

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60747-9

**Edition 1.1
2001-11**

Edition 1:1998 consolidée par l'amendement 1:2001
Edition 1:1998 consolidated with amendment 1:2001

**Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs discrets –**

**Partie 9:
Transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)**

**Semiconductor devices –
Discrete devices –**

**Part 9:
Insulated-gate bipolar transistors (IGBTs)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60747-9:1998+A1:2001

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60747-9

Edition 1.1

2001-11

Edition 1:1998 consolidée par l'amendement 1:2001
Edition 1:1998 consolidated with amendment 1:2001

**Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs discrets –**

**Partie 9:
Transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)**

**Semiconductor devices –
Discrete devices –**

**Part 9:
Insulated-gate bipolar transistors (IGBTs)**

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

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

CR

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	12
INTRODUCTION.....	16
1 Domaine d'application.....	18
2 Références normatives	18
3 Définitions	18
3.1 Termes généraux	18
3.2 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; tensions et courants.....	20
3.3 Termes relatifs aux valeurs limites et caractéristiques; autres caractéristiques.....	22
4 Symboles littéraux	26
4.1 Généralités.....	26
4.2 Autres indices généraux	26
4.3 Liste des symboles littéraux.....	26
4.3.1 Tensions.....	26
4.3.2 Courants.....	26
4.3.3 Autres grandeurs électriques	28
4.3.4 Amplitudes thermiques.....	28
4.3.5 Temps	28
5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles.....	30
5.1 Généralités.....	30
5.1.1 Méthodes de spécification.....	30
5.1.2 Températures recommandées.....	30
5.2 Conditions pour les valeurs limites.....	30
5.2.1 Transistors bipolaires à grille isolée à température ambiante spécifiée	30
5.2.2 Transistors bipolaires à grille isolée à température de boîtier spécifiée.....	30
5.3 Valeurs limites.....	30
5.3.1 Tension collecteur-émetteur avec tension grille-émetteur nulle (V_{CES}).....	30
5.3.2 Tension grille-émetteur avec tension collecteur-émetteur nulle (V_{GES}).....	30
5.3.3 Courant (continu) de collecteur (I_C).....	30
5.3.4 Courant collecteur de pointe répétitif (I_{CRM})	30
5.3.5 Courant collecteur de pointe non répétitif (I_{CSM}).....	32
5.3.6 Zone de fonctionnement de sécurité.....	32
5.3.7 Dissipation totale de puissance (P_{tot})	32
5.3.8 Température virtuelle de jonction (T_{vj}).....	32
5.3.9 Température de boîtier (T_C) (pour les transistors bipolaires à grille isolée à température de boîtier spécifiée).....	32
5.3.10 Température de stockage (T_{stg})	32
5.3.11 Force de fixation (F)	32
5.3.12 Tension de maintien collecteur-émetteur (V_{CE*sus}).....	32
5.3.13 Aire de sécurité en inverse (RBSOA).....	32
5.3.14 Aire de sécurité en court-circuit (SCSOA).....	32
5.3.15 Tension de décharge électrostatique spécifiée	34

CONTENTS

FOREWORD.....	13
INTRODUCTION.....	17
1 Scope.....	19
2 Normative references.....	19
3 Definitions	19
3.1 General terms.....	19
3.2 Terms related to ratings and characteristics; voltages and currents.....	21
3.3 Terms related to ratings and characteristics; other characteristics.....	23
4 Letter symbols	27
4.1 General	27
4.2 Additional general subscripts	27
4.3 List of letter symbols.....	27
4.3.1 Voltages	27
4.3.2 Currents	27
4.3.3 Other electrical magnitudes.....	29
4.3.4 Thermal magnitudes	29
4.3.5 Times	29
5 Essential ratings and characteristics.....	31
5.1 General	31
5.1.1 Rating methods.....	31
5.1.2 Recommended temperatures	31
5.2 Rating conditions.....	31
5.2.1 Ambient-rated IGBTs.....	31
5.2.2 Case-rated IGBTs.....	31
5.3 Ratings (limiting values).....	31
5.3.1 Collector-emitter voltage with gate-emitter short-circuited (V_{CES})	31
5.3.2 Gate-emitter voltages with collector-emitter short-circuited (V_{GES}).....	31
5.3.3 (Continuous) collector (direct) current (I_C)	31
5.3.4 Repetitive peak collector current (I_{CRM}).....	31
5.3.5 Non-repetitive peak collector current (I_{CSM}).....	33
5.3.6 Safe operating area	33
5.3.7 Total power dissipation (P_{tot})	33
5.3.8 Virtual junction temperature (T_{vj}).....	33
5.3.9 Case temperature (T_C) (for case-rated IGBTs).....	33
5.3.10 Storage temperature (T_{stg}).....	33
5.3.11 Mounting force (F)	33
5.3.12 Collector-emitter sustaining voltage (V_{CE*sus}).....	33
5.3.13 Reverse biased safe operating area (RBSOA).....	33
5.3.14 Short-circuit safe operating area (SCSOA)	33
5.3.15 Rated electrostatic discharge voltage.....	35

5.4	Caractéristiques	34
5.4.1	Tension de claquage collecteur (-émetteur) avec tension grille-émetteur nulle ($V_{(BR)CES}$)	34
5.4.2	Tension de saturation collecteur-émetteur ($V_{CE(sat)}$)	34
5.4.3	Tension de seuil grille-émetteur ($V_{GE(TO)}$)	34
5.4.4	Courant collecteur résiduel (I_{CES})	34
5.4.5	Courant de fuite de grille (I_{GES})	34
5.4.6	Dissipation d'énergie à l'établissement (par impulsion) (E_{on})	34
5.4.7	Dissipation d'énergie à la coupure (par impulsion) (E_{off})	34
5.4.8	Capacités	36
5.4.9	Charge de grille (Q_{ge})	36
5.4.10	Temps de commutation	36
5.4.11	Résistance thermique jonction-boîtier ($R_{th(j-c)}$)	36
5.4.12	Résistance thermique jonction-ambiante ($R_{th(j-a)}$)	36
5.4.13	Impédance thermique transitoire jonction-boîtier ($Z_{th(j-c)}$)	38
5.4.14	Impédance thermique transitoire jonction-ambiante ($Z_{th(j-a)}$)	38
5.4.15	Impédance thermique jonction-boîtier dans des conditions d'impulsion ($Z_{th(j-c)p}$) (principalement pour les transistors bipolaires à grille isolée de faible puissance, lorsque cela s'applique)	38
5.4.16	Impédance thermique jonction-ambiante dans des conditions d'impulsion ($Z_{th(j-a)p}$) (principalement pour les transistors bipolaires à grille isolée de faible puissance, lorsque cela s'applique)	38
5.4.17	Caractéristiques mécaniques et autres données	38
6	Méthodes d'essai	38
6.1	Généralités	38
6.2	Méthodes d'essai	38
6.2.1	Tension de maintien collecteur-émetteur (V_{CE*sus})	38
6.2.2	Tensions collecteur-émetteur (V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX})	42
6.2.3	Tension grille-émetteur ($\pm V_{GES}$)	44
6.2.4	Aire de sécurité en inverse (RBSOA)	46
6.2.5	Aire de sécurité en court-circuit	48
6.2.6	Tension de décharge électrostatique	54
6.2.7	Courant collecteur	56
7	Méthodes de mesure	58
7.1	Généralités	58
7.1.1	Précautions générales	58
7.1.2	Précautions de manipulation	60
7.1.3	Symbole graphique des transistors bipolaires à grille isolée	60
7.2	Méthodes de mesure	60
7.2.1	Tension de seuil grille-émetteur ($V_{GE(TO)}$)	60
7.2.2	Courant de fuite de grille (I_{GES})	62
7.2.3	Dissipation de puissance à l'établissement (P_{on}), dissipation d'énergie à l'établissement (par impulsion) (E_{on})	64
7.2.4	Dissipation de puissance à la coupure (P_{off}), dissipation d'énergie à la coupure (E_{off})	68
7.2.5	Temps total d'établissement (t_{on}), temps de retard à l'établissement ($t_{d(on)}$), temps de croissance (t_r)	72
7.2.6	Temps total de coupure (t_{off}), temps de retard à la coupure ($t_{d(off)}$), temps de décroissance (t_f)	76

