

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Semiconductor devices –

Part 3: Discrete devices: Signal, switching and regulator diodes

Dispositifs à semiconducteurs –

Partie 3: Dispositifs discrets: Diodes de signal, diodes de commutation et diodes régulatrices

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-3:2013



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Semiconductor devices –

Part 3: Discrete devices: Signal, switching and regulator diodes

Dispositifs à semiconducteurs –

Partie 3: Dispositifs discrets: Diodes de signal, diodes de commutation et diodes régulatrices

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 31.080.10

ISBN 978-2-8322-0897-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and graphical symbols	6
3.1 Signal and switching diodes	6
3.2 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes.....	7
3.3 Current-regulator diodes.....	8
4 Letter symbols.....	9
4.1 General.....	9
4.2 Signal and switching diodes	9
4.2.1 Subscripts	9
4.2.2 List of letter symbols.....	9
4.3 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes.....	10
4.3.1 Subscripts	10
4.3.2 List of letter symbols.....	10
4.4 Current-regulator diodes.....	10
4.4.1 Subscripts	10
4.4.2 List of letter symbols.....	11
5 Essential ratings and characteristics.....	11
5.1 General.....	11
5.2 Signal and switching diodes	11
5.2.1 Ratings (limiting values)	11
5.2.2 Characteristics	11
5.3 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes.....	14
5.3.1 Ratings (limiting values)	14
5.3.2 Characteristics	14
5.4 Current-regulator diodes.....	16
5.4.1 Ratings (limiting values)	16
5.4.2 Characteristics	16
6 Measuring methods	17
6.1 General.....	17
6.2 Signal and switching diodes	17
6.2.1 Reverse current I_R	17
6.2.2 Forward voltage V_F	17
6.2.3 Total capacitance C_{tot}	18
6.2.4 Forward recovery time t_{fr} and peak forward recovery voltage V_{FRM}	19
6.2.5 Reverse recovery time (t_{rr}) and recovered charge (Q_r).....	20
6.2.6 Detector voltage efficiency η_V	21
6.2.7 Detector power efficiency η_p	22
6.2.8 Noise V_n , I_n	23
6.3 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes.....	24
6.3.1 Working voltage V_Z	24
6.3.2 Differential resistance in the working current range r_Z	25
6.3.3 Temperature coefficient of working voltage α_{VZ}	25
6.3.4 Reverse current I_R	26
6.3.5 Forward voltage V_F	26

6.3.6	Junction capacitance C_{tot}	26
6.3.7	Noise voltage V_n	26
6.4	Current-regulator diodes.....	27
6.4.1	Regulator current I_S	27
6.4.2	Temperature coefficient of regulator current α_{I_S}	27
6.4.3	Regulator current variation ΔI_S	28
6.4.4	Limiting voltage V_L	28
6.4.5	Small-signal regulator conductance g_S	29
6.4.6	Knee conductance g_k	31
7	Acceptance and reliability.....	31
7.1	Acceptance-defining characteristics.....	31
7.2	Electrical endurance tests.....	33
Figure 1 – Current-regulator diode graphical symbol.....8		
Figure 2 – Current-regulator diode characteristic with symbol identification..... 10		
Figure 3 – Reverse recovery current waveform..... 12		
Figure 4 – Current and voltage waveforms..... 13		
Figure 5 – Circuit diagram for the measurement of I_R 17		
Figure 6 – Circuit diagram for the measurement of V_F 18		
Figure 7 – Circuit diagram for the measurement for C_{tot} 18		
Figure 8 – Circuit diagram for the measurement of t_{fr} and V_{FRM} 19		
Figure 9 – Circuit diagram for the measurement of t_{rr} 20		
Figure 10 – Circuit diagram for the measurement of η_V 21		
Figure 11 – Circuit diagram for the measurement of η_p 22		
Figure 12 – Circuit diagram for the measurement of noise current..... 23		
Figure 13 – Circuit diagram for the measurement of V_Z 24		
Figure 14 – Circuit diagram for the measurement of V_n 26		
Figure 15 – Circuit diagram for the measurement of I_S 27		
Figure 16 – Circuit diagram for the measurement of g_S (two-voltmeter method)..... 29		
Figure 17 – Circuit diagram for the measurement of g_S (two-terminal bridge method)..... 30		
Table 1 – Preferred reference diode working voltages – Voltages in the E24 series..... 14		
Table 2 – Preferred reference diode working voltages – Voltages in the E12 series..... 15		
Table 3 – Acceptance-defining characteristics for acceptance after endurance tests..... 32		
Table 4 – Test circuits and conditions for the endurance tests..... 33		

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 3: Discrete devices: Signal, switching and regulator diodes

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60747-3 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 1985, Amendment 1:1991 and Amendment 2:1993. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) All clauses were re-edited to latest IEC publication format and style with all contents from previous publication.
- b) All clauses have been amended by suitable additions and deletions.

This standard is to be read in conjunction with IEC 60747-1:2006 and its Amendment 1 (2010).

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

FDIS	Report on voting
47E/453/FDIS	47E/455/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 2.

A list of all parts in the IEC 60747 series, published under the general title *Semiconductor devices*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-3:2013

SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 3: Discrete devices: Signal, switching and regulator diodes

1 Scope

This part of IEC 60747 gives the requirements for the following devices:

- signal diodes (excluding diodes designed to operate at frequencies above several hundred MHz);
- switching diodes (excluding high power rectifier diodes);
- voltage-regulator diodes;
- voltage-reference diodes;
- current-regulator diodes.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*
(available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60747-1:2006, *Semiconductor devices – Part 1: General*
Amendment 1:2010

3 Terms, definitions and graphical symbols

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-521, IEC 60050-702 and IEC 60747-1, and the following, apply.

3.1 Signal and switching diodes

3.1.1

forward recovery voltage

V_{FR}

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

3.1.2

detector voltage efficiency

η_v

ratio of the d.c. load voltage to the peak sinusoidal input voltage under specified circuit conditions

3.1.3**detector power efficiency** η_p

ratio of the change in d.c. power in the load resistance produced by the a.c. signal, to the available power from a sinusoidal voltage generator when the diode is operated under specified conditions

3.1.4**repetitive pulse energy** E_{PR}

energy of a pulse of short duration that occurs in a repetitive series of pulses

3.1.5**total capacitance** C_{tot}

capacitance at the diode terminals, measured under specified bias conditions

3.2 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes**3.2.1****voltage reference diode**

voltage regulator diode where the minimum and maximum voltages are both specified at the same current

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-04-16 modified – rewritten]

3.2.2**working direction**

direction of current that results when the N-type semiconductor region is at a positive voltage relative to the P-type region

Note 1 to entry: This is also the reverse direction for voltage regulator diodes.

3.2.3**regulating range**

range of working direction currents within which the voltage is maintained between specified limits

3.2.4**working current** I_Z

current within the regulating range

3.2.5**working voltage** V_Z

voltage within the regulating range

3.2.6**differential working resistance** r_z

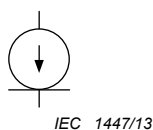
differential resistance at a working current within the regulating range

3.2.7**temperature coefficient of working voltage** α_{VZ}

the quotient of the change in working voltage between two specified values of temperatures, and the difference between these two temperatures

3.3 Current-regulator diodes

3.3.1 Graphical symbol



NOTE The arrow denotes the direction of flow of the regulator (working) current, flowing from the anode to the cathode. This is termed the forward direction for current-regulator diodes, and the terms defining the forward and reverse directions of a PN junction (IEC 60050-521:2002, 521-05-03 and 521-05-04) do not apply.

Figure 1 – Current-regulator diode graphical symbol

3.3.2 regulator voltage

V_s

voltage within the regulating range of a current-regulator diode

Note 1 to entry: “Working voltage” is no longer the preferred term.

3.3.3 limiting voltage

V_L

voltage at point I_L on the current-voltage characteristic

SEE: Figure 2.

3.3.4 knee voltage

V_K

voltage near the lower knee of the current-voltage characteristic

3.3.5 regulator current

I_s

current within the regulating range of a current-regulator diode

Note 1 to entry: “Working current” is no longer the preferred term.

3.3.6 limiting current

I_L

specified current below the regulating range

3.3.7 small-signal regulator conductance

g_s

small-signal conductance within the regulating range of a current-regulator diode

3.3.8 knee conductance

g_k

small-signal regulator conductance at the knee voltage

3.3.9**temperature coefficient of regulator current** α_{IS}

quotient of the change in regulator current between two specified values of temperature and that change of temperature

Note 1 to entry: The change in regulator current is usually expressed as a percentage of regulator current.

Note 2 to entry: "Regulator current" is now used instead of "working current", which is no longer the preferred term.

4 Letter symbols**4.1 General**

The general rules and letter symbols of IEC 60747-1:2006, Clause 4 apply with the following additions.

4.2 Signal and switching diodes**4.2.1 Subscripts**

A, a	anode
K, k	cathode
r	recovery, recovered
S, s	storage, stored

4.2.2 List of letter symbols**4.2.2.1 Voltages**

V_F	Continuous (direct) forward voltage
V_R	Continuous (direct) reverse voltage
V_{RM}	Peak reverse voltage
$V_{(BR)}$	Breakdown voltage
V_{FR}	Forward recovery voltage
V_{FRM}	Peak value of forward recovery voltage

4.2.2.2 Currents

I_F	Continuous (direct) forward current
i_F	Instantaneous forward current
I_{FM}	Peak forward current
I_R	Continuous (direct) reverse current
i_R	Instantaneous reverse current
I_{RM}	Peak reverse current

4.2.2.3 Switching characteristics

t_{fr}	Forward recovery time
t_{rr}	Reverse recovery time
i_{rr}	Reverse recovery current
Q_r	Recovered charge

4.2.2.4 Sundry quantities

r	Differential resistance
-----	-------------------------

η_p	Detector power efficiency
η_v	Detector voltage efficiency
E_{pr}	Repetitive pulse energy

4.3 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes

4.3.1 Subscripts

Z, z working

4.3.2 List of letter symbols

4.3.2.1 Voltages

V_Z Working voltage

V_{nz} Noise voltage within the working voltage range (V_n is also acceptable if no misunderstanding is possible).

4.3.2.2 Currents

I_Z Continuous (direct) reverse current within the working voltage range

I_R Continuous (direct) reverse current at a voltage below the working voltage range

4.3.2.3 Sundry quantities

r_Z Differential (working) resistance

α_{vz} Temperature coefficient of working voltage (Reserve symbol: S_Z)

4.4 Current-regulator diodes

See Figure 2.

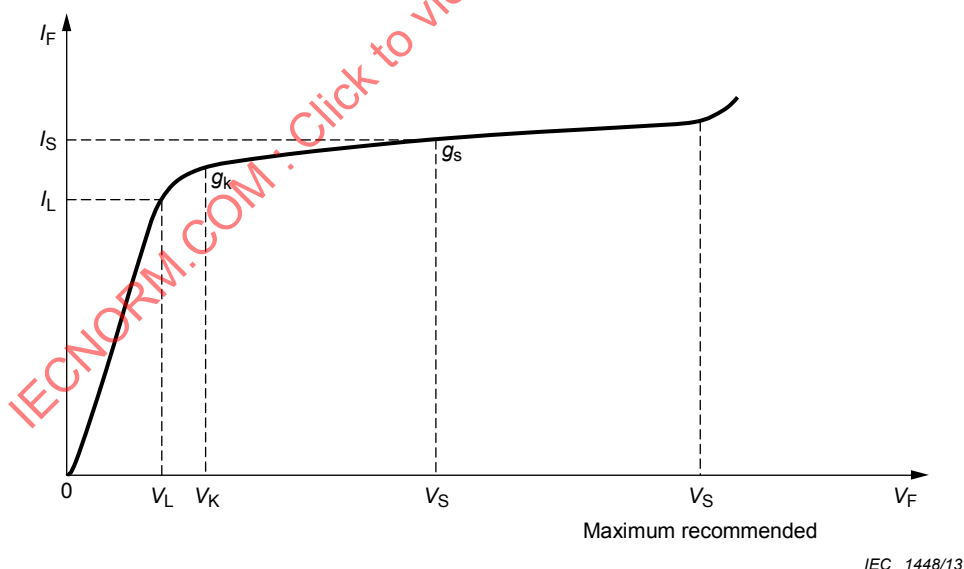


Figure 2 – Current-regulator diode characteristic with symbol identification

4.4.1 Subscripts

S, s Regulator

L Limiting

K Knee

4.4.2 List of letter symbols

4.4.2.1 Voltages

V_S	Regulator voltage
V_L	Limiting voltage
V_K	Knee voltage

4.4.2.2 Currents

I_S	Regulator current
I_L	Limiting current

4.4.2.3 Sundry quantities

g_s	Small-signal regulator conductance
g_k	Knee conductance
ΔI_S	Regulator current variation

5 Essential ratings and characteristics

5.1 General

The rules of IEC 60747-1:2006, Clause 5 apply, with the following additions.

Voltage and current ratings apply over the rated range of operating temperatures. Where such ratings are temperature-dependent, this dependence should be indicated.

5.2 Signal and switching diodes

5.2.1 Ratings (limiting values)

5.2.1.1 Minimum and maximum storage temperatures (T_{stg})

5.2.1.2 Minimum and maximum operating ambient or case temperature (T_a or T_c)

5.2.1.3 Maximum continuous (direct) reverse voltage (V_R)

5.2.1.4 Maximum peak reverse voltage (V_{RM})

Under specified pulse conditions (for switching diodes).

5.2.1.5 Maximum continuous (direct) forward current (I_F)

5.2.1.6 Maximum peak forward current (I_{FM})

Under specified conditions.

5.2.1.7 Maximum total power dissipation (P_{tot} or P_C)

Where thermal resistance is not given in the characteristics, maximum total power dissipation as a function of temperature over the range of operating temperatures shall also be given.

