. voltage applies only to symmetrical, bidirectional ABD components.



Composants

- PS Alimentation continue réglable (alternative pour essai en alternatif)
- A Microampèremètre continu (ampèremètre alternatif si essai en alternatif)
- DUT Dispositif en essai
- DUT₁ Dispositif en essai bidirectionnel
- V Voltmètre numérique (remplace un oscilloscope pour essai en alternatif)

Figure 3 – Circuit d'essai pour la vérification de la tension maximale de fonctionnement V_{WM} , du courant non passant I_D et de la tension maximale efficace de fonctionnement V_{WMeff}

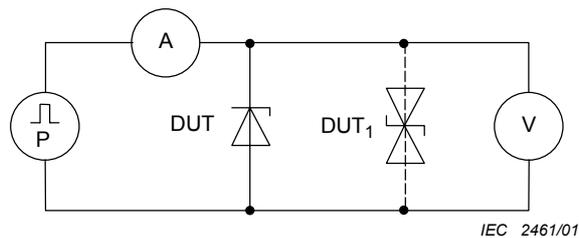
6.6 Courant non passant I_D (voir figure 3)

L'objet de cet essai est de vérifier le niveau du courant non passant d'une diode à avalanche aux températures spécifiées par le constructeur. La tension maximale de fonctionnement V_{WM} doit être fournie par un générateur de tension continue bien réglé et appliquée au dispositif. Le courant non passant doit être mesuré après application de la tension pendant au moins 10 ms pour permettre une stabilisation de la conduction.

6.7 Tension de claquage (d'avalanche) V_{BR} (voir figure 4)

6.7.1 La diode à avalanche doit être essayée pour un courant continu pulsé et une température spécifiés. Le temps appliqué au courant d'essai I_{BR} ou I_T doit être inférieur à 400 ms.

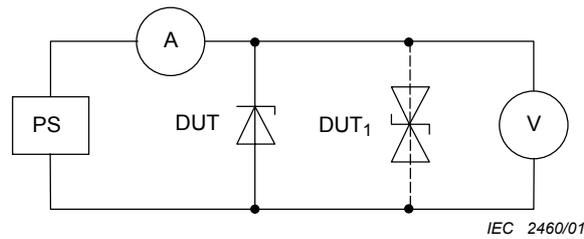
6.7.2 Cette caractéristique électrique est indiquée comme un domaine minimal de tension pour le courant d'essai spécifié. En l'absence d'une prescription spécifiée, il est recommandé que le courant d'essai I_{BR} ou I_T soit de 1 mA. Des dispositifs à basse tension ou de puissance supérieure peuvent être spécifiés pour des courants d'essai plus élevés.



Composants

- P Alimentation à courant pulsé constant
- DUT Dispositif en essai unidirectionnel
- DUT₁ Dispositif en essai bidirectionnel
- V Voltmètre numérique

Figure 4 – Circuit d'essai pour la vérification de la tension de claquage (d'avalanche) V_{BR}



Components

PS	Adjustable d.c. voltage power supply (a.c. supply if an a.c. test)
A	Microammeter d.c. (a.c. ammeter if an a.c. test)
DUT	Unidirectional device under test
DUT ₁	Bidirectional device under test
V	Digital voltmeter (substitute an oscilloscope if an a.c. test)

Figure 3 – Test circuit for verifying maximum working voltage V_{WM} , stand-by current I_D and maximum working r.m.s. voltage V_{WMrms}

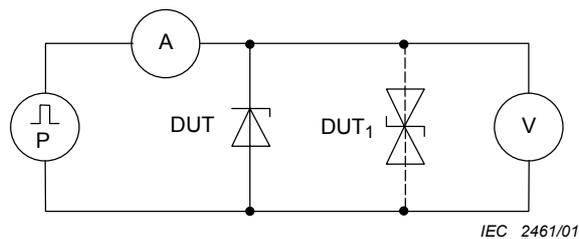
6.6 Stand-by current I_D (see figure 3)

The purpose of this test is to verify the stand-by current level of an ABD at temperatures specified by the manufacturer. The maximum working voltage V_{WM} shall be generated by a well-regulated d.c. power supply and shall be impressed across the device. The stand-by current shall be measured after the voltage has been applied for at least 10 ms to allow stabilization of the conduction.

6.7 Breakdown (avalanche) voltage V_{BR} (see figure 4)

6.7.1 The ABD shall be tested at a specified pulse d.c. current and at a specified temperature. The time of applied test current I_{BR} or I_T shall be less than 400 ms.