5.4	Characteristics	35
5.4.1	Collector(-emitter) breakdown voltage with gate-emitter short-circuited ($V_{(BR)CES}$).....	35
5.4.2	Collector-emitter saturation voltage ($V_{CE(sat)}$).....	35
5.4.3	Gate-emitter threshold voltage ($V_{GE(TO)}$).....	35
5.4.4	Collector cut-off current (I_{CES})	35
5.4.5	Gate leakage current (I_{GES})	35
5.4.6	Turn-on energy (per pulse) (E_{on}).....	35
5.4.7	Turn-off energy (per pulse) (E_{off}).....	35
5.4.8	Capacitances.....	37
5.4.9	Gate charge (Q_{ge}).....	37
5.4.10	Switching times.....	37
5.4.11	Thermal resistance junction to case ($R_{th(j-c)}$).....	37
5.4.12	Thermal resistance junction to ambient ($R_{th(j-a)}$).....	37
5.4.13	Transient thermal impedance junction to case ($Z_{th(j-c)}$).....	39
5.4.14	Transient thermal impedance junction to ambient ($Z_{th(j-a)}$).....	39
5.4.15	Thermal impedance junction to case under pulse conditions ($Z_{th(j-c)p}$) (where applicable, mainly for low-power IGBTs).....	39
5.4.16	Thermal impedance junction to ambient under pulse conditions ($Z_{th(j-a)p}$) (where applicable, mainly for low-power IGBTs)	39
5.4.17	Mechanical characteristics and other data.....	39
6	Methods of testing	39
6.1	General	39
6.2	Test methods	39
6.2.1	Collector-emitter sustaining voltage (V_{CE*sus}).....	39
6.2.2	Collector-emitter voltages (V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX})	43
6.2.3	Gate-emitter voltage ($\pm V_{GES}$).....	45
6.2.4	Reverse biased safe operating area (RBSOA)	47
6.2.5	Short-circuit safe operating area	49
6.2.6	Electrostatic discharge voltage.....	55
6.2.7	Collector current	57
7	Methods of measurement.....	59
7.1	General.....	59
7.1.1	General precautions.....	59
7.1.2	Handling precautions	61
7.1.3	Graphical symbol of IGBT	61
7.2	Measuring methods	61
7.2.1	Gate-emitter threshold voltage ($V_{GE(TO)}$).....	61
7.2.2	Gate leakage current (I_{GES})	63
7.2.3	Turn-on power dissipation (P_{on}), turn-on energy (per pulse) (E_{on}).....	65
7.2.4	Turn-off power dissipation (P_{off}), turn-off energy (per pulse) (E_{off})	69
7.2.5	Turn-on time (t_{on}), turn-on delay time ($t_{d(on)}$), rise time (t_r).....	73
7.2.6	Turn-off time (t_{off}), turn-off delay time ($t_{d(off)}$), fall time (t_f)	77

7.2.7	Résistance thermique jonction-boîtier ($R_{th(j-c)}$) et impédance thermique transitoire jonction-boîtier ($Z_{th(j-c)}$).....	78
7.2.8	Tension de saturation collecteur-émetteur (V_{CEsat}).....	88
7.2.9	Courant résiduel collecteur-émetteur (I_{CES} , I_{CER} , I_{CEX})	90
7.2.10	Temps de commutation (t_{don} , t_r , t_{on}) et énergie de commutation (E_{on})	92
7.2.11	Capacité d'entrée (C_{ies})	96
7.2.12	Capacité de sortie (C_{oes})	98
7.2.13	Capacité de transfert inverse (C_{res}).....	100
8	Réception et fiabilité	102
8.1	Exigences générales.....	102
8.2	Exigences spécifiques	102
8.2.1	Liste des essais d'endurance	102
8.2.2	Conditions pour les essais d'endurance.....	102
8.2.3	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception.....	102
8.2.4	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité.....	102
8.2.5	Procédure à suivre en cas d'erreur d'essai.....	102
8.2.6	Essais d'endurance et méthodes d'essais	104
8.3	Essais de type et essais individuels	108
8.3.1	Essais de type	108
8.3.2	Essais individuels	110
8.3.3	Méthodes de mesure et méthodes d'essais	112
	Annexe A (normative) Méthode de mesure de la tension de claquage collecteur-émetteur ..	114
	Annexe B (normative) Méthode de mesure du temps de commutation sur charge inductive dans des conditions spécifiques	118
	Annexe C (normative) Aire de sécurité en direct (FBSOA)	122
	Annexe D (informative) Rupture du boîtier.....	130
	Figure 1 – Circuit de mesure de la tension de maintien collecteur-émetteur V_{CE*sus}	40
	Figure 2 – Aire de fonctionnement du courant collecteur.....	42
	Figure 3 – Circuit de mesure des tensions collecteur-émetteur V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX}	44
	Figure 4 – Circuit de mesure de la tension grille-émetteur $\pm V_{GES}$	46
	Figure 5 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en inverse (RBSOA)	46
	Figure 6 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} et du courant collecteur I_C à l'ouverture.....	48
	Figure 7 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en régime de court-circuit (SCSOA1)	50
	Figure 8 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} du courant collecteur I_C et de la tension V_{CE} pendant la mesure de l'aire de sécurité en régime de court-circuit SCSOA1.....	50
	Figure 9 – Aire de sécurité en régime de court-circuit 2 (SCSOA2)	52
	Figure 10 – Formes d'ondes pendant la mesure de SCSOA2	54
	Figure 11 – Circuit de mesure du courant collecteur: méthode en courant continu.....	56
	Figure 12 – Circuit de mesure du courant collecteur: méthode en impulsion.....	58
	Figure 13 – Schéma de base pour la mesure de la tension de seuil grille-émetteur	62
	Figure 14 – Circuit pour la mesure du courant de fuite de grille	64