5.2.1.8 Any special requirements for ventilation and/or mounting

5.2.2 Characteristics

5.2.2.1 Reverse current (I_R)

Maximum value at the maximum continuous (direct) reverse voltage and at a low value of reverse voltage at 25 °C and one higher temperature.

5.2.2.2 Forward voltage (V_F)

Maximum value at the rated maximum continuous (direct) forward current at 25 °C.

Minimum value at low value of continuous (direct) forward current at 25 °C.

5.2.2.3 Total capacitance (C_{tot})

Maximum value at specified low value of reverse voltage at 25 °C; the frequency shall be below that where secondary effects are significant.

5.2.2.4 Recovered charge (Q_r)

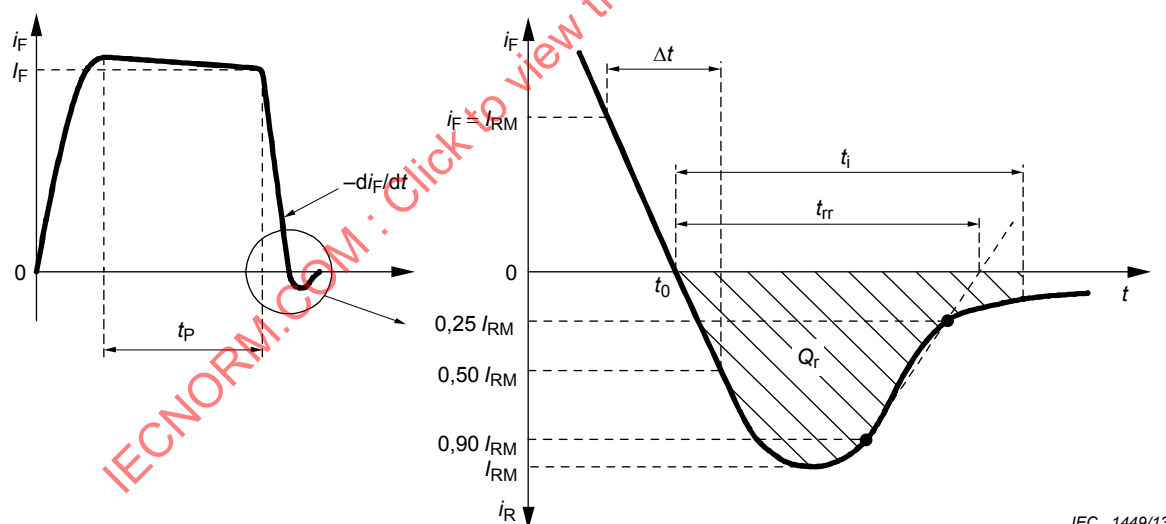
For switching diodes: maximum value when switching from a specified forward current by the application of specified reverse voltage or current and for specified circuit conditions.

NOTE See note in 5.2.2.5.

5.2.2.5 Reverse recovery time (t_{rr})

For switching diodes: maximum value when switching from a specified forward current by the application of specified reverse voltage or current and for specified circuit conditions. See Figure 3.

NOTE Recovered charge and reverse recovery time are measured between the instant when the current passes through zero, when changing from the forward direction to the reverse direction (t_0), and the instant when the reverse current is reduced from its peak value I_{RM} either to a specified low value (preferably 10 % of the peak reverse current) (t_i), or when the extrapolated reverse current reaches zero (t_{rr}). The extrapolation is carried out with respect to two specified points, preferably 90 % and 25 % of the peak reverse current.



IEC 1449/13

Figure 3 – Reverse recovery current waveform

5.2.2.6 Peak forward recovery voltage (V_{FRM})

Maximum value (where appropriate) when switching from a specified reverse voltage to a specified forward current.

5.2.2.7 Forward recovery time (t_{fr})

Maximum value (where appropriate), when switching from a specified reverse voltage (preferably zero) by the application of a specified forward current with a specified rise time between 10 % and 90 %.

NOTE Forward recovery time is measured between the instant when the forward voltage rises through a specified first value (preferably 10 % of the final stable value) and the instant when it falls from its peak value, either to a specified second value close to the final stable value (preferably 110 %) or when the extrapolated forward voltage reaches zero (the extrapolation is carried out with respect to two specified points, preferably 90 % and 50 % of the peak forward voltage). See Figure 4.

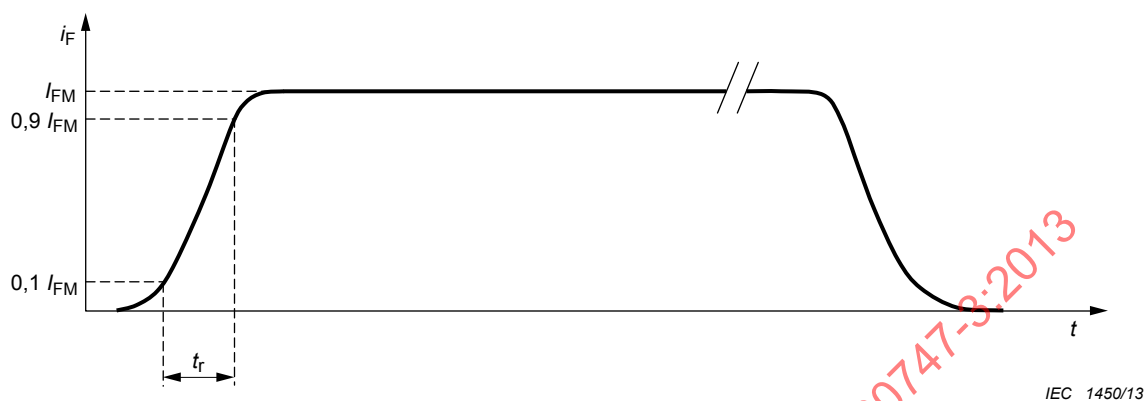


Figure 4 a) Current waveform

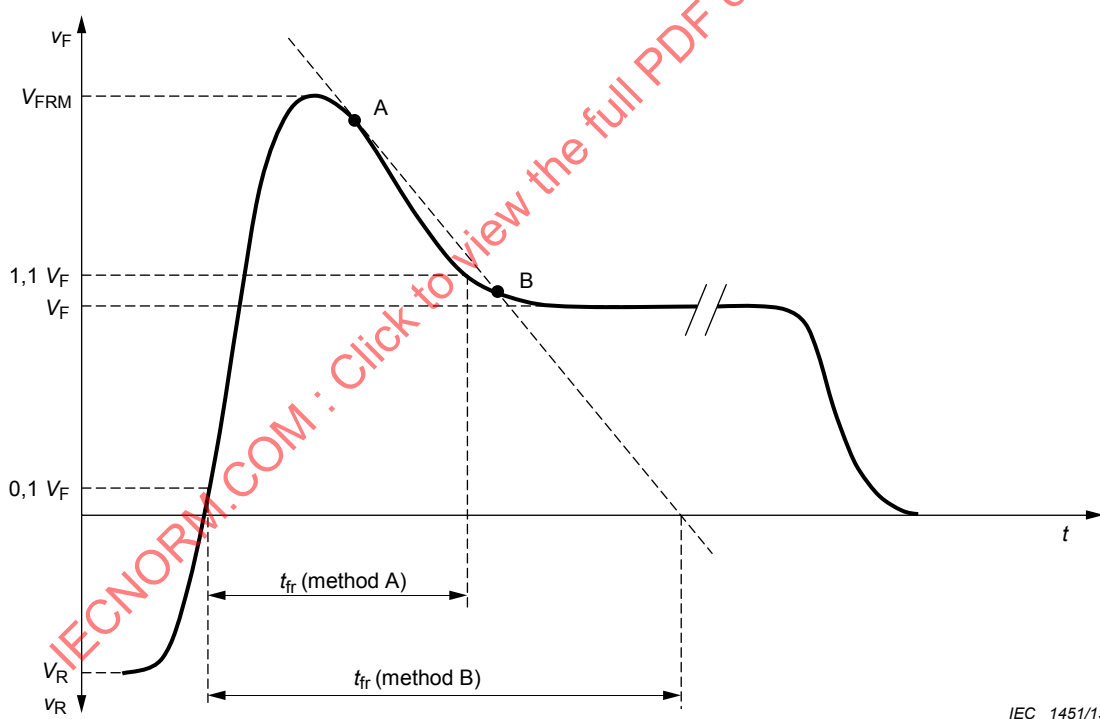


Figure 4 b) Voltage waveform

Figure 4 – Current and voltage waveforms

5.2.2.8 Detector efficiency

For diodes specified for use in detector circuits, the following characteristics shall be stated:

Either: **a) Detector voltage efficiency (η_v)**

Minimum value (for high-level RF detectors) under specified bias conditions at 25 °C. The circuit conditions and the frequency of measurement shall also be specified.

Or: **b) Detector power efficiency (η_p)**

Minimum value (for low-level RF detectors) under specified bias conditions at 25 °C and at one higher temperature. The circuit conditions and the frequency of measurement shall also be specified.

5.2.2.9 Noise (V_n , I_n) (where appropriate)

Maximum value of noise voltage or current, depending respectively on whether the diode is forward or reverse biased.

5.3 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes

5.3.1 Ratings (limiting values)

5.3.1.1 Minimum and maximum storage temperatures (T_{stg})

5.3.1.2 Minimum and maximum operating ambient or case, temperature (T_a or T_c)

5.3.1.3 Maximum continuous (direct) reverse current (I_Z)

5.3.1.4 Maximum continuous (direct) forward current (I_F)

(For diodes intended for operation in the forward conductivity region).

5.3.2 Characteristics

5.3.2.1 Working voltage (V_Z)

Nominal, minimum and maximum values, each at a specified current in the scale 1, 2, 5 and preferably with either T_c or T_a and mounting details specified. Alternatively, the conditions may be at a specified T_{vj} and a pulse test method be used, taking into account 6.2.2.

For voltage-reference diodes, the preferred nominal values of working voltages are shown in Table 1 and Table 2. The nominal values in the tables multiplied by 10 are the recommended values for higher voltages. The specified minimum and maximum limits shall not lie outside those shown in the tables.

Table 1 – Preferred reference diode working voltages – Voltages in the E24 series

Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.
2,5	2,7	2,9						
2,8	3,0	3,2	5,8	6,2	6,6	12,4	13,0	14,1
3,1	3,3	3,5	6,4	6,8	7,2	13,8	15,0	15,6
3,4	3,6	3,8	7,0	7,5	7,9	15,3	16,0	17,1
3,7	3,9	4,1	7,7	8,2	8,7	16,8	18,0	19,1
4,0	4,3	4,6	8,5	9,1	9,6	18,8	20,0	21,2
4,4	4,7	5,0	9,4	10,0	10,6	20,8	22,0	23,3
4,8	5,1	5,4	10,4	11,0	11,6	22,8	24,0	25,6
5,2	5,6	6,0	11,4	12,0	12,7	25,1	27,0	28,9

Table 2 – Preferred reference diode working voltages – Voltages in the E12 series

Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.
2,4	2,7	3,0						
2,9	3,3	3,6	6,1	6,8	7,5	13,0	15,0	16,5
3,5	3,9	4,3	7,3	8,2	9,1	16,0	18,0	20,5
4,2	4,7	5,2	9,0	10,0	11,0	20,0	22,0	24,5
5,0	5,6	6,2	10,5	12,0	13,5	24,0	27,0	30,0

5.3.2.2 Differential resistance within the working voltage range (r_z)

Maximum value at the current specified in 5.3.2.1.

Maximum value at a recommended minimum operating current.

5.3.2.3 Temperature coefficient of working voltage (α_{vz})

Minimum and maximum values (percent per degree Celsius) at the current specified in 5.3.2.1. If this coefficient varies significantly with the temperature, the variation shall be stated, and the temperatures (preferably junction temperatures) at which the measurements are made shall be specified.

5.3.2.4 Junction capacitance

Maximum value (where appropriate) at a specified reverse voltage below the minimum working voltage.

5.3.2.5 Reverse current (I_R)

Maximum value at a specified reverse voltage below the minimum working voltage.

5.3.2.6 Forward voltage (V_F)

Maximum value at the maximum continuous (direct) forward current (where appropriate – for voltage-regulator diodes intended for operation in the forward region).

5.3.2.7 Noise voltage within the working voltage range (V_{nz})

Maximum value (where appropriate) under specified conditions of frequency, bandwidth and operating current. Where the variation of this characteristic with temperature is significant, this shall be specified.

5.4 Current-regulator diodes

5.4.1 Ratings (limiting values)

5.4.1.1 Minimum and maximum storage temperatures (T_{stg})

5.4.1.2 Minimum and maximum operating ambient or case, temperatures (T_a or T_c)

5.4.1.3 Maximum total power dissipation at an ambient or case temperature of 25 °C (P_{tot}) and a derating curve or derating factor

5.4.1.4 Maximum reverse voltage / Maximum reverse current

Either: a) Maximum reverse (negative anode-cathode) voltage (V_R)
or: b) Maximum reverse current (I_R)

(Where appropriate)

5.4.1.5 Maximum forward voltage (V_F)

(Where appropriate)

5.4.2 Characteristics

5.4.2.1 Regulator current (I_{S1})

Minimum and maximum values at a specified operating voltage (V_{S1}).

5.4.2.2 Regulator current (I_{S2})

Maximum value at the maximum recommended operating voltage (V_{S2}).

5.4.2.3 Temperature coefficient of regulator current (α_{IS})

Highest (most positive or maximum) and lowest (most negative or minimum) values at the operating voltage specified in 5.4.2.1 and specified range of T_a or T_c .

5.4.2.4 Regulator current variation / Small-signal regulator conductance

Either: a) Regulator current variation (ΔI_S)

Maximum value for a specified change of V_S between two specified values of V_S on either side of V_{S1}

Or: b) Small-signal regulator conductance (g_S)

Maximum value at V_{S1} and $f = 1$ kHz

5.4.2.5 Limiting voltage (V_L)

Maximum value at specified current (I_L), preferably $0,8 I_{S1 \text{ min}}$

5.4.2.6 Where appropriate, knee conductance (g_K)

Maximum value at specified voltage (V_K) and $f = 1$ kHz

6 Measuring methods

6.1 General

The rules of IEC 60747-1:2006, Clause 6 apply.