6.7.2 This electrical characteristic is indicated as a minimum voltage range for the specified test current. In the absence of a specified requirement, it is recommended that the test current I_{BR} or I_T be at 1 mA. Low voltage or higher power devices may be specified at higher test currents.



Components

P	Pulsed constant current supply
DUT	Unidirectional device under test
DUT ₁	Bidirectional device under test
V	Digital voltmeter

Figure 4 – Test circuit for verifying breakdown (avalanche) voltage V_{BR}

6.8 Capacité C_j

L'objet de cet essai est de déterminer la capacité entre deux des bornes de la diode à avalanche. La capacité entre les bornes spécifiées doit être mesurée sous une tension de polarisation et une fréquence sinusoïdale spécifiées. Pour des bornes multiples, on doit mesurer une paire de bornes à la fois; les bornes non concernées doivent être protégées pour que leur capacité soit supprimée des mesures. En l'absence de spécifications, un signal de $0,1 V_{eff}$ ou moins à une fréquence de 1 MHz et une polarisation nulle en courant continu sont suggérés.

6.9 Dissipation de puissance crête de choc assignée P_{PPM}

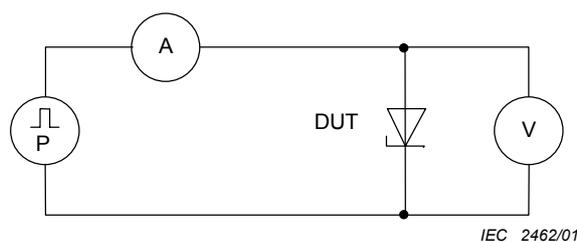
L'objet de cet essai est de vérifier la puissance assignée du constructeur dans des conditions spécifiques d'essais. Cette valeur est spécifiée par le constructeur pour chaque produit. La vérification de ce paramètre nécessite l'application du courant crête de choc assigné I_{PPM} et la mesure de la tension de blocage V_C . Le produit du courant crête de choc par la tension de blocage est défini comme la dissipation de puissance crête de choc assignée. Un nombre suffisant de dispositifs doivent être essayés et les caractéristiques tension/courant doivent être mesurées selon 6.3 et 6.4 pour obtenir une distribution statistique dans les limites de confiance souhaitées.

6.10 Courant de choc direct assigné I_{FSM} (voir figure 1c)

L'objet de cet essai est de vérifier que la diode à avalanche lorsqu'elle est soumise pendant 10 ms (ou 8,3 ms) à un courant crête maximal pendant une demi-onde sinusoïdale satisfait à un niveau statistique de fiabilité défini. Le dispositif doit être essayé selon la figure 2 sauf que le dispositif unidirectionnel est inversé. Le choc est appliqué dans la polarisation directe de la diode à avalanche (quadrant 1 de la courbe $V-I$, figure 1c).

6.11 Tension directe V_{FS}

La valeur crête de la tension directe est mesurée en appliquant pendant 10 ms (ou 8,3 ms) un courant crête maximal pendant une demi-onde sinusoïdale en polarisation directe de la diode à avalanche. Le courant positif de choc I_{FS} est la valeur s'écoulant dans la diode unidirectionnelle en polarisation directe.



Composants

P	Alimentation à courant pulsé constant
DUT	Dispositif en essai
V	Voltmètre numérique
A	Ampèremètre

Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification de la tension directe V_{FS}

6.8 Capacitance C_j

The purpose of this test is to determine the ABD capacitance between two of the terminals. The capacitance between specified terminals shall be measured at a specified sinusoidal frequency and bias voltage. For multiple terminals, one pair of terminals shall be measured at a time; all terminals not involved in the test shall be guarded to remove their capacitance from the measurement. In the absence of specified requirements, a signal of 0,1 V r.m.s. or less at a frequency of 1 MHz and a bias of 0 V d.c. are suggested.