7.2.7	Thermal resistance junction to case ($R_{th(j-c)}$) and transient thermal impedance junction to case ($Z_{th(j-c)}$)	79
7.2.8	Collector-emitter saturation voltage (V_{CEsat})	89
7.2.9	Collector-emitter cut-off current (I_{CES} , I_{CER} , I_{CEX})	91
7.2.10	Turn-on intervals (t_{don} , t_r , t_{on}) and turn-on energy (E_{on})	93
7.2.11	Input capacitance (C_{ies})	97
7.2.12	Output capacitance (C_{oes})	99
7.2.13	Reverse transfer capacitance (C_{res})	101
8	Acceptance and reliability	103
8.1	General requirements	103
8.2	Specific requirements	103
8.2.1	List of endurance tests	103
8.2.2	Conditions for endurance tests	103
8.2.3	Failure-defining characteristics and failure criteria for acceptance tests	103
8.2.4	Failure-defining characteristics and failure criteria for reliability tests	103
8.2.5	Procedure in case of a testing error	103
8.2.6	Endurance tests and test methods	105
8.3	Type tests and routine tests	109
8.3.1	Type tests	109
8.3.2	Routine tests	111
8.3.3	Measuring and test methods	113
Annex A (normative)	Measuring method for collector-emitter breakdown voltage	115
Annex B (normative)	Measuring method for inductive load turn-off current under specified conditions	119
Annex C (normative)	Forward biased safe operating area (FBSOA)	123
Annex D (informative)	Case rupture	131
Figure 1	– Circuit for measuring the collector-emitter sustaining voltage V_{CE*sus}	41
Figure 2	– Operating locus of the collector current	43
Figure 3	– Circuit for measuring the collector-emitter voltages V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX}	45
Figure 4	– Circuit for testing the gate-emitter voltage $\pm V_{GES}$	47
Figure 5	– Test circuit of reverse safe operating area (RBSOA)	47
Figure 6	– Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} and collector current I_C during turn-off	49
Figure 7	– Circuit for testing safe operating pulse duration at load short circuit (SCSOA1)	51
Figure 8	– Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} , collector current I_C and voltage V_{CE} during load short-circuit condition SCSOA1	51
Figure 9	– Short-circuit safe operating area 2 (SCSOA2)	53
Figure 10	– Waveforms during SCSOA2	55
Figure 11	– Circuit for measuring collector current: d.c. method	57
Figure 12	– Circuit for measuring collector current: pulse method	59
Figure 13	– Basic circuit for measuring the gate-emitter threshold voltage	63
Figure 14	– Circuit for measuring the gate leakage current	65

Figure 15 – Circuit pour la détermination de la dissipation de puissance et/ou d'énergie pendant la durée de l'établissement.....	66
Figure 16 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C , de la tension collecteur-émetteur V_{CE} et de leur produit $I_C \cdot V_{CE} = P_{on}$ au cours de l'établissement. t_i est le temps d'intégration pour le calcul de la dissipation en énergie à l'établissement:	66
Figure 17 – Circuit pour la détermination de la dissipation de puissance et/ou d'énergie à la coupure pour une charge inductive L	68
Figure 18 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C , de la tension collecteur-émetteur V_{CE} et de leur produit $I_C \cdot V_{CE} = P_{off}$ à la coupure. t_i est le temps d'intégration pour calculer la dissipation en énergie à la coupure:.....	70
Figure 19 – Circuit pour la mesure du temps total d'établissement t_{on} , du temps de retard à l'établissement $t_{d(on)}$ et du temps de croissance t_r	72
Figure 20 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} et du courant collecteur I_C à l'établissement	74
Figure 21 – Circuit pour la mesure du temps total de coupure t_{off} , du temps de retard à la coupure $t_{d(off)}$ et du temps de décroissance t_f pour une charge inductive	76
Figure 22 – Formes d'ondes de la tension de grille V_{GE} et du courant collecteur I_C à la coupure	76
Figure 23 – Circuit pour la mesure de la variation en fonction de la température de la tension collecteur-émetteur V_{CE} à un faible courant de mesure I_{C1} et pour un échauffement du transistor bipolaire à grille isolée par un fort courant I_{C2}	80
Figure 24 – Variation typique de la tension collecteur-émetteur V_{CE} à un courant de mesure faible I_{C1} en fonction de la température du boîtier T_c (avec un chauffage extérieur, c'est-à-dire $T_c = T_{vj}$) pour trois spécimens de transistor bipolaire à grille isolée.....	82
Figure 25 – Circuit de mesure de la résistance thermique et de l'impédance thermique transitoire: méthode 2	84
Figure 26 – Variation typique de la tension de seuil grille-émetteur $V_{GE(th)}$ à un faible courant de mesure I_{C2} en fonction de la température du boîtier T_c (chauffage externe, c'est-à-dire $T_c = T_{vj}$)	86
Figure 27 – I_C , V_{GE} et T_c en fonction du temps	88
Figure 28 – Circuit de mesure de la tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}	90
Figure 29 – Circuit de mesure du courant résiduel collecteur-émetteur	92
Figure 30 – Circuit de mesure des temps et de l'énergie de commutation	94
Figure 31 – Formes d'ondes à la commutation.....	94
Figure 32 – Circuit de mesure de la capacité d'entrée.....	96
Figure 33 – Circuit de mesure de la capacité de sortie.....	98
Figure 34 – Circuit de mesure de la capacité de transfert inverse	100
Figure 35 – Circuit de blocage à haute température	104
Figure 36 – Circuit de blocage de grille à haute température.....	106
Figure 37 – Circuit pour l'essai de puissance fictive	108
Figure 38 – Nombre de cycles attendus en fonction de l'augmentation de la température ΔT_j	108
Figure A.1 – Circuit de mesure de la tension de claquage collecteur-émetteur	114
Figure B.1 – Circuit de mesure du temps de commutation sur charge inductive.....	118
Figure B.2 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C et de la tension collecteur V_{CE} pendant la commutation	118
Figure C.1 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en direct (méthode 1)	122