In particular, IEC 60747-1:2006, 6.2 applies if pulse measurements are used in place of any of the d.c. methods specified below. In these cases:

- the variable generator is replaced by a pulse generator;
- the voltmeter is replaced by a peak-reading instrument;
- the ammeter is replaced by a peak-reading;
- pulse width and duty cycle (t_p , δ) shall be specified. Preferably: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2\%$.

6.2 Signal and switching diodes

6.2.1 Reverse current I_R

a) Purpose

To measure the reverse current of a diode under specified reverse voltage.

b) Circuit diagram (Figure 5)

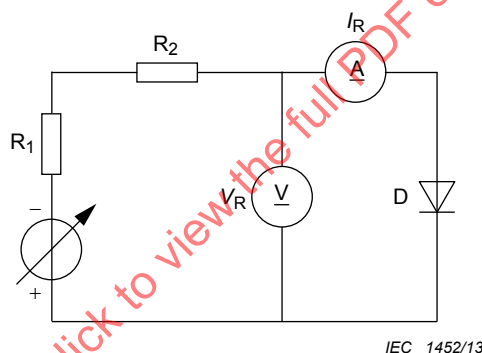


Figure 5 – Circuit diagram for the measurement of I_R

c) Circuit description and requirements

D diode being measured

R_1 calibrated resistor (pulse measurement only)

R_2 protective resistor

d) Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

The variable voltage generator is adjusted to obtain the specified value of reverse voltage V_R across the diode.

The reverse current I_R is read from the ammeter A.

e) Specified conditions

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- reverse voltage (V_R).

6.2.2 Forward voltage V_F

a) Purpose

To measure the forward voltage across a signal or switching diode under specified conditions.

b) Circuit diagram (Figure 6)

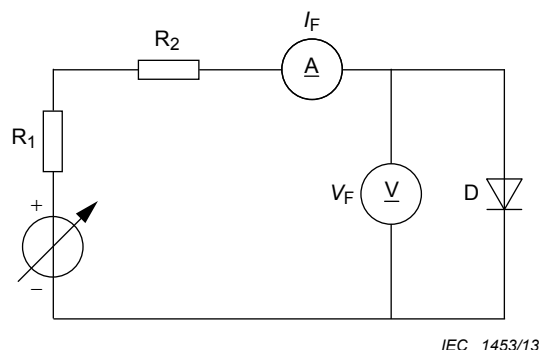


Figure 6 – Circuit diagram for the measurement of V_F

c) Circuit description and requirements

D diode being measured

R_1 calibrated resistor (pulse measurement only)

R_2 a high-value resistor

d) Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

The variable voltage generator is adjusted to obtain the specified value of forward current I_F as measured on ammeter A.

The forward voltage V_F is read from the voltmeter V.

e) Specified conditions

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- forward current (I_F).

6.2.3 Total capacitance C_{tot}

a) Purpose

To measure the total capacitance of a diode under specified conditions.

b) Circuit diagram (Figure 7)

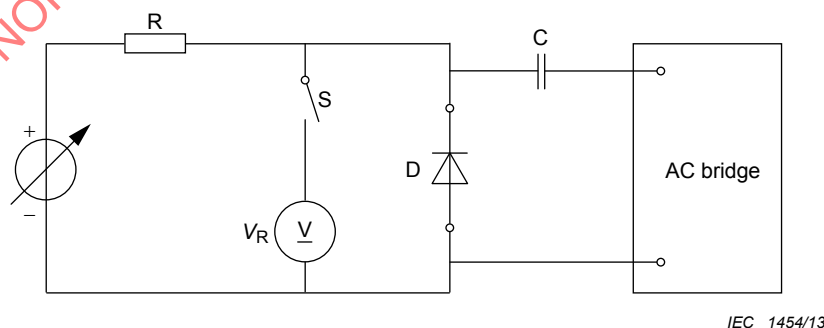


Figure 7 – Circuit diagram for the measurement for C_{tot}

c) Circuit description and requirements

D diode being measured

R low conductance resistor compared with the admittance of the diode being measured.

C capacitor C able to withstand the reverse bias voltage of the diode and to present a short-circuit at the frequency of measurement.

d) *Precautions to be observed*

If the measured capacitance is very small, the mounting conditions will affect the accuracy of the results and they should be specified.

e) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The voltage across the diode is adjusted to the specified value V_R . Then the voltmeter V is taken out of the circuit and the capacitance of the diode being measured is determined, using the a.c. bridge, by subtracting the value without the diode in its mounting from the value with the diode in its mounting.

f) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- reverse voltage (V_R);
- measurement frequency, if different from 1 MHz;
- mounting conditions of the diode, if necessary.

6.2.4 Forward recovery time t_{fr} and peak forward recovery voltage V_{FRM}

a) *Purpose*

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

b) *Circuit diagram (Figure 8)*

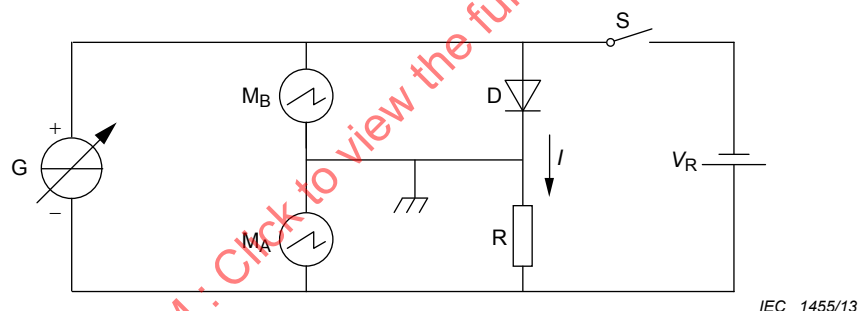


Figure 8 – Circuit diagram for the measurement of t_{fr} and V_{FRM}

c) *Circuit description and requirements*

D diode being measured

G current-pulse generator having a compliance voltage (open-circuit output voltage) of 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.

d) *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 applied specification method.

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- peak forward current (I_{FM});
- rise time of current pulse (t_r) (between 10 % and 90 % of I_{FM} , unless otherwise stated);
- voltages defining the beginning and the end of the forward recovery time, if different from 10 % and 110 %, respectively, of V_F ;
- reverse voltage (V_R).

6.2.5 Reverse recovery time (t_{rr}) and recovered charge (Q_r)

a) *Purpose*

To measure the reverse recovery time of a diode under specified switching conditions and to calculate the charge recovered from a diode when it is rapidly switched from a forward biased condition to a reverse biased condition.

b) *Circuit diagram (Figure 9)*

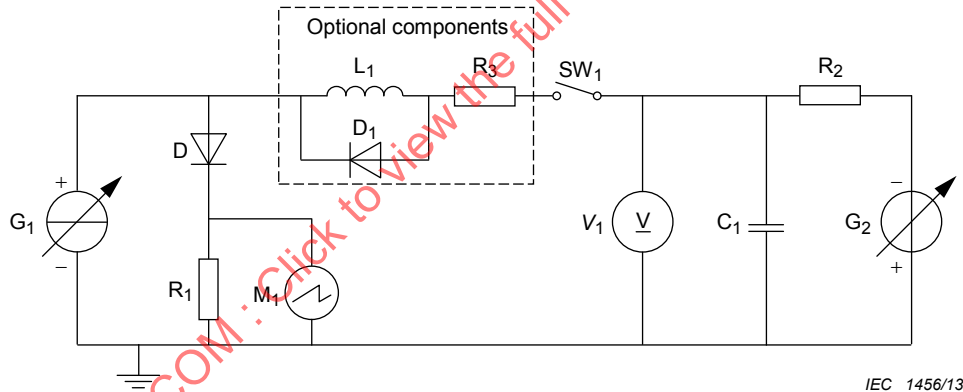


Figure 9 – Circuit diagram for the measurement of t_{rr}

c) *Circuit description and requirements*

- D diode being measured
- G_1 current generator supplying the forward current (I_F)
- R_1 non-inductive current shunt
- M_1 measuring instrument (eg. oscilloscope)
- SW_1 switch to turn off the diode
- C_1 capacitor to provide the reverse current pulse, large enough to maintain the reverse voltage applied to the diode for at least three times $t_{rr \max}$ while passing a current equal to $I_F + I_{rr \max}$. For example:

$$C_1 \min = \frac{20(I_F + I_{rr \max})t_{rr \max}}{V_{rr \max}}$$

- R_2 protective resistor for G_2
- G_2 voltage generator to provide the specified reverse voltage as measured on V_1 .

If a peak reverse current ($I_{rr,max}$) is specified:

Set G_2 to $V_R \max$ and R_3 to $V_R \max / (I_F + I_{rr,max})$.

If the rate of change of current (di/dt) is specified:

Set L_1 to $V_R \max / (di/dt)$ and provide D_1 to clamp the voltage generated by L_1 when the diode being tested turns off.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

With SW_1 open, set G_2 to provide the reverse voltage to be applied to the diode as measured on V_1 . Adjust G_1 to apply the forward current (I_F) as measured on M_1 . After this current has been applied for at least the time necessary to ensure that the diode is fully charged, close switch SW_1 . The resultant current pulse is recorded on the measuring instrument M_1 .

Reverse recovery time is measured between the two points specified in 5.2.2.5 and recovered charge is calculated between the same two points using one of the following equations:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_I} I_R \cdot dt \dots \dots \text{or} \dots \dots Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_{rr}} I_R dt$$

e) *Specified conditions*

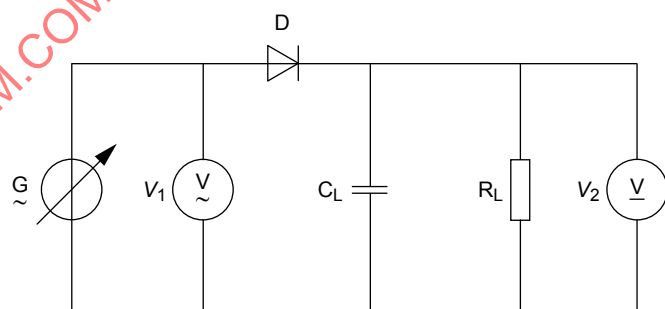
- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- forward current (I_F);
- Reverse voltage (V_R) or reverse recovery current ($I_{rr,max}$);
- Rate of change of current (di/dt) (if required);
- End time t_1 or t_{rr} .

6.2.6 Detector voltage efficiency η_v

a) *Purpose*

To measure the detector voltage efficiency of a signal diode under specified conditions.

b) *Circuit diagram (Figure 10)*



IEC 1457/13

Figure 10 – Circuit diagram for the measurement of η_v

c) *Circuit description and requirements*

- D diode being measured
- G low-impedance generator
- V r.m.s. reading voltmeter

The value of R_L should match the output impedance of the generator G . The time constant $C_L R_L$ should be large compared to the reciprocal of the measurement frequency.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The generator is adjusted to give the specified r.m.s. value of V_1 .

V_2 is read from the voltmeter and the detector voltage efficiency is calculated using the expression:

$$\eta_v = \frac{V_2}{V_1 \sqrt{2}} (\times 100 \%)$$

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- measurement frequency (usually 100 MHz);
- circuit parameters (R_L and C_L);
- voltage V_1 (r.m.s. value).

6.2.7 Detector power efficiency η_p

a) *Purpose*

To measure the detector power efficiency of a signal diode under specified conditions.

b) *Circuit diagram (Figure 11)*

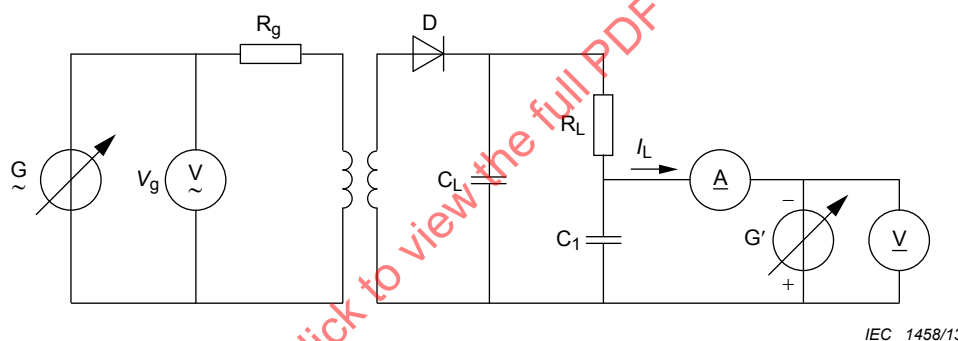


Figure 11 – Circuit diagram for the measurement of η_p

c) *Circuit description and requirements*

D diode being measured

G voltage generators

V voltmeter

A ammeter

The transformer should have a low loss, and the equivalent value of the loss resistance should be included in R_g .

The turns ratio of the transformer should be such as to ensure impedance matching between R_g and R_L .

The value of R_L should be high compared with the value of the forward impedance of the diode. The time constant $C_L R_L$ should be large compared to the reciprocal of the measurement frequency.

Capacitor C_1 should provide a short-circuit at the measurement frequency.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The a.c. voltage generator is set to zero, and the d.c. voltage generator is set to give the specified forward bias conditions. The current I_{L1} is read from the d.c. ammeter A.

The a.c. voltage generator is set to the specified r.m.s. voltage V_g and the new value I_{L2} is read from the ammeter.

The detector power efficiency is calculated using the expression:

$$\eta_p = \frac{4(I_{L2} - I_{L1})^2 \cdot R_L \cdot R_g}{V_g^2} (\times 100 \%)$$

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- measurement frequency (f) and r.m.s. voltage (V_g);
- d.c. bias conditions;
- circuit parameters (R_L and C_L);
- generator impedance (R_g).