6.9 Rated peak impulse power dissipation P_{PPM}

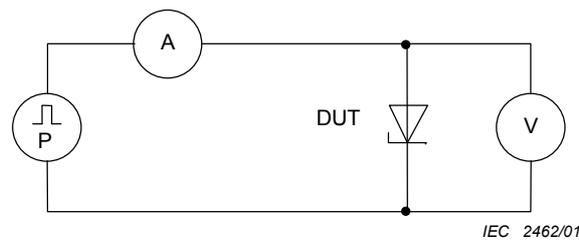
The purpose of this test is to verify the manufacturer's power rating under specific test conditions. This rating is specified by the manufacturer for each product. Verification of the parameter requires the application of the rated peak impulse current I_{PPM} and measuring the clamping voltage V_C . Multiplication of the peak impulse current by the clamping voltage is defined as the peak pulse power dissipation. A sufficient number of devices shall be tested and the voltage-current characteristics shall be measured as described in 6.3 and 6.4 to obtain a statistical distribution within the desired confidence limits.

6.10 Rated forward surge current I_{FSM} (see figure 1c)

The purpose of this test is to verify that an ABD, when subjected to a 10 ms (or 8,3 ms), single half-sine wave maximum peak current, meets a statistically expressed level of reliability. The device shall be tested in accordance with figure 2 except that the unidirectional device is reversed. The surge is applied in the forward direction of the ABD (quadrant 1 of the $V-I$ characteristic curve, figure 1c).

6.11 Forward voltage V_{FS}

Peak value of the forward voltage is measured by applying a 10 ms (or 8,3 ms) single half-sine wave maximum peak current in the forward direction of the ABD. Forward surge current I_{FS} is a value of current that flows through the diode in the forward direction for a unidirectional ABD.



Components

- P Pulsed constant current supply
- DUT Device under test
- V Digital voltmeter
- A Ammeter

Figure 5 – Test circuit for verifying forward voltage V_{FS}

6.12 Coefficient de température de la tension d'avalanche αV_{BR}

Le coefficient de température de la tension est le rapport de la variation de la tension d'avalanche sur la variation de la température. Il peut varier d'un dispositif à l'autre, mais c'est une caractéristique d'une diode à avalanche spécifique indépendante de la puissance. Ce paramètre doit être pris en compte lors du fonctionnement en dehors de la gamme de températures. La tension d'avalanche et la tension maximale de blocage varient hors de la gamme de températures et cette variation peut être exprimée comme une fonction du coefficient de température de la tension. Pour des tensions d'avalanche supérieures à 5 V, ce paramètre sera toujours positif.

$$\alpha V_{BR} = \frac{V_{BR}(\text{température d'essai}) - V_{BR}(\text{température de référence})}{V_{BR}(\text{température de référence})} \times \frac{100}{T_{\text{essai}} - T_{\text{ref}}} \text{ \%/K}$$

où

température de référence = température ambiante véritable ($25 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$)

température d'essai = température extrême utilisée dans les mesures.

6.13 Correction en température (voir figure 5)

Une correction en température décrit les variations soit de la puissance crête de choc soit du courant crête de choc avec des températures augmentant au-dessus du niveau de température spécifié. La correction de puissance s'applique à la valeur crête de choc et aux conditions de puissance moyenne (stabilisée). Voir la CEI 60747-2 pour cette méthode d'essai.

6.14 Résistance thermique R_{thJA} , R_{thJC} ou R_{thJL}

La résistance thermique est la mesure de la résistance à l'écoulement de chaleur de la jonction du semi-conducteur vers le boîtier, la connexion ou l'air ambiant. Le transfert de chaleur s'effectue soit par rayonnement, naturel ou par convection forcée, soit par conduction dans les matériaux. Les caractéristiques thermiques de chaque dispositif (famille) doivent être spécifiées (et définies) par le constructeur. Le but de cet essai est de mesurer l'élévation de température par unité de dissipation de puissance du dispositif à jonction au-dessus de la température du boîtier du dispositif ou de la température ambiante, dans des conditions de tension et de courant constantes (voir 6.11).

- Mesurer la puissance de la jonction nécessaire pour maintenir la température de la jonction constante (comme indiqué par un mesureur électrique précalibré sensible à la température, telle que la tension directe pour un courant positif défini (voir 6.11) lorsque le boîtier du dispositif ou la température ambiante, spécifiés, sont modifiés d'une valeur connue.
- Mesurer la température de la jonction (comme indiqué par un mesureur électrique précalibré sensible à la température et à la tension directe) lorsque la puissance de la jonction est modifiée d'une valeur connue tandis que le boîtier du dispositif ou la température ambiante, spécifiés, sont maintenus constants.