Figure 15 – Circuit for determining the turn-on power dissipation and/or energy	67
Figure 16 – Waveforms of the collector current I_C , collector-emitter voltage V_{CE} and their product $I_C \cdot V_{CE} = P_{on}$ during turn-on. t_i is the integration time for calculating the turn-on energy.....	67
Figure 17 – Circuit for determining the turn-off power dissipation and/or energy at inductive L	69
Figure 18 – Waveforms of collector current I_C , collector-emitter voltage V_{CE} and their product $I_C \cdot V_{CE} = P_{off}$ during turn-off. t_i is the integration time for calculating the turn-off energy	71
Figure 19 – Circuit for measuring the turn-on time t_{on} , turn-on delay time $t_{d(on)}$ and rise time t_r	73
Figure 20 – Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} and collector current I_C during turn-on....	75
Figure 21 – Circuit for measuring the turn-off time t_{off} , turn-off delay time $t_{d(off)}$ and fall time t_f at load	77
Figure 22 – Waveforms of gate voltage V_{GE} and collector current I_C during turn-off.....	77
Figure 23 – Circuit for measuring the variation with temperature of the collector-emitter voltage V_{CE} at a low measuring current I_{C1} and for heating up the IGBT by a high current I_{C2}	81
Figure 24 – Typical variation of the collector-emitter voltage V_{CE} at a low measuring current I_{C1} with the case temperature T_c (when heated from outside, i.e. $T_c = T_{vj}$) for three IGBT specimens.....	83
Figure 25 – Circuit for measuring thermal resistance and transient thermal impedance: method 2.....	85
Figure 26 – Typical variation of the gate-emitter threshold voltage $V_{GE(th)}$ at a low measuring current I_{C2} with the case temperature T_c (when heated from the outside, i.e. $T_c = T_{vj}$).....	87
Figure 27 – I_C , V_{GE} and T_c with time	89
Figure 28 – Circuit for measuring the collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}	91
Figure 29 – Circuit for measuring the collector-emitter cut-off current	93
Figure 30 – Circuit diagram for measuring turn-on intervals and energy	95
Figure 31 – Waveforms during turn-on intervals.....	95
Figure 32 – Circuit for measuring the input capacitance	97
Figure 33 – Circuit for measuring the output capacitance.....	99
Figure 34 – Circuit for measuring the reverse transfer capacitance	101
Figure 35 – Circuit for high-temperature reverse bias	105
Figure 36 – Circuit for high-temperature gate bias	107
Figure 37 – Circuit for intermittent operating life	109
Figure 38 – Expected number of cycles versus temperature rise ΔT_j	109
Figure A.1 – Circuit for testing the collector-emitter breakdown voltage.....	115
Figure B.1 – Measuring circuit for inductive load turn-off current.....	119
Figure B.2 – Waveforms of collector current I_C and collector voltage V_{CE} during turn-off.....	119
Figure C.1 – Test circuit of forward biased safe operating area (method 1)	123

Figure C.2 – Caractéristique ΔV_{CE} en fonction de la tension collecteur-émetteur V_{CE}	124
Figure C.3 – Aire de sécurité typique	124
Figure C.4 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en direct (méthode 2)	126
Figure C.5 – Aire de fonctionnement en blocage.....	128
Figure C.6 – Aire de démarrage en blocage.....	128

Tableau 1 – Caractéristiques définissant la défaillance pour réception après les essais d'endurance	104
---	-----

Tableau 2 – Essais de type et essais individuels minimaux pour les IGBT si applicables	112
--	-----

IECNORM.COM

Click to view the full PDF of IEC 60747-9:1998+A1:2001

Without watermark

Figure C.2 – Typical ΔV_{CE} versus collector-emitter voltage V_{CE} characteristics	125
Figure C.3 – Typical forward biased safe operating area	125
Figure C.4 – Circuit testing forward biased safe operating area (method 2)	127
Figure C.5 – Latching mode operation locus	129
Figure C.6 – Latching mode starting point	129
Table 1 – Failure-defining characteristics for acceptance after endurance tests	105
Table 2 – Minimum type and routine tests for IGBTs when applicable	113

IECNORM.COM

Click to view the full PDF of IEC 60747-9:1998+A1:2001 CSV

Without 2M

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS –

Partie 9: Transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60747-9 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

La présente version consolidée de la CEI 60747-9 comprend la première édition (1998) [documents 47E/109/FDIS et 47E/115/RVD] et son amendement 1 (2001) [documents 47E/194/FDIS et 47E/198/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

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

Les annexes A, B et C font partie intégrante de la présente norme.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES –**Part 9: Insulated-gate bipolar transistors (IGBTs)**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60747-9 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This consolidated version of IEC 60747-9 consists of the first edition (1998) [documents 47E/109/FDIS and 47E/115/RVD] and its amendment 1 (2001) [documents 47E/194/FDIS and 47E/198/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

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

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annex D is for information only.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2002. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60747-9:1998+A1:2001 CSV

Withdrawn

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2002. 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 60747-9:1998+A1:2001 CSV

Withdrawn

INTRODUCTION

L'utilisation des transistors bipolaires à grille isolée est exclusivement réservée aux applications de commutation de puissance. Leur utilisation dans le cadre de l'amplification proportionnelle n'est pas prévue car le courant collecteur augmente avec la température pour une tension de grille constante, ce qui provoquerait un emballement thermique dans cette application. Dans le cas d'une application de commutation, le courant collecteur au cours des intervalles à l'état passant est indiqué par la tension d'alimentation et la caractéristique de charge, et la contrainte exercée sur le transistor bipolaire à grille isolée est contrôlée par la durée d'impulsion et la fréquence de répétition.

L'utilisateur trouvera dans la CEI 60747-1 toutes les informations de base concernant les points suivants:

- terminologie;
- symboles littéraux;
- valeurs limites et caractéristiques essentielles;
- méthodes de mesure;
- réception et fiabilité;
- dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques.

INTRODUCTION

IGBTs are in use exclusively in power switching applications. Their use for proportional amplification is not provided because the collector current rises with temperature at constant gate voltage which would cause thermal runaway in this application. In switching applications the collector current during the on-state intervals is given by the supply voltage and the load characteristic, and the stress on the IGBT is controlled by the pulse duration and repetition frequency.

In IEC 60747-1 the user will find all basic information on:

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

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS –

Partie 9: Transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60747 spécifie la terminologie, les symboles littéraux, les valeurs limites et caractéristiques essentielles ainsi que les méthodes de mesure pour les transistors bipolaires à grille isolée.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60747. Au moment de sa publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60747 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60617-5:1996, *Symboles graphiques pour schémas – Partie 5: Semiconducteurs et tubes électroniques*

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

CEI 60747-2:1983, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets et circuits intégrés – Partie 2: Diodes de redressement*

CEI 60747-7:2000, *Dispositifs discrets et circuits intégrés à semiconducteurs – Partie 7: Transistors bipolaires*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 Termes généraux

3.1.1

transistor bipolaire à grille isolée, IGBT

transistor fourni pour la commutation de puissance, possédant une jonction PN ainsi qu'un canal de conduction, et dans lequel le courant traversant le canal et la jonction est déclenché par un champ électrique généré par une tension appliquée entre les bornes de la grille et de l'émetteur et coupé en supprimant cette tension

NOTE La tension collecteur-émetteur étant appliquée, la jonction PN est polarisée dans le sens direct.

3.1.2

transistor bipolaire à grille isolée à canal N

transistor bipolaire à grille isolée possédant un ou plusieurs canaux de conduction de type N

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES –

Part 9: Insulated-gate bipolar transistors (IGBTs)

1 Scope

This part of IEC 60747 gives product specific standards for terminology, letter symbols, essential ratings and characteristics and measuring methods for insulated-gate bipolar transistors (IGBTs).

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60747. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60747 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60617-5:1996, *Graphical symbols for diagrams – Part 5: Semiconductors and electron tubes*

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

IEC 60747-2:1983, *Semiconductor devices – Discrete devices and integrated circuits – Part 2: Rectifier diodes*

IEC 60747-7:2000, *Semiconductor discrete devices and integrated circuits – Part 7: Bipolar transistors*

3 Definitions

For the purpose of this standard, the following definitions apply.