6.2.8 Noise V_n , I_n

a) *Purpose*

To measure the noise current of a diode.

b) *Circuit diagram (Figure 12)*

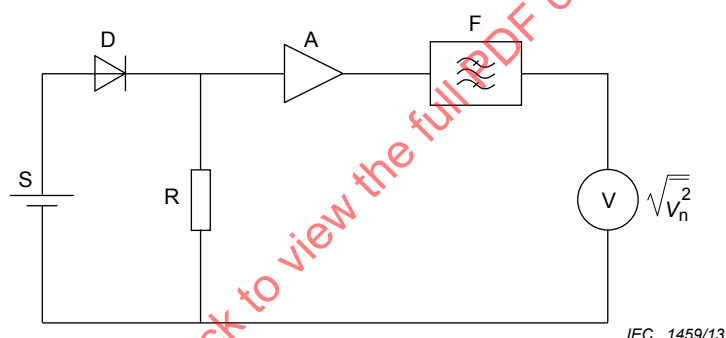


Figure 12 – Circuit diagram for the measurement of noise current

c) *Circuit description and requirements*

- A low-noise amplifier
- D diode being measured
- F pass-band filter
- R load resistor
- S d.c. source
- V square-law voltmeter

The diode may be biased in either direction to obtain noise values in either forward or reverse direction.

The recommended values for the limits of the pass-band of the filter are: 900 Hz and 1 100 Hz.

d) *Measurement procedure*

The voltage drop produced by the noise current of the diode is measured in the load resistor after amplification by means of a pass-band amplifier having a determined bandwidth and gain. At the output, the noise voltage is observed with a square-law voltmeter. The noise current in the pass-band is given as follows:

$$\sqrt{I_n^2} = \frac{\sqrt{V_n^2}}{A_v R}$$

where:

A_v = voltage amplification of the amplifier plus filter

The noise current may be brought back by calculation to 1 Hz of bandwidth.

e) *Precautions*

The noise introduced by the amplifier, the load resistance and the d.c. source shall be negligible. If this is not the case, it is necessary to make a correction obtained by measuring the noise with the diode replaced by an appropriate resistor.

f) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- frequency
- bandwidth
- forward current or reverse voltage

6.3 Voltage reference diodes and voltage regulator diodes

6.3.1 Working voltage V_Z

a) *Purpose*

To measure the working voltage corresponding to a specified working current.

b) *Circuit diagram (Figure 13)*

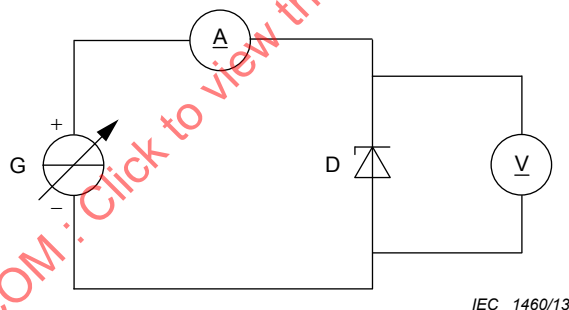


Figure 13 – Circuit diagram for the measurement of V_Z

c) *Circuit description and requirements*

D diode being measured

G current generator

A ammeter

V voltmeter

The voltmeter V should have a high resistance compared with the resistance of the diode at the working voltage.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The output of the current generator G is increased until the specified working current is indicated on the ammeter. The working voltage across the diode is then read from the voltmeter.

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);

- working current (I_Z);
- mounting conditions including length of leads, if necessary.

6.3.2 Differential resistance in the working current range r_z

a) Purpose

To measure the differential resistance at a specified working current.

b) Circuit diagram (Figure 13)

c) Circuit description and requirements

The working voltage V_Z is measured at two currents using the method described in 6.3.1. Switching between the two currents may be implemented using an additional pulse or alternating current source.

d) Measurement procedure

The temperature is set to the specified value.

The current is set to a value 10 % above the specified working current and the voltage V_1 is read on the voltmeter.

The current is then set to a value 10 % below the specified working current and the voltage V_2 is read on the voltmeter.

The differential resistance is given by:

$$r_z = \frac{V_1 - V_2}{I_z(1,1 - 0,9)}$$

e) Precautions

Since the voltage difference to be measured is small relative to the working voltage, an accurate method of measuring the voltage is required.

f) Specified conditions

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- working current (I_Z);
- mounting conditions including length of leads, if necessary.

6.3.3 Temperature coefficient of working voltage α_{vz}

a) Purpose

To measure the temperature coefficient of working voltage at a specified working current and over a specified ambient or case temperature range.

b) Circuit diagram (Figure 13)

c) Circuit description and requirements

The working voltage V_Z is measured at two specified temperatures T_1 and T_2 using the method described in 6.3.1.

d) Measurement procedure

The temperature is set to the lower specified value (T_1).

The current is set to the specified current (I_Z) and the voltage (V_{Z1}) is measured.

The temperature is set to the higher specified value (T_2).

The current is set to the specified current (I_Z) and the voltage (V_{Z2}) is measured.

The temperature coefficient is calculated using the expression:

$$\alpha_{vz} = \frac{100 (V_{Z2} - V_{Z1})}{(T_2 - T_1) V_{Z1}} \text{ (Percent per degree Celsius)}$$

e) Precautions

Ensure that the current is the same for both measurements.

As the voltage difference to be measured is small relative to the working voltage, an accurate method of measuring the voltage is required.

f) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- working current (I_Z);
- mounting conditions including length of leads, if necessary.

6.3.4 Reverse current I_R

The method for signal diodes in 6.2.1 applies.

6.3.5 Forward voltage V_F

The method for signal diodes in 6.2.2 applies.

6.3.6 Junction capacitance C_{tot}

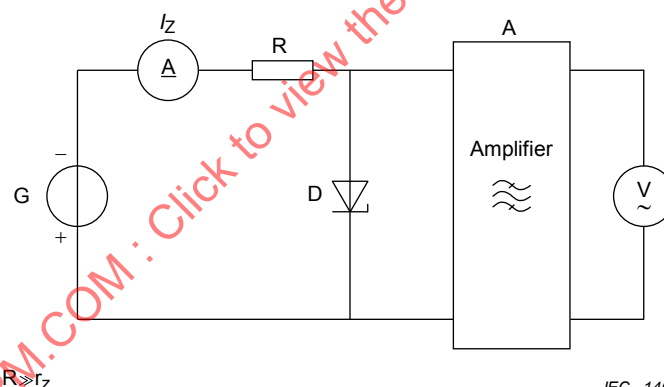
The method for signal diodes in 6.2.3 applies.

6.3.7 Noise voltage V_n

a) *Purpose*

To measure the noise voltage of a reference diode under specified conditions.

b) *Circuit diagram (Figure 14)*



IEC 1461/13

Figure 14 – Circuit diagram for the measurement of V_n

c) *Circuit description and requirements*

- D diode being measured
- R load resistor
- G dc source
- A selective amplifier having a stated bandwidth, a known amplification and a high-input impedance
- V r.m.s. voltmeter

d) *Precautions to be observed*

If the inherent noise is not negligible, the measured value shall be corrected accordingly.

e) *Measurement procedure*

G is set to give the specified working current (I_Z) as measured on ammeter A.

The noise voltage of the diode is measured after amplification by means of a pass-band amplifier having a determined bandwidth and gain. At the output, the noise voltage is observed with a square-law voltmeter. The noise voltage in the pass-band is given by the meter reading divided by the amplifier gain.

f) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a or T_c);
- working current and frequency of measurement (I_Z , f);
- noise detector bandwidth.

6.4 Current-regulator diodes

6.4.1 Regulator current I_S

a) *Purpose*

To measure the regulator current of a current-regulator diode at a specified regulator voltage.

b) *Circuit diagram (Figure 15)*

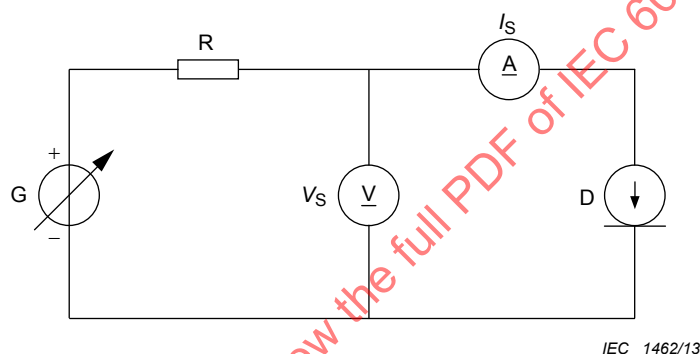


Figure 15 – Circuit diagram for the measurement of I_S

c) *Circuit description and requirements*

- D current-regulator diode being measured
- G d.c. voltage generator
- R protective resistor
- A ammeter
- V voltmeter

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The voltage generator is adjusted to obtain the specified value of regulator voltage V_S across the current-regulator diode.

The regulator current I_S is read from the ammeter A.

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- regulator voltage (V_S);

6.4.2 Temperature coefficient of regulator current α_{I_S}

a) *Purpose*

To measure the temperature coefficient of regulator current of a current-regulator diode at a specified regulator voltage.

b) *Circuit diagram*

See Figure 15.

c) *Circuit description and requirements*

The regulator current I_S is measured at two specified temperatures T_1 and T_2 using the method described in 6.4.1)

The current measuring device A shall have a high accuracy, because the difference of the two currents to be measured occurs in the formula for the temperature coefficient. Therefore, the measuring device A shall be for example based on a bridge or compensation method or shall be a digital voltmeter of high precision.

The ambient or case temperature shall be carefully controlled during the measurement. In the case of appreciable power dissipation within the device, thermal equilibrium shall be reached before the current measurements are made.

d) *Measurement procedure*

For a specified regulator voltage V_S as read from voltmeter V, the regulator current is measured at two specified values of ambient or case temperatures T_1 and T_2 .

The temperature coefficient is calculated using the expression:

$$\alpha_{IS} = \frac{100 (I_{S2} - I_{S1})}{(T_2 - T_1) I_{S1}} \text{ (Percent per degree Celsius)}$$

where:

I_{S1} is the current measured at the lower temperature T_1

I_{S2} is the current measured at the higher temperature T_2

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperatures (T_1 and T_2) (T_a , T_c)
- regulator voltage (V_S)

6.4.3 Regulator current variation ΔI_S

a) *Purpose*

To measure the regulator current variation of a current-regulator diode over a specified regulator voltage range.

b) *Circuit diagram*

See Figure 15.

c) *Circuit description and requirements*

The regulator current I_S is measured at two specified voltages V_{S1} and V_{S2} .

d) *Measurement procedure*

The variable voltage generator is adjusted to the lower specified value V_{S1} ; the regulator current I_{S1} is read from the ammeter A.

The variable voltage generator is adjusted to the higher specified value V_{S2} ; the regulator current I_{S2} is read from the ammeter A.

The regulator current variation is then calculated using the expression:

$$\Delta I_S = I_{S2} - I_{S1}$$

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c)
- regulator voltages (V_{S1} , and V_{S2})

6.4.4 Limiting voltage V_L

a) *Purpose*

To measure the limiting voltage of a current-regulator diode at a specified current.

b) *Circuit diagram*

See Figure 15.

c) *Circuit description and requirements*

The limiting voltage V_L is measured at the specified limiting current I_L .

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The variable voltage generator is adjusted to obtain the specified value of current I_L through the current-regulator diode and the voltage is measured on voltmeter V_S .

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c)
- limiting current (I_L)

6.4.5 Small-signal regulator conductance g_s

6.4.5.1 Two-voltmeter method

a) *Purpose*

To measure the small-signal regulator conductance of a current-regulator diode under specified regulator voltage.

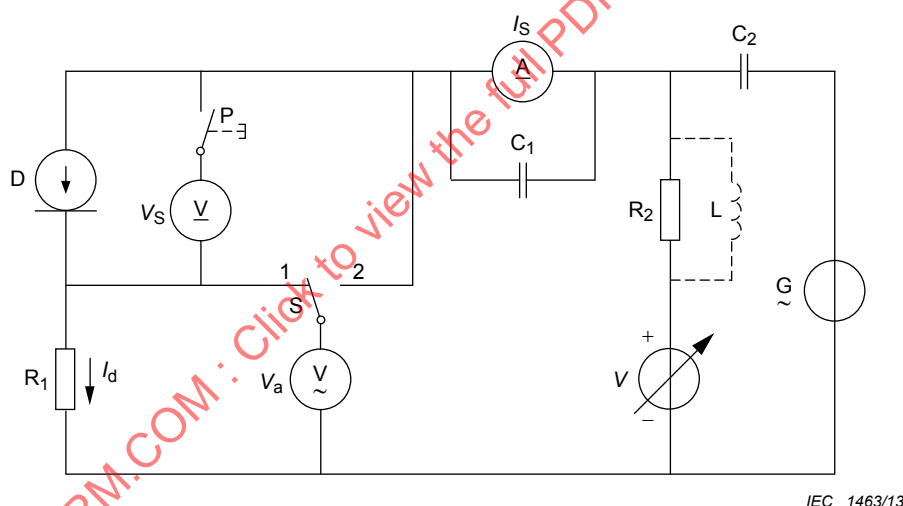
b) *Circuit diagram (Figure 16)*

Figure 16 – Circuit diagram for the measurement of g_s (two-voltmeter method)

c) *Circuit description and requirements*

D current-regulator diode being measured

R_1 The value of this resistor shall be sufficiently low with respect to $1/g_s$; in practice, a value of 10 Ω to 100 Ω will be used, depending on the voltmeter sensitivity.

R_2 The value of this resistor shall be sufficiently high with respect to the generator resistance.

L The inductance is optional; its use facilitates the adjustment of the specified operating point.

C_1 , C_2 These capacitances shall represent an effective short-circuit at the measurement frequency.

P The push-button switch shall only be used for measuring V_S .