6.15 Impédance thermique transitoire Z_{thJA} , Z_{thJC} ou Z_{thJL}

C'est un essai de détermination de la tenue à la puissance de choc de la diode à avalanche pour une durée de choc déterminée. Le but est de mesurer l'impédance thermique transitoire entre la jonction du dispositif et un point de référence telle que le boîtier du dispositif ou la température ambiante de la diode à avalanche. Voir 2.2.3 de la CEI 60747-2 pour cette méthode d'essai.

6.12 Temperature coefficient of breakdown voltage αV_{BR}

The voltage temperature coefficient is the ratio of the change in breakdown voltage to the change in temperature. It may vary from device to device, but it is characteristic of a specific ABD independent of power ratings. This parameter shall be considered when operating over a temperature range. The breakdown voltage and maximum clamping voltage will vary over the temperature range and this variation can be expressed as a voltage temperature coefficient. For breakdown voltages above 5 V, this parameter will always be positive.

$$\alpha V_{BR} = \frac{V_{BR(\text{test temperature})} - V_{BR(\text{reference temperature})}}{V_{BR(\text{reference temperature})}} \times \frac{100}{T_{\text{test}} - T_{\text{ref}}} \text{ \%}/\text{K}$$

where

reference temperature = actual ambient ($25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$) temperature

test temperature = extreme temperature employed in the measurement.

6.13 Temperature derating (see figure 5)

Temperature derating describes the variations in either peak pulse power or peak impulse current with increasing temperatures above a specified temperature level. Power derating applies to both peak pulse and steady-state (average) power conditions. See IEC 60747-2 for this test method.

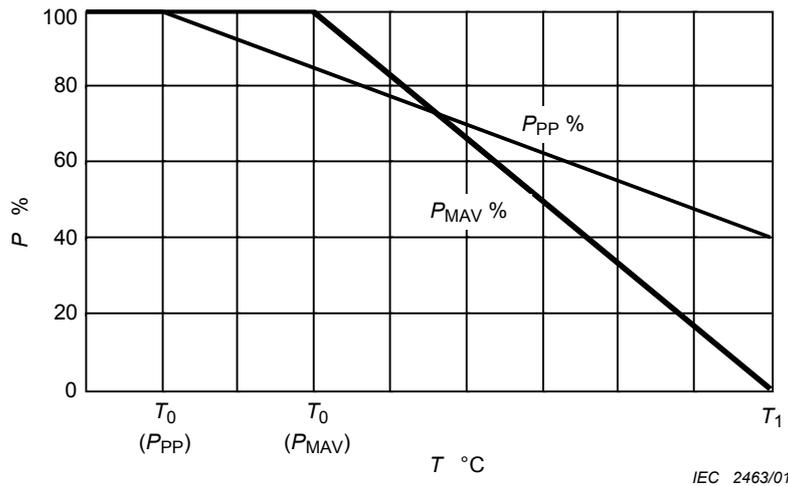
6.14 Thermal resistance R_{thJA} or R_{thJC} or R_{thJL}

Thermal resistance is a measure of the resistance to heat flow present from the semiconductor junction to the case, lead or ambient air. Heat transfer occurs by means of radiation, natural or forced convection, or conduction through materials. The thermal characteristics of each device (family) shall be specified (and defined) by the manufacturer. The purpose of this test is to measure the temperature rise per unit power dissipation of the device junction above the case of the device or ambient temperature, under conditions of constant voltage and current (see 6.11).

- a) Measure the junction power required to maintain the junction temperature constant (as indicated by a precalibrated temperature sensitive electrical parameter, such as the forward voltage at a defined forward current (see 6.11) when the case of the device or ambient temperature, as specified, is changed by a known amount.
- b) Measure the junction temperature (as indicated by a precalibrated temperature sensitive electrical parameter, forward voltage) when the junction power is changed by a known amount while the case of the device or ambient temperature, as specified, is held constant.

6.15 Transient thermal impedance Z_{thJA} or Z_{thJC} or Z_{thJL}

Thermal impedance is a test to determine the pulse power capability of the ABD for a specified power pulse duration. The purpose is to measure the transient thermal impedance between the device junction and a reference point such as the device case or the ambient temperature of the ABD. See 2.2.3 of IEC 60747-2 for this test method.



Légende

T₀ Température de début de discontinuité

T₁ Température pour laquelle il n'existe pas de discontinuité de puissance, de courant ou toute autre valeur pour la température spécifiée

NOTE Puissance assignée de choc crête de choc assignée P_{PPM} ou courant crête de choc assigné I_{PPM} en pourcentage du coefficient de température T₀.