3.1 General terms

3.1.1

insulated-gate bipolar transistor (IGBT)

transistor provided for power switching having a conduction channel and a PN junction and in which the current flowing through the channel and the junction is controlled by an electric field resulting from a voltage applied between the gate and emitter terminals

NOTE With collector-emitter voltage applied the PN junction is forward biased.

3.1.2

N-channel IGBT

IGBT that has one or more N-type conduction channels

3.1.3

transistor bipolaire à grille isolée à canal P

transistor bipolaire à grille isolée possédant un ou plusieurs canaux de conduction de type P

3.1.4

courant collecteur I_C (d'un transistor bipolaire à grille isolée)

courant direct commuté (commandé) par le transistor bipolaire à grille isolée

3.1.5

borne du collecteur, collecteur (C) (d'un transistor bipolaire à grille isolée)

pour un transistor bipolaire à grille isolée à canal N (à canal P), borne en direction de laquelle (à partir de laquelle) le courant collecteur circule en provenance (en direction) du circuit extérieur

3.1.6

borne de l'émetteur, émetteur (E) (d'un transistor bipolaire à grille isolée)

pour un transistor bipolaire à grille isolée à canal N (à canal P), borne à partir de laquelle (en direction de laquelle) le courant collecteur circule en direction (en provenance) du circuit extérieur

3.1.7

borne de la grille, grille (G) (d'un transistor bipolaire à grille isolée)

borne à laquelle une tension est appliquée contre l'émetteur afin de contrôler le courant collecteur

3.2 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; tensions et courants

3.2.1

tension de claquage collecteur (-émetteur) ($V_{(BR)CES}$)

tension entre le collecteur et l'émetteur au-dessus de laquelle le courant collecteur augmente très fortement, la grille étant court-circuitée à l'émetteur

3.2.2

tension de saturation collecteur (-émetteur) (V_{CEsat})

tension collecteur-émetteur dans des conditions de tension grille-émetteur auxquelles le courant collecteur est essentiellement indépendant de la tension grille-émetteur

3.2.3

tension de seuil (grille-émetteur) ($V_{GE(TO)}$)

tension grille-émetteur pour laquelle le courant collecteur a une faible valeur (absolue) spécifiée

3.2.4

courant collecteur (-émetteur) résiduel (I_{CES})

courant collecteur pour une tension collecteur-émetteur spécifiée, en-dessous de la zone de claquage, la grille étant court-circuitée à l'émetteur

3.2.5

courant de fuite de grille (I_{GES})

courant de fuite dans la borne de grille pour une tension grille-émetteur spécifiée, la borne de collecteur étant court-circuitée à la borne d'émetteur

3.1.3**P-channel IGBT**

IGBT that has one or more P-type conduction channels

3.1.4**collector current (I_C) (of an IGBT)**

direct current that is switched (controlled) by the IGBT

3.1.5**collector terminal, collector (C) (of an IGBT)**

for an N-channel (a P-channel) IGBT the terminal to (from) which the collector current flows from (to) the external circuit

3.1.6**emitter terminal, emitter (E) (of an IGBT)**

for an N-channel (a P-channel) IGBT the terminal from (to) which the collector current flows to (from) the external circuit

3.1.7**gate terminal, gate (G) (of an IGBT)**

terminal to which a voltage is applied against the emitter terminal in order to control the collector current

3.2 Terms related to ratings and characteristics; voltages and currents**3.2.1****collector (-emitter) breakdown voltage ($V_{BR(CE)}$)**

voltage between collector and emitter above which the collector current rises steeply, with gate to emitter short-circuited

3.2.2**collector (-emitter) saturation voltage (V_{CEsat})**

collector-emitter voltage under conditions of gate-emitter voltage at which the collector current is essentially independent of the gate-emitter voltage

3.2.3**(gate-emitter) threshold voltage ($V_{GE(To)}$)**

gate-emitter voltage at which the collector current has a specified low (absolute) value

3.2.4**collector (-emitter) cut-off current (I_{CES})**

collector current at a specified collector-emitter voltage below the breakdown region and with gate to emitter short-circuited

3.2.5**gate leakage current (I_{GES})**

leakage current into the gate terminal at a specified gate-emitter voltage with the collector terminal short-circuited to the emitter terminal

3.2.6

courant de queue (I_{CZ})

courant collecteur pendant le temps de queue

3.2.7

tension collecteur(-émetteur) avec grille et émetteur court-circuités (V_{CES})

tension collecteur-émetteur pour laquelle le courant collecteur a une faible valeur (absolue) spécifiée, la grille et l'émetteur étant court-circuités

3.2.8

tension de maintien collecteur-émetteur ($V_{CE^{*}sus}$)

tension de claquage collecteur-émetteur à courant collecteur relativement élevé pour laquelle la tension de claquage est relativement insensible aux variations du courant collecteur, dans les conditions spécifiées de terminaison de la grille et de l'émetteur

NOTE 1 Les conditions spécifiées de terminaison de la grille et de l'émetteur sont indiquées, dans le symbole littéral, par la troisième lettre '**'; voir 4.1.2 de la CEI 60747-7.

NOTE 2 Quand cela est nécessaire, un qualificatif approprié peut être ajouté au terme de base pour indiquer une terminaison spécifique entre grille et émetteur.

Exemple: Tension de maintien collecteur-émetteur avec grille et émetteur court-circuités V_{CESsus} .

NOTE 3 Le terme peut être raccourci si le symbole littéral utilisé est suffisamment explicite.

Exemple: Tension de maintien collecteur-émetteur V_{CESus} .

NOTE 4 Ce terme est important pour les dispositifs haute tension, par exemple à plus de 4 kV.

3.2.9

tension de décharge électrostatique

A l'étude.

3.3 Termes relatifs aux valeurs limites et caractéristiques; autres caractéristiques

3.3.1

capacité d'entrée (C_{ies})

capacité entre les bornes de grille et d'émetteur, la borne de collecteur étant court-circuitée à la borne d'émetteur pour un courant alternatif

3.3.2

capacité de sortie (C_{oes})

capacité entre les bornes de collecteur et d'émetteur, la borne de grille étant court-circuitée à la borne d'émetteur pour un courant alternatif

3.3.3

capacité de transfert inverse (C_{res})

capacité entre les bornes de collecteur et de grille, la borne d'émetteur étant court-circuitée à la borne de grille pour un courant alternatif

3.3.4

charge de grille (Q_{ge})

charge requise pour augmenter la tension grille-émetteur de zéro à une valeur spécifiée

3.2.6

tail current (I_{CZ})

collector current during the tail time

3.2.7

collector(-emitter) voltage with gate-emitter short-circuited (V_{CES})

collector-emitter voltage at which the collector current has a specified low (absolute) value with gate-emitter short-circuited

3.2.8

collector-emitter sustaining voltage ($V_{CE(sus)}$)

collector-emitter breakdown voltage at relatively high values of collector current where the breakdown voltage is relatively insensitive to changes in collector current, for a specified termination between gate and emitter terminals

NOTE 1 The specified termination between gate and emitter terminals is indicated in the letter symbol by the third subscript '**'; see 4.1.2 of IEC 60747-7.