V_a The voltmeter shall have sufficient sensitivity; for the measurement of low inductances, it shall preferably be a selective instrument.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The variable voltage generator G is adjusted to obtain the specified continuous voltage V_S across the current-regulator diode.

With the switch S in position 1, the value $V_1 = I_d R_1$ is measured on voltmeter V_a , while with the switch S in position 2, the value $V_2 = V_S + I_d R_1$ is measured, where V_S is the a.c. voltage drop across the current-regulator diode.

$$V_2 - V_1 = V_S$$

$$I_d = \frac{V_1}{R_1}$$

The small-signal conductance g_s is then calculated using the following expression:

$$g_s = \frac{I_d}{V_S} = \frac{V_1}{R_1 (V_2 - V_1)}$$

For $V_2 \gg V_1$:

$$g_s \approx \frac{V_1}{R_1 V_2}$$

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- regulator voltage (V_S);
- frequency of measurement (f).

6.4.5.2 Two-terminal bridge method

a) *Purpose*

To measure the small-signal regulator conductance of a current-regulator diode under specified regulator voltage.

b) *Circuit diagram (Figure 17).*

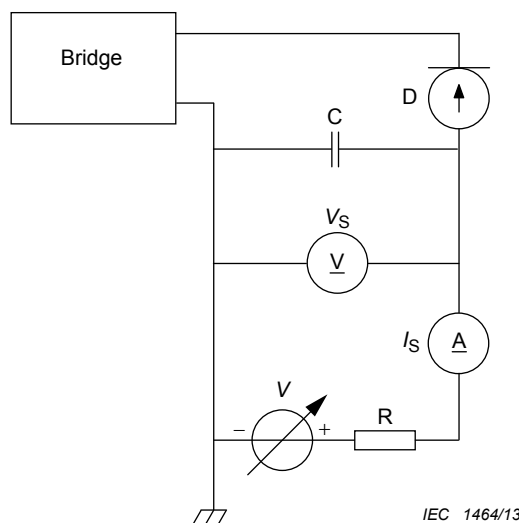


Figure 17 – Circuit diagram for the measurement of g_s (two-terminal bridge method)

c) *Circuit description and requirements*

D current-regulator diode being measured

Bridge bridge with a low d.c. resistance between its input terminals and able to carry the required current without affecting the accuracy of the measurement.

C capacitor providing an effective short-circuit at the frequency of measurement

R protective resistor

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

The bridge is first balanced with the current-regulator diode removed.

The device being measured is inserted into the measurement socket and, with the specified regulator voltage applied, the bridge is again balanced.

g_s is then read from the bridge.

e) *Specified conditions*

- ambient or case temperature (T_a , T_c);
- regulator voltage (V_S);
- frequency of measurement (f).

6.4.6 Knee conductance g_k

The same measuring method as in 6.4.5 above for small-signal conductance can be used, with the regulator voltage set to the specified value of V_k .

7 Acceptance and reliability

Clause 7 of IEC 60747-1:2006 and its subclauses apply.

7.1 Acceptance-defining characteristics

Acceptance-defining characteristics, their criteria and measurement conditions are listed in Table 3.

Characteristics shall be measured in the sequence in which they are listed in this table, because the changes of characteristics caused by some failure mechanisms may be wholly or partially masked by the influence of the other measurement conditions.

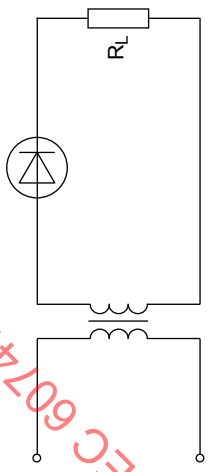
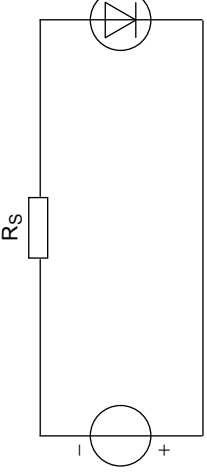
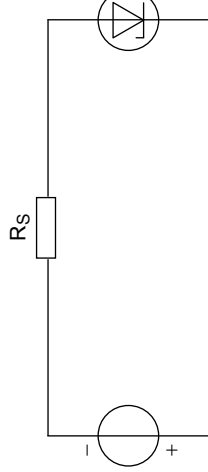
Table 3 – Acceptance-defining characteristics for acceptance after endurance tests

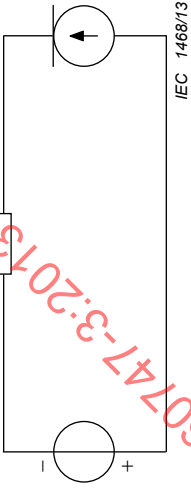
Device sub-categories	Acceptance defining characteristics	Acceptance criteria	Measurement conditions
Signal and switching diodes	I_R	$\leq USL$	Highest V_R specified for I_R (Note 4)
	V_F	$\leq USL$	Highest I_F specified for V_F
Voltage-reference diodes	I_R	$\leq USL$	Highest V_R specified for I_R
	V_Z	$ \Delta < 1\%$ of IVD (Note 2) $ \Delta < 2\%$ of IVD (Note 3)	I_Z specified for nominal V_Z
	r_z	$\leq USL$	
	V_{nz}	$\leq USL$	See the relevant specification
Voltage-regulator diodes	I_R	$\leq USL$	Highest V_R specified for I_R
	V_Z	$\leq USL$ $\geq LSL$	I_Z specified for nominal V_Z
	r_z	$\leq USL$	
Current-regulator diodes	V_L	$\leq USL$	Highest I_L specified for V_L
	I_s	$\leq USL$ $\geq LSL$	V_s specified for nominal I_s
	g_s	$\leq USL$	
NOTE 1 USL = upper specification limit LSL = lower specification limit IVD = initial value of individual device NOTE 2 For devices which are specified with a tolerance less than or equal to 1 %. NOTE 3 For devices which are specified with a tolerance greater than 1 %. NOTE 4 Where the V_R specified for I_R measurements is in the breakdown region, a lower value of V_R may be used.			

7.2 Electrical endurance tests

The following Table 4 shows the test circuits and conditions for the endurance tests.

Table 4 – Test circuits and conditions for the endurance tests

Device sub-categories	Tests	Operating conditions			Test circuits	Remarks
		Current	Voltage	Temperature		
Signal diodes	Operating life	Equivalent to a value which gives power dissipation $P_{tot\max}$, or maximum specified average rectified current	Sine wave 50 Hz or 60 Hz Peak value = $V_R\max$.	(See 7.2.4 of IEC 60747-1 ^a)		R_L = load resistor
	High-temperature reverse bias		$V_R = V_R\max$.	Highest operating temperature at which V_R applies at $T_a\max$, or $T_c\max$, as specified		R_S = current limiting resistor
Voltage-reference diodes and voltage-regulator diodes	Operating life	$I_z\max$, as given in the relevant specification	Depends on I_z	(See 7.2.4 of IEC 60747-1 ^a)		R_S = current limiting resistor $R_S \geq 0,2 \frac{V_z}{I_z}$

Device sub-categories	Tests	Operating conditions			Test circuits	Remarks
		Current	Voltage	Temperature		
Current-regulator diodes	Operating life	V_S max. as given in the relevant specification	Depends on V_S	(See 7.2.4 of IEC 60747-1 ^a)		R_S = current limiting resistor
^a See IEC 60747-1:2006 and its Amendment 1:2010.						

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-3:2013

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-3:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	38
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes, définitions et symboles graphiques	40
3.1 Diodes de signal et de commutation	40
3.2 Diodes de tension de référence et diodes régulatrices de tension	41
3.3 Diodes régulatrices de courant	42
4 Symboles littéraux	43
4.1 Généralités	43
4.2 Diodes de signal et de commutation	43
4.2.1 Indices	43
4.2.2 Liste de symboles littéraux	43
4.3 Diodes de tension de référence et diodes régulatrices de tension	44
4.3.1 Indices	44
4.3.2 Liste de symboles littéraux	44
4.4 Diodes régulatrices de courant	44
4.4.1 Indices	44
4.4.2 Liste de symboles littéraux	45
5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	45
5.1 Généralités	45
5.2 Diodes de signal et de commutation	45
5.2.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	45
5.2.2 Caractéristiques	46
5.3 Diodes de référence de tension et diodes régulatrices de tension	48
5.3.1 Valeurs limites	48
5.3.2 Caractéristiques	48
5.4 Diodes régulatrices de courant	50
5.4.1 Valeurs limites	50
5.4.2 Caractéristiques	50
6 Méthodes de mesure	51
6.1 Généralités	51
6.2 Diodes de signal et de commutation	51
6.2.1 Courant inverse I_R	51
6.2.2 Tension directe V_F	52
6.2.3 Capacité totale C_{tot}	52
6.2.4 Temps de recouvrement direct t_{fr} et tension crête de recouvrement directe V_{FRM}	53
6.2.5 Temps de recouvrement inverse (t_{rr}) et charge de recouvrement (Q_r)	54
6.2.6 Rendement de détection en tension η_V	55
6.2.7 Rendement de détection en puissance η_P	56
6.2.8 Bruit V_n , I_n	57
6.3 Diodes de référence de tension et diodes régulatrices de tension	58
6.3.1 Tension de fonctionnement V_Z	58
6.3.2 Résistance différentielle dans la gamme des courants de fonctionnement r_Z	59
6.3.3 Coefficient de température de la tension de fonctionnement α_{VZ}	60

6.3.4	Courant inverse I_R	60
6.3.5	Tension directe V_F	60
6.3.6	Capacité de jonction C_{tot}	60
6.3.7	Tension de bruit V_n	61
6.4	Diodes régulatrices de courant.....	61
6.4.1	Courant de régulation I_S	61
6.4.2	Coefficient de température du courant de régulation α_{IS}	62
6.4.3	Variation du courant de régulation ΔI_S	63
6.4.4	Tension de limitation V_L	63
6.4.5	Conductance de régulation en petits signaux g_s	64
6.4.6	Conductance au coude g_k	66
7	Réception et fiabilité.....	66
7.1	Caractéristiques définissant la réception.....	66
7.2	Essais d'endurance électrique.....	68
Figure 1 – Symbole graphique pour les diodes régulatrices de courant.....		42
Figure 2 – Caractéristique d'une diode régulatrice de courant avec indication des symboles.....		44
Figure 3 – Forme d'onde du courant de recouvrement inverse.....		46
Figure 4 – Formes d'ondes du courant et de la tension.....		47
Figure 5 – Schéma de circuit pour la mesure de I_R		51
Figure 6 – Schéma de circuit pour la mesure de V_F		52
Figure 7 – Schéma de circuit pour la mesure de C_{tot}		53
Figure 8 – Schéma de circuit pour la mesure de t_{fr} et de V_{FRM}		53
Figure 9 – Schéma de circuit pour la mesure de t_{rr}		54
Figure 10 – Schéma de circuit pour la mesure de η_v		56
Figure 11 – Schéma de circuit pour la mesure de η_p		57
Figure 12 – Schéma de circuit pour la mesure du courant de bruit.....		58
Figure 13 – Schéma de circuit pour la mesure de V_Z		59
Figure 14 – Schéma de circuit pour la mesure de V_n		61
Figure 15 – Schéma de circuit pour la mesure de I_S		62
Figure 16 – Schéma de circuit pour la mesure de g_s (méthode des deux voltmètres).....		64
Figure 17 – Schéma de circuit pour la mesure de g_s (méthode du point dipôle).....		65
Tableau 1 – Tensions de fonctionnement préférentielles pour diodes de référence – Tensions dans la série E24.....		49
Tableau 2 – Tensions de fonctionnement préférentielles pour diodes de référence – Tensions dans la série E12.....		49
Tableau 3 – Caractéristiques définissant la réception après les essais d'endurance.....		67
Tableau 4 – Circuits et conditions d'essai pour les essais d'endurance.....		68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 3: Dispositifs discrets: Diodes de signal, diodes de commutation et diodes régulatrices

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (CEI) 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. À cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété ou de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60747-3 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47: Dispositifs à semiconducteurs de la CEI.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1985, l'Amendement 1:1991 et l'Amendement 2:1993. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Tous les articles ont été réédités dans le style et au format les plus récents des publications CEI avec tout le contenu issu de la précédente publication.
- b) Tous les articles ont été amendés par des ajouts et des suppressions appropriés.

La présente norme doit être lue conjointement à la CEI 60747-1:2006 et son Amendement 1 (2010).

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47E/453/FDIS	47E/455/RVD

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60747, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-3:2013

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 3: Dispositifs discrets: Diodes de signal, diodes de commutation et diodes régulatrices

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60747 donne les exigences pour les dispositifs suivants:

- diodes de signal (à l'exclusion des diodes conçues pour fonctionner à des fréquences supérieures à plusieurs centaines de MHz);
- diodes de commutation (à l'exclusion des diodes de redressement à haute puissance);
- diodes régulatrices de tension;
- diodes de tension de référence;
- diodes régulatrices de courant.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible à l'adresse <<http://www.electropedia.org>>)

CEI 60747-1:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités*
Amendement 1:2010

3 Termes, définitions et symboles graphiques

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-521, la CEI 60050-702 et la CEI 60747-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1 Diodes de signal et de commutation

3.1.1

tension de recouvrement directe

V_{FR}

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

3.1.2

rendement de détection en tension

η_v

rapport de la tension continue aux bornes de la charge à la valeur de crête de la tension sinusoïdale d'entrée dans des conditions spécifiées pour le circuit

3.1.3**rendement de détection en puissance** η_p

rapport de la variation de la puissance continue dissipée dans la résistance de charge, produite par le signal alternatif, à la puissance disponible du générateur de signal sinusoïdal lorsque la diode fonctionne dans des conditions spécifiées

3.1.4**énergie d'une impulsion répétitive** E_{PR}

énergie d'une impulsion de courte durée qui fait partie d'une série répétitive d'impulsions

3.1.5**capacité totale** C_{tot}

capacité mesurée entre les bornes de la diode dans des conditions de polarisation spécifiées

3.2 Diodes de tension de référence et diodes régulatrices de tension**3.2.1****diode de tension de référence**

diode régulatrice de tension où les tensions minimum et maximum sont toutes deux spécifiées pour le même courant

[SOURCE: CEI 60050-521:2002, 521-04-16, modifiée - réécrite]

3.2.2**sens de régulation**

sens du courant obtenu lorsque la région de semiconducteur de type N est à une tension positive par rapport à la région de type P

Note 1 à l'article: Il s'agit également du sens inverse pour les diodes régulatrices de tension.