Figure 6 – Courbe de discontinuité de composants de diode à avalanche

6.16 Dissipation de puissance moyenne assignée P_{MAV}

La dissipation de puissance moyenne assignée d'une diode à avalanche est spécifiée par le constructeur afin de limiter la température des dispositifs pendant une durée de vie suffisamment longue, en tenant compte des deux paramètres suivants:

- a) le courant moyen d'entrée à travers le matériau (jonction) par transitoires répétitifs, généralement indiqué par un cycle de fonctionnement;
- b) la résistance thermique du dispositif vers l'environnement par les connexions et/ou par les montages à chaud recommandés par le constructeur.

6.17 Tension crête de dépassement V_{OS} (voir figure 7)

La tension crête de dépassement V_{OS} est la tension crête V₁ moins la tension de blocage V_C de la diode à avalanche, figure 7. Les conditions et le circuit d'essai sont les mêmes que pour l'essai de tension de blocage (voir 6.3 et figure 2).

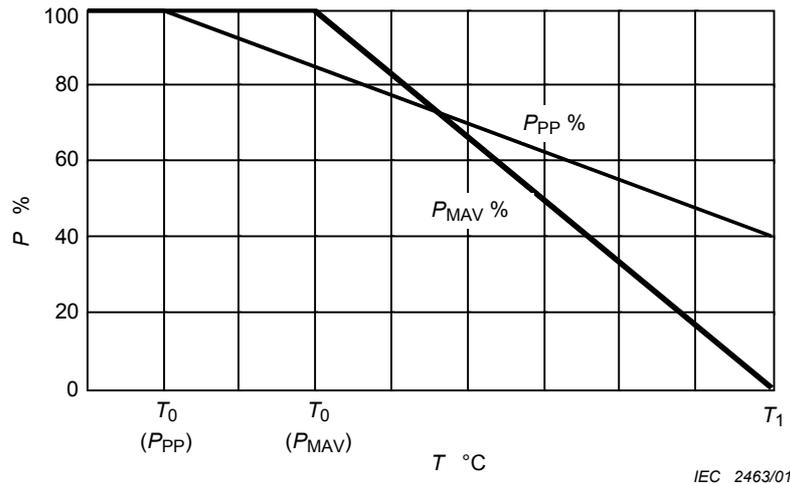
NOTE Pour assurer que la tension crête de dépassement représente le dispositif en essai, il convient que tous les fils (connexions) du matériel et ceux du dispositif en essai aient une longueur minimale. La tension crête de dépassement dépend de la durée de montée de l'impulsion et de la longueur des fils de la diode à avalanche. Il peut aussi se produire quelques résonances après la tension de dépassement caractéristiques d'une mauvaise adaptation de l'impédance du circuit.

6.18 Durée de dépassement (voir figure 7)

La durée de dépassement est le temps (t₃ – t₁) que met la tension de dépassement à devenir asymptotique avec la tension de blocage V_C. Les conditions et le circuit d'essai sont les mêmes que pour l'essai de la tension de blocage (voir 6.3 et figure 2).

6.19 Temps de réponse (voir figure 7)

Le temps de réponse est la possibilité d'une diode à répondre à la durée de montée du courant crête de choc I_{PP}. C'est le temps de zéro t₀ au temps de tension crête t₁, figure 7. Les conditions et le circuit d'essai sont les mêmes que pour l'essai de tension de blocage (voir 6.3 et figure 2).

**Key**

T_0 Temperature at which derating begins

T_1 Temperature at which there is no power or current or minimum derated value for the specified temperature

NOTE Rated peak pulse power P_{PPM} or rated peak impulse current I_{PPM} in per cent (%) of T_0 rating.

Figure 6 – Derating curve for ABD components

6.16 Rated average power dissipation P_{MAV}

The rated average power dissipation of an ABD is specified by the manufacturer in order to limit device temperatures for reliable long life, taking into consideration two conditions:

- input average current through the material (junction) by repetitive transients, usually indicated by a duty cycle;
- the thermal resistance of the device to the environment by leads and/or heatsink mounting as recommended by the manufacturer.

6.17 Peak overshoot voltage V_{OS} (see figure 7)

Peak overshoot voltage V_{OS} is the peak voltage V_1 minus the clamping voltage V_C of the ABD, figure 7. Test conditions and circuit are the same as for the clamping voltage test (see 6.3 and figure 2).