NOTE 2 When necessary, a suitable qualifier is added to the basic term to indicate a specific termination between gate and emitter terminals.

Example: Collector-emitter sustaining voltage with gate and emitter terminals short-circuited $V_{CESsus-}$

NOTE 3 The basic term may be shortened if the meaning is clear from the letter symbol used.

Example: Collector-emitter sustaining voltage $V_{CERsus-}$

NOTE 4 This term is important for high-voltage devices, for example more than 4 kV.

3.2.9

electrostatic discharge voltage

Under consideration.

3.3 Terms related to ratings and characteristics; other characteristics

3.3.1

input capacitance (C_{ies})

capacitance between the gate and emitter terminals with the collector terminal short-circuited to the emitter terminal for a.c

3.3.2

output capacitance (C_{oes})

capacitance between the collector and emitter terminals with the gate terminal short-circuited to the emitter terminal for a.c

3.3.3

reverse transfer capacitance (C_{res})

capacitance between the collector and gate terminals with the emitter terminal short-circuited to the gate terminal for a.c

3.3.4

gate charge (Q_{ge})

charge required to raise the gate-emitter voltage from zero to a specified value

3.3.5

temps de retard à l'établissement ($t_{d(on)}$, t_d)

intervalle de temps entre le début d'une impulsion de tension aux bornes d'entrée permettant la commutation du transistor bipolaire à grille isolée de l'état passant à l'état non passant, et le début de la croissance du courant collecteur

NOTE En général, le temps est mesuré entre des points correspondant à 10 % des amplitudes d'impulsion d'entrée et de sortie.

3.3.6

temps de croissance (t_r)

intervalle de temps entre les instants où la croissance du courant collecteur atteint les limites inférieures et supérieures spécifiées, respectivement, lorsque le transistor bipolaire à grille isolée est commuté de l'état non passant à l'état passant

NOTE Les limites inférieures et supérieures représentent généralement 10 % et 90 % de l'amplitude d'impulsion.

3.3.7

temps total d'établissement (t_{on})

somme du temps de retard à l'établissement et du temps de croissance

3.3.8

temps de retard à la coupure ($t_{d(off)}$, t_s)

intervalle de temps entre la fin d'une impulsion de tension aux bornes d'entrée ayant maintenu le transistor bipolaire à grille isolée à l'état passant, et le début de la décroissance du courant collecteur lorsque le transistor bipolaire à grille isolée est commuté de l'état passant à l'état non passant

NOTE En général, le temps est mesuré entre des points correspondant à 90 % des amplitudes d'impulsion d'entrée et de sortie.

3.3.9

temps de décroissance (t_f)

intervalle de temps entre les instants où la décroissance du courant collecteur atteint les limites supérieures et inférieures spécifiées, respectivement, lorsque le transistor bipolaire à grille isolée est commuté de l'état passant à l'état non passant

NOTE Les limites supérieures et inférieures correspondent généralement à 90 % et 10 % de l'amplitude d'impulsion.

3.3.10

temps total de coupure (t_{off})

somme du temps de retard à la coupure et du temps de décroissance

3.3.11

temps de queue (t_z)

intervalle entre la fin du temps total de coupure et le moment où le courant de collecteur est tombé à une valeur (absolue) spécifiée très faible

NOTE En général, le temps de queue est mesuré entre des points correspondant à 10 % et 2 % du courant de collecteur à l'état passant.

3.3.12

dissipation d'énergie à l'établissement (par impulsion) (E_{on})

perte d'énergie produite à l'intérieur du transistor bipolaire à grille isolée pendant le temps total d'établissement d'une impulsion de courant collecteur unique

NOTE On obtient la dissipation de puissance à l'établissement correspondante, dans des conditions d'impulsion récurrente, en multipliant E_{on} par la fréquence d'impulsion.

3.3.5**turn-on delay time ($t_{d(on)}$, t_d)**

time interval between the beginning of a voltage pulse across the input terminals which switches the IGBT from the off-state to the on-state and the beginning of the rise of the collector current

NOTE Usually the time is measured between points corresponding to 10 % of the input and output pulse amplitudes.

3.3.6**rise time (t_r)**

time interval between the instants at which the rise of the collector current reaches specified lower and upper limits, respectively, when the IGBT is being switched from the off-state to the on-state

NOTE Usually the lower and upper limits are 10 % and 90 % of the pulse amplitude

3.3.7**turn-on time (t_{on})**

sum of the turn-on delay time and the rise time

3.3.8**turn-off delay time ($t_{d(off)}$, t_s)**

time interval between the end of the voltage pulse across the input terminals which has held the IGBT in its on-state and the beginning of the fall of the collector current when the IGBT is switched from the on-state to the off-state

NOTE Usually the time is measured between points corresponding to 90 % of the input and output pulse amplitudes.

3.3.9**fall time (t_f)**

time interval between the instants at which the fall of the collector current reaches specified upper and lower limits, respectively, when the IGBT is switched from the on-state to the off-state

NOTE Usually the upper and lower limits are 90 % and 10 % of the pulse amplitude.

3.3.10**turn-off time (t_{off})**

sum of the turn-off delay time and the fall time

3.3.11**tail time (t_z)**

time interval from the end of the turn-off time to the instant at which the collector current has fallen to a specified very low value

NOTE Usually the tail time is measured between points corresponding to 10 % and 2 % of the on-state collector current.

3.3.12**turn-on energy (per pulse) (E_{on})**

energy produced inside the IGBT during the turn-on time of a single collector current pulse

NOTE The corresponding turn-on power dissipation under periodic pulse conditions is obtained by multiplying E_{on} by the pulse frequency.

3.3.13

dissipation d'énergie à la coupure (par impulsion) (E_{off})

dissipation d'énergie produite à l'intérieur du transistor bipolaire à grille isolée pendant le temps total de coupure ajouté au temps de queue d'une impulsion de courant collecteur unique

NOTE On obtient la dissipation de puissance à la coupure correspondante, dans des conditions d'impulsion récurrente, en multipliant E_{off} par la fréquence d'impulsion.

4 Symboles littéraux

4.1 Généralités

Les articles 2, 3 et 4 de la CEI 60747-1, chapitre V, s'appliquent.