3.2.3**gamme de régulation**

gamme de courants dans le sens de régulation à l'intérieur de laquelle la tension est maintenue dans des limites spécifiées

3.2.4**courant de fonctionnement** I_Z

courant dans la gamme de régulation

3.2.5**tension de fonctionnement** V_Z

tension dans la gamme de régulation

3.2.6**résistance différentielle de régulation** r_z

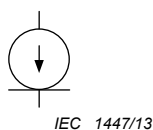
résistance différentielle à un courant de fonctionnement dans la gamme de régulation

3.2.7**coefficient de température de la tension de fonctionnement** α_{VZ}

quotient de la variation de la tension de fonctionnement entre deux valeurs spécifiées de températures par la différence entre ces deux températures

3.3 Diodes régulatrices de courant

3.3.1 Symbole graphique



NOTE La flèche indique le sens d'écoulement du courant de régulation circulant de l'anode vers la cathode. Ce sens est appelé "sens direct" pour les diodes régulatrices de courant et les termes définissant les sens direct et inverse d'une jonction PN (CEI 60050-521:2002, 521-05-03 et 521-05-04) ne s'appliquent pas.

Figure 1 – Symbole graphique pour les diodes régulatrices de courant

3.3.2

tension de régulation

V_s

tension comprise dans la gamme de régulation d'une diode régulatrice de courant

Note 1 à l'article: « Tension de fonctionnement » n'est plus un terme privilégié.

3.3.3

tension de limitation

V_L

tension au point I_L sur la caractéristique courant-tension

VOIR: Figure 2.

3.3.4

tension au coude

V_K

tension proche du coude inférieur de la caractéristique courant-tension

3.3.5

courant de régulation

I_s

courant compris dans la gamme de régulation d'une diode régulatrice de courant

Note 1 à l'article: « Courant de fonctionnement » n'est plus un terme privilégié.

3.3.6

courant de limitation

I_L

courant spécifié en dessous de la gamme de régulation

3.3.7

conductance de régulation en petits signaux

g_s

conductance en petits signaux dans la gamme de régulation d'une diode régulatrice de courant

3.3.8

conductance au coude

g_K

conductance de régulation en petits signaux à la tension au coude

3.3.9**coefficient de température du courant de régulation** α_{IS}

quotient de la variation du courant de régulation entre deux valeurs spécifiées de température par la variation de température

Note 1 à l'article: La variation du courant de régulation s'exprime généralement en pourcentage du courant de régulation.

Note 2 à l'article: Cette note ne concerne que la langue anglaise.

4 Symboles littéraux**4.1 Généralités**

Les règles générales et les symboles littéraux de la CEI 60747-1:2006, Article 4 s'appliquent avec les ajouts suivants.

4.2 Diodes de signal et de commutation**4.2.1 Indices**

A, a	anode
K, k	cathode
r	recouvrement, recouvert
S, s	stockage, stocké

4.2.2 Liste de symboles littéraux**4.2.2.1 Tensions**

V_F	Tension directe continue
V_R	Tension inverse continue
V_{RM}	Tension inverse de crête
$V_{(BR)}$	Tension de claquage
V_{FR}	Tension de recouvrement directe
V_{FRM}	Valeur de crête de la tension de recouvrement directe

4.2.2.2 Courants

I_F	Courant direct continu
i_F	Courant direct instantané
I_{FM}	Courant direct de pointe
I_R	Courant inverse continu
i_R	Courant inverse instantané
I_{RM}	Courant inverse de crête

4.2.2.3 Caractéristiques de commutation

t_{fr}	Temps de recouvrement direct
t_{rr}	Temps de recouvrement inverse
i_{rr}	Courant de recouvrement inverse
Q_r	Charge de recouvrement

4.2.2.4 Grandeurs diverses

r	Résistance différentielle
-----	---------------------------

- η_p Rendement de détection en puissance
 η_v Rendement de détection en tension
 E_{pr} Énergie d'une impulsion répétitive

4.3 Diodes de tension de référence et diodes régulatrices de tension

4.3.1 Indices

- Z, z de régulation

4.3.2 Liste de symboles littéraux

4.3.2.1 Tensions

- V_Z Tension de fonctionnement
 V_{nz} Tension de bruit dans la gamme des tensions de fonctionnement (V_n est également acceptable si aucune confusion n'est possible).

4.3.2.2 Courants

- I_Z Courant inverse continu dans la gamme des tensions de fonctionnement
 I_R Courant inverse continu pour une tension inférieure à celles de la gamme des tensions de fonctionnement

4.3.2.3 Grandeurs diverses

- r_z Résistance différentielle (de fonctionnement)
 α_{vz} Coefficient de température de la tension de fonctionnement (Symbole de réserve: S_z)

4.4 Diodes régulatrices de courant

Voir Figure 2.

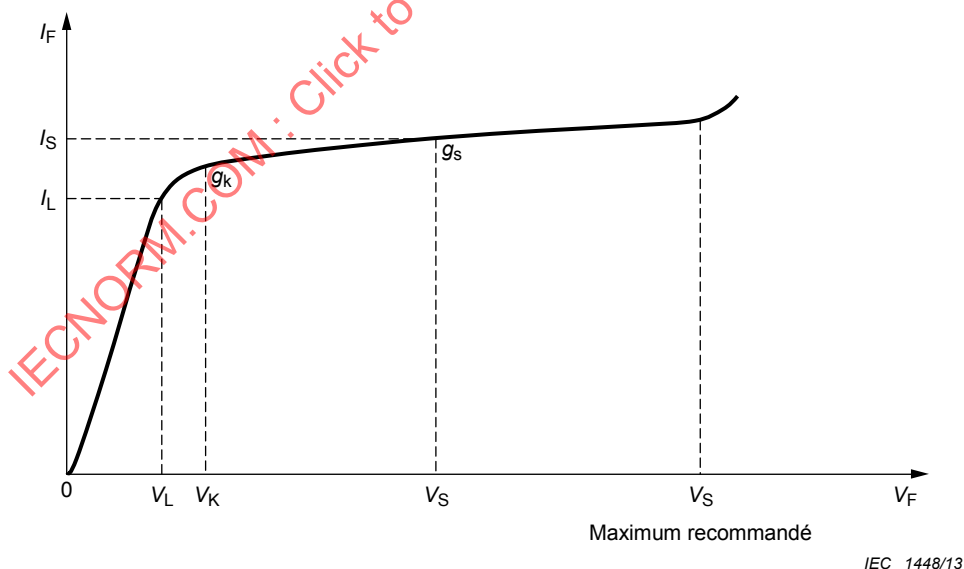


Figure 2 – Caractéristique d'une diode régulatrice de courant avec indication des symboles

4.4.1 Indices

- S, s de régulation
L limitation
K coude

4.4.2 Liste de symboles littéraux

4.4.2.1 Tensions

V_S Tension de régulation

V_L Tension de limitation

V_K Tension au coude

4.4.2.2 Courants

I_S Courant de régulation

I_L Courant de limitation

4.4.2.3 Grandeurs diverses

g_s Conductance de régulation en petits signaux

g_k Conductance au coude

ΔI_S Variation du courant de régulation

5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles

5.1 Généralités

Les règles de la CEI 60747-1:2006, Article 5 s'appliquent, avec les ajouts suivants.

Les caractéristiques de courant et de tension s'appliquent sur la gamme assignée des températures de fonctionnement. Si ces valeurs assignées dépendent de la température, il convient d'indiquer cette dépendance.

5.2 Diodes de signal et de commutation

5.2.1 Valeurs assignées (valeurs limites)

5.2.1.1 Températures de stockage minimale et maximale (T_{stg})

5.2.1.2 Températures de fonctionnement, ambiantes ou de boîtier, minimale et maximale (T_a ou T_c)

5.2.1.3 Tension inverse continue maximale (V_R)

5.2.1.4 Tension inverse de crête maximale (V_{RM})

Dans des conditions d'impulsion spécifiées (pour les diodes de commutation).

5.2.1.5 Courant direct continu maximal (I_F)

5.2.1.6 Courant direct de pointe maximal (I_{FM})

Dans des conditions spécifiées.

5.2.1.7 Dissipation totale de puissance maximale (P_{tot} ou P_C)

Lorsque la résistance thermique n'est pas donnée dans les caractéristiques, la dissipation totale de puissance maximale en fonction de la température sur la gamme des températures de fonctionnement doit aussi être donnée.

5.2.1.8 Toutes les éventuelles exigences spéciales en relation avec les conditions de ventilation et/ou de montage

5.2.2 Caractéristiques

5.2.2.1 Courant inverse (I_R)

Valeur maximale à la tension continue (directe) inverse maximale et à une faible valeur de la tension inverse, à 25 °C et à une température plus élevée.

5.2.2.2 Tension directe (V_F)

Valeur maximale à la valeur assignée du courant direct continu maximal, à 25 °C.

Valeur minimale à une faible valeur du courant direct continu à 25 °C.

5.2.2.3 Capacité totale (C_{tot})

Valeur maximale pour une faible valeur de la tension inverse spécifiée à 25 °C; la fréquence doit être inférieure à celle à laquelle les effets secondaires sont significatifs.

5.2.2.4 Charge de recouvrement (Q_r)

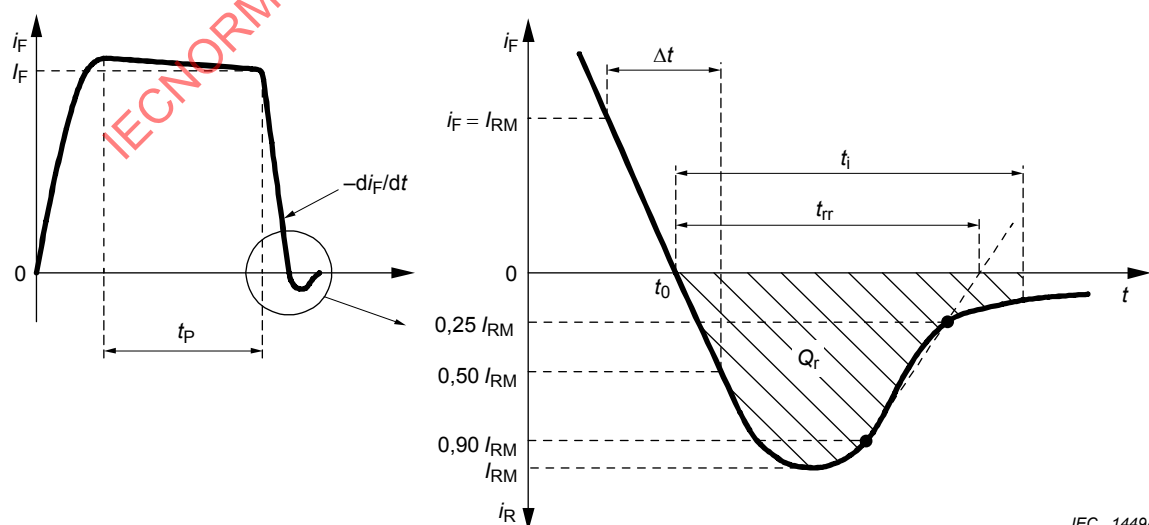
Pour les diodes de commutation: valeur maximale dans le cas de la commutation d'un courant direct spécifié par l'application d'une tension ou d'un courant inverse spécifié(e) et dans des conditions de circuit spécifiées.

NOTE Voir la note du 5.2.2.5.

5.2.2.5 Temps de recouvrement inverse (t_{rr})

Pour les diodes de commutation: valeur maximale dans le cas de la commutation d'un courant direct spécifié par l'application d'une tension ou d'un courant inverse spécifié(e) et dans des conditions de circuit spécifiées. Voir Figure 3.

NOTE La charge de recouvrement et le temps de recouvrement inverse sont mesurées entre l'instant où le courant passe par la valeur zéro, au cours du passage du sens direct au sens inverse (t_0), et l'instant où le courant inverse, après avoir atteint la valeur de pointe I_{RM} , est réduit soit à une faible valeur spécifiée (préférentiellement 10 % du courant de crête inverse) (t_i), soit atteint par extrapolation la valeur zéro (t_{rr}). L'extrapolation est effectuée en traçant une droite passant par deux points spécifiés, de préférence à 90 % et 25 % du courant de crête inverse.



IEC 1449/13

Figure 3 – Forme d'onde du courant de recouvrement inverse

5.2.2.6 Tension crête de recouvrement directe (V_{FRM})

Valeur maximale (le cas échéant) lors de la commutation d'une tension inverse spécifiée à un courant direct spécifié.

5.2.2.7 Temps de recouvrement direct (t_{fr})

Valeur maximale (le cas échéant), lors de la commutation d'une tension inverse spécifiée (de préférence zéro) par l'application d'un courant direct spécifié avec un temps de montée spécifié entre 10 % et 90 %.

NOTE Le temps de recouvrement direct est mesuré entre l'instant où la tension directe croît en passant par une première valeur spécifiée (préférentiellement 10% de la valeur stable finale) et celui où elle décroît de sa valeur de crête, soit à une seconde valeur spécifiée proche de la valeur stable finale (préférentiellement 110 %), soit lorsqu'elle atteint par extrapolation la valeur zéro (l'extrapolation est effectuée en traçant une droite passant par deux points spécifiés, de préférence à 90 % et 50 % de la tension directe de crête). Voir Figure 4.