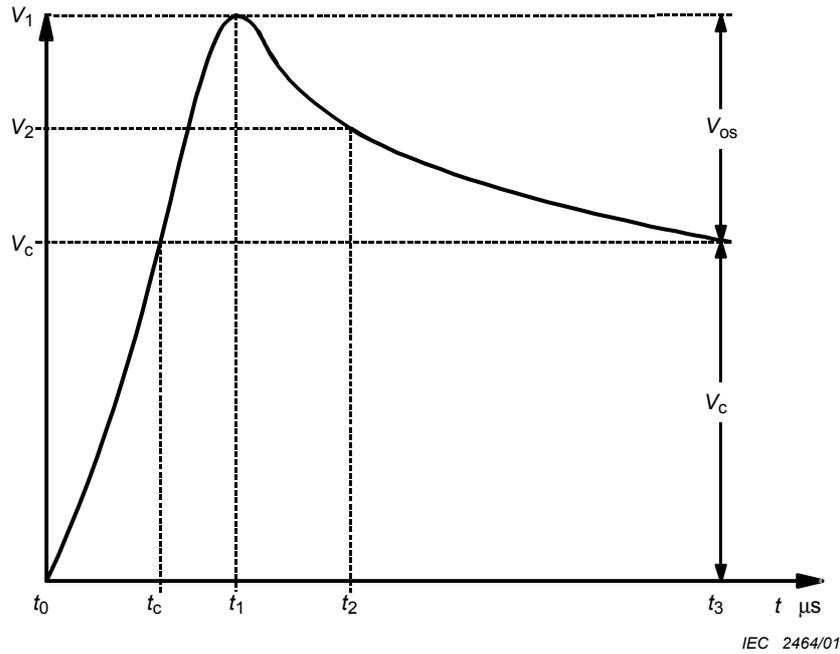
NOTE To assure that the peak overshoot voltage represents the device under test, all wires (connections) to the equipment and the leads of the DUT are to be kept at a minimum length. The peak overshoot voltage is dependent upon the front duration of the pulse and the lead length and of the ABD. There may also be some ringing following the overshoot voltage which is a result of mismatching of circuit impedance.

6.18 Overshoot duration (see figure 7)

Overshoot duration is the time ($t_3 - t_1$) for the overshoot voltage to become asymptotic to the clamping voltage V_C . Test condition and circuit are the same as for the clamping voltage test (see 6.3 and figure 2).

6.19 Response time (see figure 7)

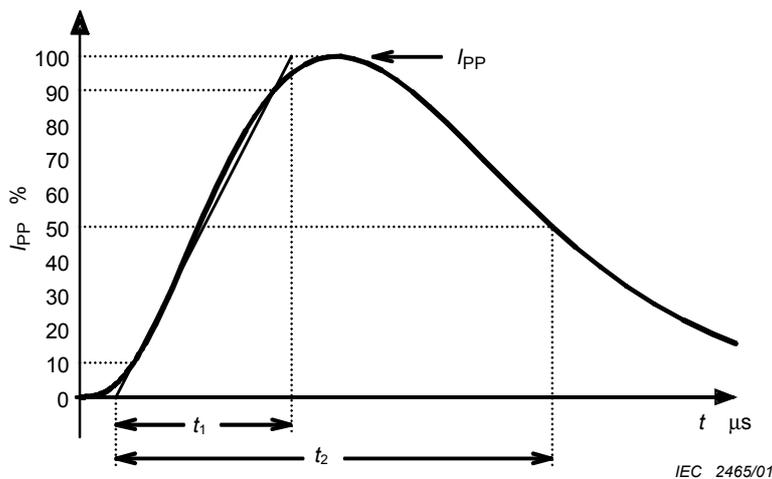
Response time is the ability of an ABD to respond to the front time of the peak impulse current I_{PP} . It is the time from zero t_0 to the time of the peak voltage t_1 , figure 7. Test conditions and circuit are the same as for the clamping voltage test (see 6.3 and figure 2).