4.2 Autres indices généraux

C,c collecteur

E,e émetteur

G,g grille

sat saturation

(TO) seuil

Z,z queue

4.3 Liste des symboles littéraux

4.3.1 Tensions

Tension collecteur-émetteur

V_{CE}

Tension collecteur-émetteur, grille-émetteur court-circuités

V_{CES}

Tension de saturation collecteur-émetteur

V_{CEsat}

Tension de maintien collecteur-émetteur

$V_{\text{CE}^*\text{sus}}$

Tension de décharge électrostatique. les symboles littéraux sont à l'étude

Tension de claquage collecteur-émetteur, grille-émetteur court-circuités

$V_{(\text{BR})\text{CES}}$

Tension grille-émetteur

V_{GE}

Tension grille-émetteur, collecteur-émetteur court-circuités

V_{GES}

Tension de seuil grille-émetteur

$V_{\text{GE}(\text{TO})}$

Tension collecteur-grille, résistance grille-émetteur spécifiée

V_{CGR}

4.3.2 Courants

Courant collecteur

I_{C}

Courant collecteur de pointe

I_{CM}

Courant collecteur de pointe répétitif

I_{CRM}

Courant collecteur résiduel, grille-émetteur court-circuités

I_{CES}

Courant de queue

I_{CZ}

Courant maximal de queue

I_{CZM}

Courant de grille

I_{G}

Courant de fuite de grille, collecteur-émetteur court-circuités

I_{GES}

3.3.13**turn-off energy (per pulse) (E_{off})**

energy produced inside the IGBT during the turn-off time plus the tail time of a single collector current pulse

NOTE The corresponding turn-off power dissipation under periodic pulse conditions is obtained by multiplying E_{off} by the pulse frequency.

4 Letter symbols**4.1 General**

Clauses 2, 3 and 4 of IEC 60747-1, chapter V, apply.

4.2 Additional general subscripts

C,c collector
E,e emitter
G,g gate
sat saturation
(TO) threshold
Z,z tail

4.3 List of letter symbols**4.3.1 Voltages**

Collector-emitter voltage	V_{CE}
Collector-emitter voltage, gate-emitter short-circuited	V_{CES}
Collector-emitter saturation voltage	V_{CEsat}
Collector-emitter sustaining voltage	$V_{\text{CE}^*\text{sus}}$
Electrostatic discharge voltage: letter symbols are under consideration	
Collector-emitter breakdown voltage, gate-emitter short-circuited	$V_{(\text{BR})\text{CES}}$
Gate-emitter voltage	V_{GE}
Gate-emitter voltage, collector-emitter short-circuited	V_{GES}
Gate-emitter threshold voltage	$V_{\text{GE}(\text{TO})}$
Collector-gate voltage, gate-emitter resistance specified	V_{CGR}

4.3.2 Currents

Collector current	I_{C}
Peak collector current	I_{CM}
Repetitive peak collector current	I_{CRM}
Collector cut-off current, gate-emitter short-circuited	I_{CES}
Tail current	I_{CZ}
Peak tail current	I_{CZM}
Gate current	I_{G}
Gate leakage current, collector-emitter short-circuited	I_{GES}

4.3.3 Autres grandeurs électriques

Capacité d'entrée	C_{ies}
Capacité de sortie	C_{oes}
Capacité de transfert inverse	C_{res}
Charge de grille	Q_{ge}
Dissipation de puissance à l'établissement*	P_{on}
Energie à l'établissement*	E_{on}
Dissipation de puissance à la coupure*	P_{off}
Energie à la coupure*	E_{off}
Dissipation de puissance à l'état conducteur*	P_{cond}
Energie à l'état conducteur*	E_{cond}
Dissipation totale de puissance	P_{tot}

4.3.4 Amplitudes thermiques

Température virtuelle de jonction	T_{vj}
Température du boîtier	T_c
Résistance thermique jonction-boîtier	$R_{th(j-c)}$
Résistance thermique jonction-ambiante	$R_{th(j-a)}$
Impédance thermique transitoire jonction-boîtier	$Z_{th(j-c)}$
Impédance thermique transitoire jonction-ambiante	$Z_{th(j-a)}$
Impédance thermique jonction-boîtier dans des conditions d'impulsion	$Z_{th(j-c)p}$
Impédance thermique jonction-ambiante dans des conditions d'impulsion	$Z_{th(j-a)p}$

4.3.5 Temps

Temps total d'établissement	t_{on}
Temps de retard à l'établissement	$t_{d(on)}, t_d$
Temps de croissance	t_r
Temps total de coupure	t_{off}
Temps de retard à la coupure	$t_{d(off)}, t_s$
Temps de décroissance	t_f
Temps de queue	t_z
Durée de l'impulsion	t_p

* Les dissipations d'énergie sont toujours exprimées par impulsion.

4.3.3 Other electrical magnitudes

Input capacitance	C_{ies}
Output capacitance	C_{oes}
Reverse transfer capacitance	C_{res}
Gate charge	Q_{ge}
Turn-on power dissipation*	P_{on}
Turn-on energy*	E_{on}
Turn-off power dissipation*	P_{off}
Turn-off power energy*	E_{off}
Conducting state power dissipation*	P_{cond}
Conducting state energy*	E_{cond}
Total power dissipation	P_{tot}

4.3.4 Thermal magnitudes

Virtual junction temperature	T_{vj}
Case temperature	T_c
Thermal resistance junction to case	$R_{th(j-c)}$
Thermal resistance junction to ambient	$R_{th(j-a)}$
Transient thermal impedance junction to case	$Z_{th(j-c)}$
Transient thermal impedance junction to ambient	$Z_{th(j-a)}$
Thermal impedance junction to case under pulse conditions	$Z_{th(j-c)p}$
Thermal impedance junction to ambient under pulse conditions	$Z_{th(j-a)p}$

4.3.5 Times

Turn-on time	t_{on}
Turn-on delay time	$t_{d(on)}, t_d$
Rise time	t_r
Turn-off time	t_{off}
Turn-off delay time	$t_{d(off)}, t_s$
Fall time	t_f
Tail time	t_z
Pulse duration	t_p

* Energy is always per pulse.

5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles

5.1 Généralités

5.1.1 Méthodes de spécification

Il convient de spécifier les transistors bipolaires à grille isolée comme des dispositifs à température ambiante spécifiée ou à température de boîtier spécifiée.

5.1.2 Températures recommandées

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

Sauf indication contraire, il convient que le fabricant choisisse cette autre température spécifiée dans la liste donnée à l'article 5, chapitre VI, de la CEI 60747-1. De plus, les températures de –40 °C et de +35 °C peuvent être utilisées.

5.2 Conditions pour les valeurs limites

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

5.2.1 Transistors bipolaires à grille isolée à température ambiante spécifiée

A 25 °C et à une température plus élevée (voir 5.1.2). Il convient que le fluide de refroidissement et la pression (dans le cas d'un gaz) soient spécifiés.

Il convient que la pression atmosphérique soit au moins de 90 kPa (900 mbar), ce qui correspond à une altitude maximale de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

5.2.2 Transistors bipolaires à grille isolée à température de boîtier spécifiée

A une température du point de référence choisie dans la liste des températures recommandées (voir 5.1.2).

NOTE La température du point de référence est normalement la température du boîtier. Pour les petits transistors bipolaires à grille isolée, la température d'une des bornes peut être spécifiée.

5.3 Valeurs limites

5.3.1 Tension collecteur-émetteur avec tension grille-émetteur nulle (V_{CES})

Valeur limite maximale.

5.3.2 Tension grille-émetteur avec tension collecteur-émetteur nulle (V_{GES})

Valeurs limites maximales pour les deux polarités.