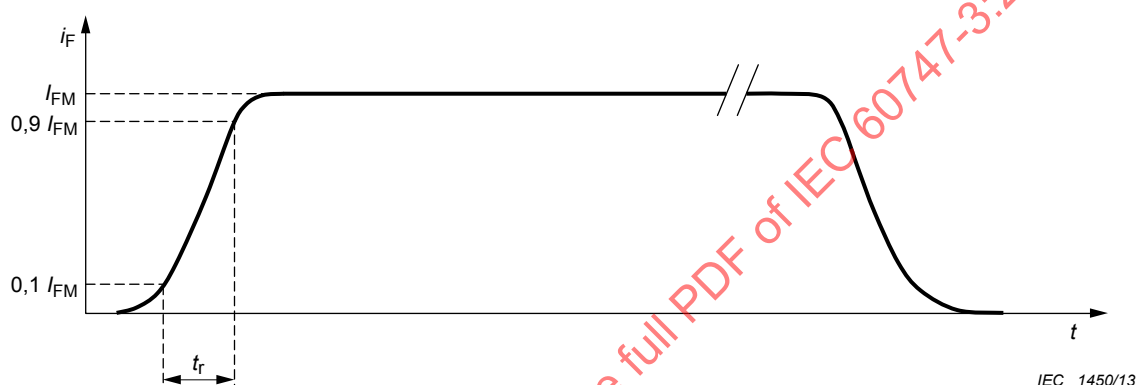


Figure 4 a) Forme d'onde du courant

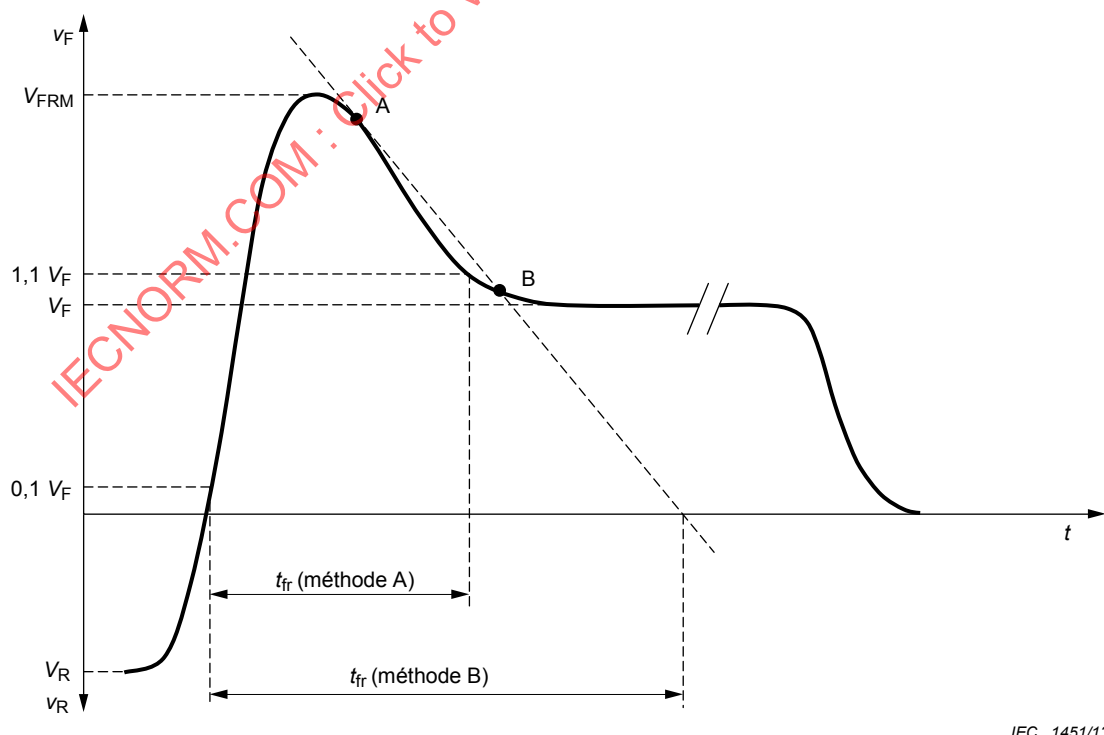


Figure 4 b) Forme d'onde de la tension

Figure 4 – Formes d'ondes du courant et de la tension

5.2.2.8 Rendement de détection

Pour les diodes spécifiées pour être utilisées dans des circuits de détection, les caractéristiques suivantes doivent être indiquées:

Soit: **a) Rendement de détection en tension (η_v)**

Valeur minimale (pour les détecteurs RF de haut niveau) dans des conditions de polarisation spécifiées, à 25 °C. Les conditions du circuit et la fréquence de mesure doivent également être spécifiées.

Soit: **b) Rendement de détection en puissance (η_p)**

Valeur minimale (pour les détecteurs RF de bas niveau) dans des conditions de polarisation spécifiées, à 25 °C et à une température supérieure. Les conditions du circuit et la fréquence de mesure doivent également être spécifiées.

5.2.2.9 Bruit (V_n , I_n) (le cas échéant)

Valeur maximale de la tension ou du courant de bruit, selon que la diode est respectivement polarisée en direct ou en inverse.

5.3 Diodes de référence de tension et diodes régulatrices de tension

5.3.1 Valeurs limites

5.3.1.1 Températures de stockage minimale et maximale (T_{stg})

5.3.1.2 Températures de service ambiantes ou de boîtier, minimale et maximale, (T_a ou T_c)

5.3.1.3 Courant inverse continu maximal (I_z)

5.3.1.4 Courant direct continu maximal (I_F)

(Pour les diodes destinées à fonctionner dans la région de conductivité directe).

5.3.2 Caractéristiques

5.3.2.1 Tension de fonctionnement (V_Z)

Valeurs nominale, minimale et maximale, chacune à un courant spécifié suivant l'échelle 1, 2, 5 et de préférence soit avec T_c , soit avec T_a et des détails de montage spécifiés. Dans d'autres cas, les conditions peuvent être à T_{vj} spécifié et il convient d'utiliser une méthode d'essai à impulsion, en tenant compte du 6.2.2.

Pour les diodes de tension de référence, les valeurs nominales préférentielles des tensions de fonctionnement sont montrées dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Les valeurs nominales consignées dans les tableaux multipliées par 10 sont les valeurs recommandées pour les tensions supérieures. Les limites minimales et maximales spécifiées ne doivent pas se situer hors de celles indiquées dans les tableaux.

Tableau 1 – Tensions de fonctionnement préférentielles pour diodes de référence – Tensions dans la série E24

Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.
2,5	2,7	2,9						
2,8	3,0	3,2	5,8	6,2	6,6	12,4	13,0	14,1
3,1	3,3	3,5	6,4	6,8	7,2	13,8	15,0	15,6
3,4	3,6	3,8	7,0	7,5	7,9	15,3	16,0	17,1
3,7	3,9	4,1	7,7	8,2	8,7	16,8	18,0	19,1
4,0	4,3	4,6	8,5	9,1	9,6	18,8	20,0	21,2
4,4	4,7	5,0	9,4	10,0	10,6	20,8	22,0	23,3
4,8	5,1	5,4	10,4	11,0	11,6	22,8	24,0	25,6
5,2	5,6	6,0	11,4	12,0	12,7	25,1	27,0	28,9

Tableau 2 – Tensions de fonctionnement préférentielles pour diodes de référence – Tensions dans la série E12

Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.
2,4	2,7	3,0						
2,9	3,3	3,6	6,1	6,8	7,5	13,0	15,0	16,5
3,5	3,9	4,3	7,3	8,2	9,1	16,0	18,0	20,5
4,2	4,7	5,2	9,0	10,0	11,0	20,0	22,0	24,5
5,0	5,6	6,2	10,5	12,0	13,5	24,0	27,0	30,0

5.3.2.2 Résistance différentielle dans la gamme de tensions de fonctionnement (r_z)

Valeur maximale au courant spécifié en 5.3.2.1

Valeur maximale à un courant de fonctionnement minimal recommandé.

5.3.2.3 Coefficient de température de la tension de fonctionnement (α_{VZ})

Valeurs minimale et maximale (pourcent par degré Celsius) au courant spécifié en 5.3.2.1. Si ce coefficient varie considérablement avec la température, la variation doit être énoncée et les températures (généralement les températures de jonction) auxquelles sont effectuées les mesures doivent être spécifiées.

5.3.2.4 Capacité de jonction

Valeur maximale (le cas échéant) à une tension inverse spécifiée inférieure à la tension de fonctionnement minimale.

5.3.2.5 Courant inverse (I_R)

Valeur maximale à une tension inverse spécifiée inférieure à la tension de fonctionnement minimale.

5.3.2.6 Tension directe (V_F)

Valeur maximale au courant direct continu maximal (le cas échéant – pour les diodes régulatrices de tension destinées à fonctionner dans la région directe).

5.3.2.7 Tension de bruit dans la gamme des tensions de fonctionnement (V_{nz})

Valeur maximale (le cas échéant) dans des conditions spécifiées de fréquence, de largeur de bande et de courant de fonctionnement. Lorsque la variation de cette caractéristique avec la température est significative, cela doit être spécifié.

5.4 Diodes régulatrices de courant

5.4.1 Valeurs limites

5.4.1.1 Températures de stockage minimale et maximale (T_{stg})

5.4.1.2 Températures de service ambiantes ou de boîtier, minimale et maximale, (T_a ou T_c)

5.4.1.3 Dissipation totale de puissance maximale à une température ambiante ou de boîtier de 25 °C (P_{tot}) et courbe de réduction ou facteur de réduction

5.4.1.4 Tension inverse maximale / Courant inverse maximal

Soit: a) Tension inverse maximale (tension négative anode-cathode) (V_R)

Soit: b) Courant inverse maximal (I_R)

(Le cas échéant)

5.4.1.5 Tension directe maximale (V_F)

(Le cas échéant)

5.4.2 Caractéristiques

5.4.2.1 Courant de régulation (I_{S1})

Valeurs minimales et maximales à une tension de fonctionnement spécifiée (V_{S1}).

5.4.2.2 Courant de régulation (I_{S2})

Valeur maximale à la tension maximale de fonctionnement recommandée (V_{S2}).

5.4.2.3 Coefficient de température du courant de régulation (α_{IS})

Valeurs la plus haute (valeur la plus positive ou maximale) et valeur la plus faible (valeur la plus négative ou minimale) à la tension de fonctionnement spécifiée en 5.4.2.1 et à la gamme spécifiée de T_a ou T_c .

5.4.2.4 Variation du courant de régulation / Conductance de régulation en petits signaux

Soit: a) Variation du courant de régulation (ΔI_S)

Valeur maximale pour une variation spécifiée de V_S entre deux valeurs spécifiées de V_S de part et d'autre de V_{S1}

ou b) Conductance de régulation en petits signaux (g_S)

Valeur maximale à V_{S1} et $f = 1$ kHz

5.4.2.5 Tension de limitation (V_L)

Valeur maximale au courant spécifié (I_L), préférentiellement $0,8 I_{S1}$ min.

5.4.2.6 S'il y a lieu, conductance au coude (g_k)

Valeur maximale à la tension spécifiée (V_K) et $f = 1$ kHz

6 Méthodes de mesure

6.1 Généralités

Les règles de la CEI 60747-1, Article 6 s'appliquent.

En particulier, le 6.2 de la CEI 60747-1:2006 s'applique si les mesures d'impulsions sont utilisées à la place de n'importe laquelle des méthodes en courant continu qui sont spécifiées ci-dessous. Dans ces cas:

- le générateur variable est remplacé par un générateur d'impulsions;
- le voltmètre est remplacé par un instrument de lecture de crête;
- l'ampèremètre est remplacé par un voltmètre de crête;
- la largeur des impulsions et le facteur d'utilisation (t_p , δ) doivent être spécifiés. Préférentiellement: $t_p = 300 \mu s$, $\delta \leq 2 \%$.

6.2 Diodes de signal et de commutation

6.2.1 Courant inverse I_R

a) But

Mesurer le courant inverse d'une diode pour une tension inverse spécifiée.

b) Schéma de circuit (Figure 5)

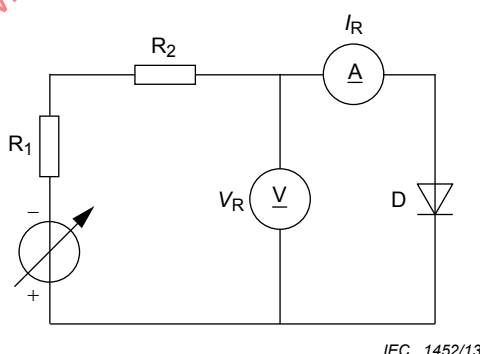


Figure 5 – Schéma de circuit pour la mesure de I_R

c) Description et exigences du circuit

D diode en mesure

R_1 résistance étalonnée (pour la mesure en impulsions seulement)

R_2 résistance de protection

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster le générateur de tension variable de façon à obtenir, aux bornes de la diode, la valeur spécifiée de la tension inverse V_R .

L'ampèremètre A indique la valeur du courant inverse I_R .

e) *Conditions spécifiées*

- température ambiante ou température de boîtier (T_a , T_c);
- tension inverse (V_R).

6.2.2 Tension directe V_F

a) *But*

Mesurer la tension directe aux bornes d'une diode de signal ou de commutation dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma de circuit (Figure 6)*

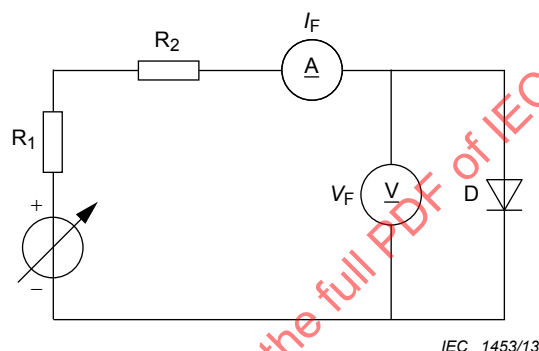


Figure 6 – Schéma de circuit pour la mesure de V_F

c) *Description et exigences du circuit*

D diode en mesure

R_1 résistance étalonnée (pour la mesure en impulsions seulement)

R_2 résistance de valeur élevée

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler le générateur de tension variable de façon à obtenir la valeur spécifiée du courant direct I_F telle que mesurée sur l'ampèremètre A.