Légende

- V_C Tension de blocage du dispositif pour un courant et une onde spécifiés
- V_{OS} Tension crête de dépassement ($V_1 - V_C$)
- t_C Temps mis par la tension du dispositif pour atteindre le niveau de blocage V_C
- t_1 Temps mis par la tension du dispositif pour atteindre la valeur crête V_1
- t_2 Temps mis par la tension du dispositif pour décroître de 50 % de sa valeur crête de dépassement
- $t_1 - t_0$ Temps de réponse
- $t_3 - t_1$ Temps de dépassement
- V_2 $(V_1 - V_C)/2$

Figure 7 – Courbe illustrant la tension de dépassement, le temps de réponse et la durée de dépassement



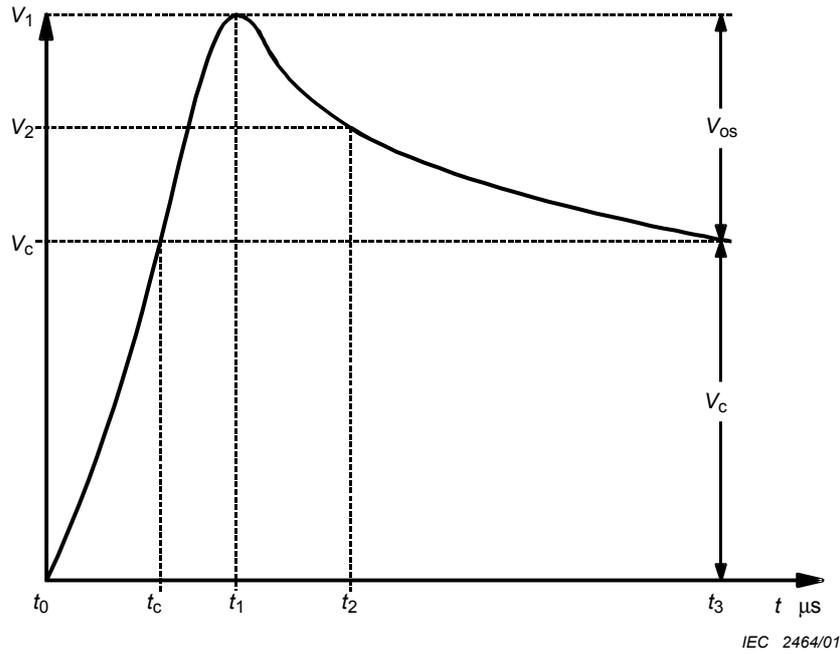
Légende

- t_1 Durée de montée virtuelle de zéro à crête
- t_2 Durée de montée virtuelle à mi-valeur de l'impulsion

EXEMPLE: Pour une onde de courant 10/1 000 μs :

- 10 $\mu s = t_1$ (durée de montée virtuelle)
- 1 000 $\mu s = t_2$ (durée d'impulsion à 50 % I_{PP})

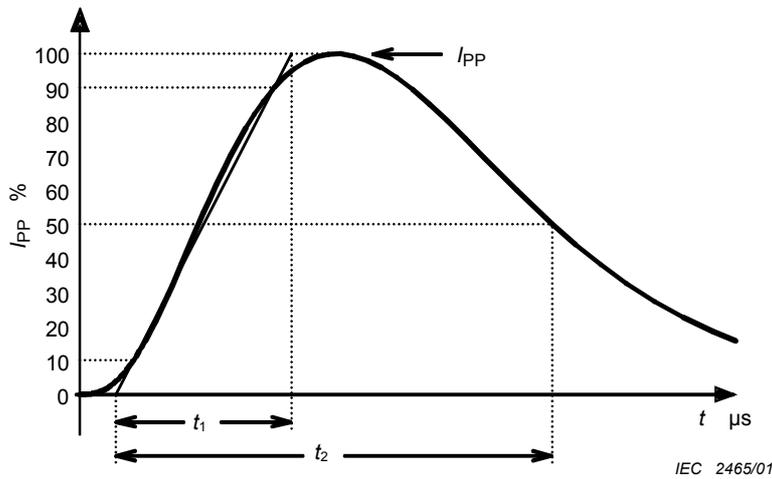
Figure 8 – Forme d'onde de courant de choc



Key

- V_C Device clamping voltage for specified current and waveform
- V_{OS} Peak overshoot voltage ($V_1 - V_C$)
- t_C Time for device voltage to reach its clamping level V_C
- t_1 Time for device voltage to reach its peak value V_1
- t_2 Time for device voltage to decay to 50 % of its peak overshoot value
- $t_1 - t_0$ Response time
- $t_3 - t_1$ Overshoot duration
- V_2 ($V_1 - V_C$)/2

Figure 7 – Graph illustrating voltage overshoot, response time and overshoot duration



Key

- t_1 Virtual front duration. Zero cross to peak
- t_2 Virtual time to half value of the impulse

EXAMPLE: For 10/1 000 μs current waveform:

- 10 $\mu s = t_1$ (virtual front duration)
- 1 000 $\mu s = t_2$ (impulse duration to 50 % I_{PP})

Figure 8 – Impulse current waveform

7 Défaillances et modes de défaillance

En l'absence de spécifications particulières, les critères suivants sont recommandés. Les essais de défaillance doivent être effectués après le retour du dispositif à une température de $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

7.1 Mode de défaillance dû à l'usure

Dans ce mode, la diode à avalanche présente un courant non passant supérieur au courant maximal spécifié.

7.2 Mode de défaillance en court-circuit

Dans ce mode, la diode à avalanche est court-circuitée en permanence par une résistance inférieure à $1\ \Omega$ sous $0,1\text{ V}$ continu. (Cette condition peut apparaître lorsque la tension de blocage maximale est dépassée après passage d'un courant crête de choc supérieur à celui de dimensionnement ou si le dispositif est soumis à une dissipation de puissance supérieure à la moyenne ou à des chocs multiples.)

7.3 Mode de défaillance en circuit ouvert

Dans ce mode, la diode à avalanche se comporte comme un circuit ouvert sous une tension d'avalanche V_{BR} supérieure à 150 % de la valeur prédéterminée sous un courant d'essai de I_{BR} ou I_T , tel qu'indiqué en 6.7.2. (Cette condition peut apparaître si le courant est maintenu dans le dispositif pendant un court-circuit ou lors du passage d'un courant anormalement élevé ou d'un courant de choc pulsé de courte durée supérieur à la tenue du dispositif.)

7.4 Fonctionnement «sûr»

L'utilisation du terme «sûr» pour décrire un mode de défaillance peut se présenter pour chacun des modes décrits ci-dessus. Certains utilisateurs peuvent considérer que le mode de défaillance le plus souhaitable pour le dispositif est de maintenir la fonction de protection, par exemple, «sûr» en mode de défaillance en court-circuit. Toutefois, les objectifs de systèmes d'autres utilisateurs peuvent prescrire qu'un dispositif particulier avec mode de défaillance sous tension de blocage élevée soit en défaut pour réaliser le fonctionnement attendu du système. C'est pourquoi la défaillance en court-circuit, bien que considérée comme sûre par de nombreux utilisateurs peut s'avérer nuisible pour d'autres utilisateurs. En conséquence, il est recommandé de décrire le mode de défaillance par l'un des modes décrits en 7.2 et en 7.3.

7 Fault and failure modes

In the absence of special requirements, the following criteria are suggested. Tests for determining failure shall be performed after the device temperature has returned to $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

7.1 Degradation fault mode

In this mode, the ABD has a stand-by current greater than the maximum specified.

7.2 Short-circuit failure mode

In this mode, the ABD is permanently shorted with a resistance of less than $1\ \Omega$ at $0,1\text{ V d.c.}$ (This condition may occur when the maximum clamping voltage is exceeded after being subjected to a peak impulse current above the device rating, or when a device is powered beyond its average or multiple peak pulse power dissipation.)

7.3 Open-circuit failure mode

In this mode, the ABD appears as an open circuit that has a breakdown voltage V_{BR} greater than 150 % of the pre-test value at an applied test current I_{BR} or I_T , as discussed in 6.7.2. (This condition may occur if current is sustained in the device while in the shorted condition, or by an abnormally high or short-duration current pulse beyond the device capability.)

7.4 "Fail-safe" operation

The use of "fail-safe" to describe a failure mode of a device can occur in any of the modes described above. Some users may consider that the most desirable failure mode for the device is to maintain the protective function; for example, "fail-safe" in the short-circuit failure mode. However, system objectives of other users can require that a particular device should fail in a high clamping failure mode in order to achieve the desired performance of the system. Thus, failure in the short mode, while considered "fail-safe" by many users, may in fact be opposite to the desired ("safe") mode of other users. Therefore, the recommended practice is to describe the failure by one of the failure modes defined in 7.2 and 7.3.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

Q3 I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

Q4 This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

Q5 This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents
- tables, charts, graphs, figures.....
- other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (ex. 60601-1-1)

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction? (cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

Q3 Je travaille: (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins: (une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes: (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres (1) inacceptable, (2) au-dessous de la moyenne, (3) moyen, (4) au-dessus de la moyenne, (5) exceptionnel, (6) sans objet

- publication en temps opportun
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique
- disposition logique du contenu
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures
- autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-6096-2



9 782831 860961

ICS 31.080.10