Le voltmètre V indique la tension directe V_F .

e) *Conditions spécifiées*

- température ambiante ou température de boîtier (T_a , T_c);
- courant direct (I_F).

6.2.3 Capacité totale C_{tot}

a) *But*

Mesurer la capacité totale d'une diode dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma de circuit (Figure 7)*

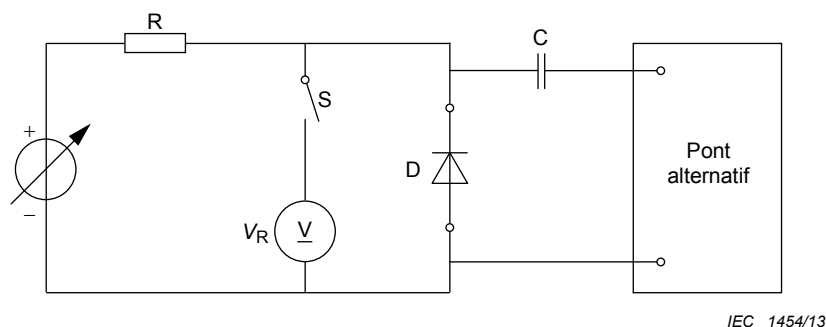


Figure 7 – Schéma de circuit pour la mesure de C_{tot}

c) Description et exigences du circuit

D diode en mesure

R conductance faible de la résistance R vis-à-vis de l'admittance de la diode en mesure.

C condensateur C capable de supporter la tension de polarisation inverse de la diode et être équivalent, à un court-circuit à la fréquence de mesure.

d) Précautions à prendre

Si la capacité mesurée est très petite, les conditions de montage ont une influence sur la précision des résultats et il convient qu'elles soient spécifiées.

e) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Ajuster la tension aux bornes de la diode à la valeur spécifiée V_R . Mettre alors le voltmètre V hors circuit; déterminer la capacité de la diode en mesure, à l'aide du pont alternatif, en soustrayant la valeur obtenue sans la diode dans sa structure à partir de la valeur obtenue avec présence de la diode dans sa structure.

f) Conditions spécifiées

- température ambiante ou température de boîtier (T_a , T_c);
- tension inverse (V_R);
- fréquence de mesure, si elle diffère de 1 MHz;
- conditions de montage de la diode, si nécessaire.

6.2.4 Temps de recouvrement direct t_{fr} et tension crête de recouvrement directe V_{FRM}

a) But

Mesurer le temps de recouvrement direct et la tension crête de recouvrement directe de la diode.

b) Schéma de circuit (Figure 8)

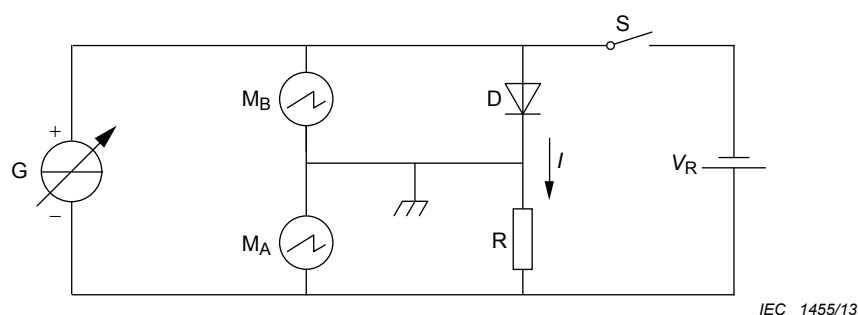


Figure 8 – Schéma de circuit pour la mesure de t_{fr} et de V_{FRM}

c) *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 fois V_{FRM} (la plus forte valeur étant retenue)

R résistance étalonnée 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 .

Il convient que la durée d'impulsion et le facteur d'utilisation du générateur d'impulsions en courant soient tels qu'il se produise un échauffement interne négligeable de la diode.

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Tout en observant 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 de pointe 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 sur M_B la tension crête de recouvrement direct V_{FRM} et le temps de recouvrement direct t_{fr} sur la forme d'onde de la tension aux bornes de la diode selon la méthode appliquée.

e) *Conditions spécifiées*

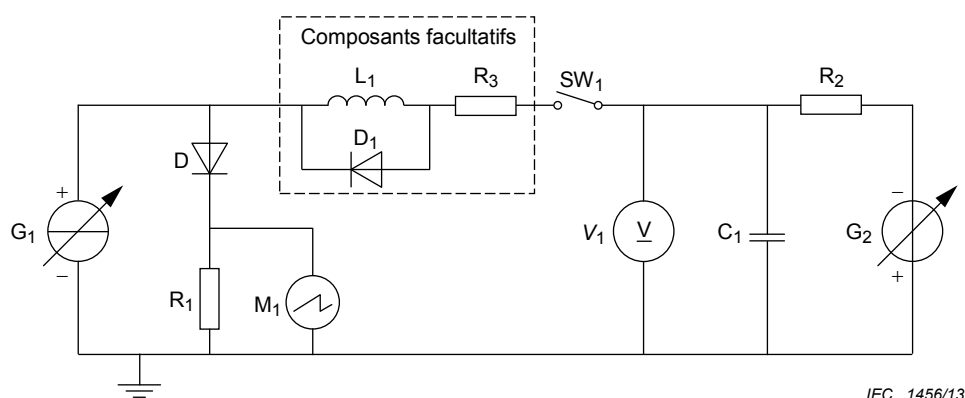
- température ambiante ou température de boîtier (T_a , T_c);
- courant direct de pointe (I_{FM});
- temps de montée de l'impulsion de courant (t_r) (entre 10 % et 90 % de I_{FM} , sauf spécification contraire);
- tensions définissant le début et la fin du temps de recouvrement direct si ces valeurs diffèrent respectivement de 10 % de V_F^* et de 110 % de V_F ;
- tension inverse (V_R).

6.2.5 Temps de recouvrement inverse (t_{rr}) et charge de recouvrement (Q_r)

a) *But*

Mesurer le temps de recouvrement inverse d'une diode dans des conditions de commutation spécifiées et calculer la charge de recouvrement d'une diode commutée rapidement d'une condition de polarisation directe à une condition de polarisation inverse.

b) *Schéma de circuit (Figure 9)*



IEC 1456/13

Figure 9 – Schéma de circuit pour la mesure de t_{rr}

c) *Description et exigences du circuit*

- D diode en mesure
 G_1 générateur de courant fournissant le courant direct (I_F)
 R_1 shunt non inductif de courant
 M_1 appareil de mesure (un oscilloscope par exemple)
 SW_1 commutateur pour mettre la diode hors tension
 C_1 condensateur pour fournir l'impulsion de courant inverse, suffisamment grand pour maintenir la tension inverse appliquée à la diode pendant au moins trois fois $t_{rr\max}$ tout en laissant passer un courant égal à $I_F + I_{rr\max}$. Par exemple:

$$C_1 \min = \frac{20(I_F + I_{rr\max})t_{rr\max}}{V_{rr\max}}$$

- R_2 résistance de protection pour G_2
 G_2 générateur de tension pour fournir la tension inverse spécifiée telle que mesurée sur V_1 .

Si un courant inverse de crête ($I_{rr\max}$) est spécifié:

Régler G_2 à $V_{R\max}$ et R_3 à $V_{R\max}/(I_F + I_{rr\max})$.

Si la dérivée du courant (di/dt) est spécifiée:

Régler L_1 à $V_{R\max}/(di/dt)$ et fournir D_1 pour fixer la tension générée par L_1 lorsque la diode en essai s'éteint.

d) *Exécution*

Régler la température à la valeur spécifiée.

SW_1 étant ouvert, régler G_2 de façon à fournir la tension inverse devant être appliquée à la diode telle que mesurée sur V_1 . Ajuster G_1 de façon à appliquer le courant direct (I_F) tel que mesuré sur M_1 . Après que le courant a été appliqué au moins pendant le temps nécessaire pour s'assurer que la diode est complètement chargée, fermer le commutateur SW_1 . L'impulsion de courant résultante est enregistrée sur l'appareil de mesure M_1 .

Mesurer le temps de recouvrement inverse entre les deux points spécifiés en 5.2.2.5 et calculer la charge de recouvrement entre les mêmes deux points à l'aide de l'une des équations suivantes:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_I} I_R \cdot dt \dots \dots \dots \text{or} \dots \dots \dots Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_{rr}} I_R dt$$

e) *Conditions spécifiées*

- température ambiante ou température de boîtier (T_a , T_c);
- courant direct (I_F);
- tension inverse (V_R) ou courant inverse de crête ($I_{rr\max}$);
- dérivée du courant (di/dt) (le cas échéant);
- temps final t_i ou t_{rr} .

6.2.6 Rendement de détection en tension η_v a) *But*

Mesurer le rendement de détection en tension d'une diode de signal dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma de circuit (Figure 10)*

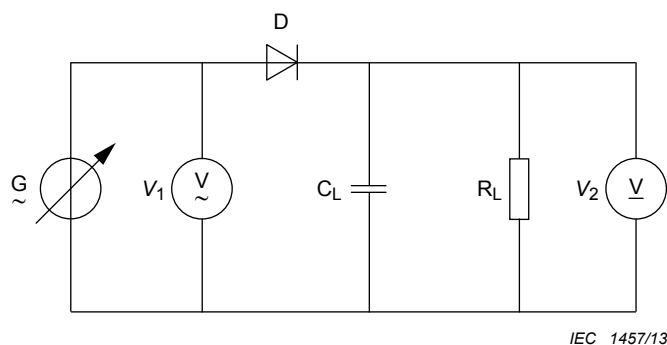


Figure 10 – Schéma de circuit pour la mesure de η_v

c) Description et exigences du circuit

D diode en mesure

G générateur à faible impédance

V voltmètre pour la mesure des tensions efficaces

Il convient que la valeur de R_L corresponde à l'impédance de sortie du générateur G. Il convient que la constante de temps $C_L R_L$ soit grande par rapport à l'inverse de la fréquence de mesure.

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler le générateur de façon à obtenir la valeur efficace spécifiée de V_1 .

Lire V_2 sur le voltmètre et calculer le rendement de détection en tension à partir de l'expression:

$$\eta_v = \frac{V_2}{V_1 \sqrt{2}} (\times 100 \%)$$

e) Conditions spécifiées

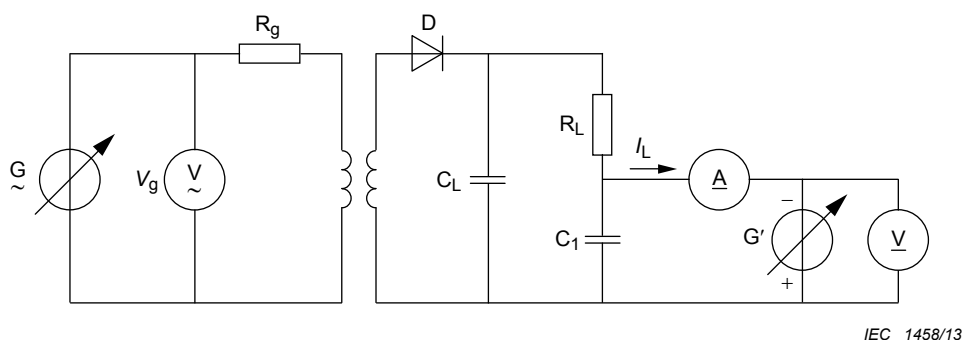
- température ambiante ou température de boîtier (T_a , T_c);
- fréquence de mesure (généralement 100 MHz);
- paramètres de circuit (R_L et C_L);
- tension V_1 (valeur efficace).

6.2.7 Rendement de détection en puissance η_p

a) But

Mesurer le rendement de détection en puissance d'une diode de signal dans des conditions spécifiées.

b) Schéma de circuit (Figure 11)



IEC 1458/13

Figure 11 – Schéma de circuit pour la mesure de η_p

c) Description et exigences du circuit

D diode en mesure

G générateurs de tension

V voltmètre électronique

A Ampèremètre

Il convient que le transformateur ait de faibles pertes et il convient que la valeur de la résistance de pertes équivalente soit incluse dans R_g .

Il convient que le transformateur ait un rapport de transformation assurant l'adaptation d'impédance entre R_g et R_L .

Il convient que la valeur de R_L soit élevée par rapport à celle de l'impédance directe de la diode. Il convient que la constante de temps $C_L R_L$ soit grande par rapport à l'inverse de la fréquence de mesure.

Il convient que le condensateur C_1 présente un court-circuit à la fréquence de mesure.

d) Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée.

Régler le générateur de tension alternative à zéro et le générateur de tension continue aux conditions de polarisation directe spécifiées. Lire le courant I_{L1} sur l'ampèremètre continu A.

Régler le générateur de tension alternative à la valeur efficace spécifiée V_g et lire la nouvelle valeur I_{L2} sur l'ampèremètre.

Calculer le rendement de détection en puissance à partir de l'expression suivante:

$$\eta_p = \frac{4(I_{L2} - I_{L1})^2 \cdot R_L \cdot R_g}{V_g^2} (\times 100 \%)$$

e) Conditions spécifiées

- température ambiante ou température de boîtier (T_a , T_c);
- fréquence de mesure (f) et tension efficace (V_g);
- conditions de polarisation en continu;
- paramètres de circuit (R_L et C_L);
- impédance du générateur (R_g).

6.2.8 Bruit V_n , I_n

a) But

Mesurer le courant de bruit d'une diode.

b) Schéma de circuit (Figure 12)