5.3.3 Courant (continu) de collecteur (I_C)

Valeur limite maximale.

5.3.4 Courant collecteur de pointe répétitif (I_{CRM})

Valeur limite maximale pour des impulsions rectangulaires aux températures de boîtier, durée d'impulsion et facteur d'utilisation spécifiés.

5 Essential ratings and characteristics

5.1 General

5.1.1 Rating methods

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

5.1.2 Recommended temperatures

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

Unless otherwise stated, the other specified temperature should be chosen by the manufacturer from the list in IEC 60747-1, chapter VI, clause 5, in addition, temperatures of –40 °C and +35 °C may be used.

5.2 Rating conditions

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

5.2.1 Ambient-rated IGBTs

At 25 °C and at one higher temperature (see 5.1.2). The cooling fluid and pressure (in the case of a gas) should be specified.

Air pressure should be at least 90 kPa (900 mbar), corresponding to a maximum level of 1 000 m above sea-level.

5.2.2 Case-rated IGBTs

At a reference-point temperature taken from the list of recommended temperatures (see 5.1.2).

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

5.3 Ratings (limiting values)

5.3.1 Collector-emitter voltage with gate-emitter short-circuited (V_{CES})

Maximum rated value.

5.3.2 Gate-emitter voltages with collector-emitter short-circuited (V_{GES})

Maximum rated values for both polarities.

5.3.3 (Continuous) collector (direct) current (I_C)

Maximum rated value.

5.3.4 Repetitive peak collector current (I_{CRM})

Maximum rated value for rectangular pulses at specified case temperature, pulse duration and duty cycle.

5.3.5 Courant collecteur de pointe non répétitif (I_{CSM})

Valeur limite maximale pour une impulsion rectangulaire aux températures de boîtier et durée d'impulsion spécifiées.

5.3.6 Zone de fonctionnement de sécurité

Schéma indiquant le courant collecteur assigné maximal I_C après l'établissement, qu'il n'est pas permis de dépasser, même dans les meilleures conditions de refroidissement, en fonction de la tension collecteur-émetteur V_{CE} avant et pendant l'établissement en courant direct et pour différentes durées d'impulsion, la température du boîtier étant égale à 25 °C.

NOTE La zone de fonctionnement de sécurité est principalement applicable dans des conditions de surcharge.

5.3.7 Dissipation totale de puissance (P_{tot})

Valeur limite maximale à la température de boîtier spécifiée.

5.3.8 Température virtuelle de jonction (T_{vj})

Valeurs limites minimale et maximale.

5.3.9 Température de boîtier (T_c) (pour les transistors bipolaires à grille isolée à température de boîtier spécifiée)

Températures de fonctionnement minimale et maximale jusqu'à la valeur à laquelle la valeur limite maximale de la dissipation totale en puissance s'approche de zéro ($T_c = T_{vj}$).

5.3.10 Température de stockage (T_{stg})

Valeur limite minimale et maximale.

5.3.11 Force de fixation (F)

Valeur minimale et maximale.

5.3.12 Tension de maintien collecteur-émetteur (V_{CE*sus})

Supérieure à la valeur minimale spécifiée dans les conditions définies.

5.3.13 Aire de sécurité en inverse (RBSOA)

Diagramme représentant les conditions du couple courant collecteur I_C tension collecteur-émetteur V_{CE} que peut supporter sans dommage l'IGBT pendant une courte période à l'ouverture dans les conditions définies.

5.3.14 Aire de sécurité en court-circuit (SCSOA)

L'aire de sécurité en court-circuit est définie par un couple de valeurs de la durée du court-circuit t_{psc} et la tension collecteur-émetteur V_{CE} , qui ne doit pas être dépassé à la mise en court-circuit. Le composant doit être conducteur, puis de nouveau ouvert, pour court-circuiter la source de tension sans être endommagé.

5.3.5 Non-repetitive peak collector current (I_{CSM})

Maximum rated value for a rectangular pulse at specified case temperature and pulse duration.

5.3.6 Safe operating area

Diagram showing the maximum rated collector current I_C after turn-on, which may not be exceeded, even under best cooling conditions, as a function of the collector-emitter voltage V_{CE} before and during turn-on for direct current and various pulse durations at 25 °C case temperature.

NOTE The safe operating area is mainly valid under overload conditions.

5.3.7 Total power dissipation (P_{tot})

Maximum rated value at specified case temperature.

5.3.8 Virtual junction temperature (T_{vj})

Maximum and minimum rated values.

5.3.9 Case temperature (T_c) (for case-rated IGBTs)

Minimum and maximum operating temperatures up to the value where the maximum rated total power dissipation approaches zero ($T_c = T_{vj}$).

5.3.10 Storage temperature (T_{stg})

Minimum and maximum rated value.

5.3.11 Mounting force (F)

Minimum and maximum value.

5.3.12 Collector-emitter sustaining voltage (V_{CE*sus})

Not less than the specified minimum value under specified conditions.

5.3.13 Reverse biased safe operating area (RBSOA)

Diagram showing the area of collector current I_C and collector-emitter voltage V_{CE} which the IGBTs will sustain simultaneously for a short period of time during turn-off without being damaged under the specified conditions.

5.3.14 Short-circuit safe operating area (SCSOA)

SCSOA is given by a pair of values of short-circuit duration t_{psc} and collector-emitter voltage V_{CE} which may not be exceeded under the load short-circuit conditions. The device may be turned on and turned off again for shorting a voltage source without being damaged.

5.3.15 Tension de décharge électrostatique spécifiée

Tension maximale de décharge ne produisant pas de dégradation, appliquée entre la grille et l'émetteur dans des conditions spécifiées de polarisation collecteur-émetteur, court-circuit ou résistance série ou accumulateur ou circuit ouvert.

*= définitions de R,S,O ou X: (R), (S), (O), (X)

5.4 Caractéristiques

Les caractéristiques doivent être données à 25 °C, sauf indication contraire. Si d'autres températures sont utilisées, il convient qu'elles soient extraites de l'article 5, chapitre VI, de la CEI 60747-1.

5.4.1 Tension de claquage collecteur (-émetteur) avec tension grille-émetteur nulle ($V_{(BR)CES}$)

Valeur minimale au courant collecteur spécifié.

5.4.2 Tension de saturation collecteur-émetteur ($V_{CE(sat)}$)

Valeur maximale aux tensions de grille et courant collecteur spécifiés.

5.4.3 Tension de seuil grille-émetteur ($V_{GE(TO)}$)

Valeurs minimale et maximale aux tensions collecteur-émetteur et courant collecteur spécifiés.

5.4.4 Courant collecteur résiduel (I_{CES})

Valeur maximale à la température de boîtier de 25 °C et à une température spécifiée plus élevée.

5.4.5 Courant de fuite de grille (I_{GES})

Valeur maximale à la valeur limite maximale de la tension grille-émetteur.

5.4.6 Dissipation d'énergie à l'établissement (par impulsion) (E_{on})

Valeur maximale dans les conditions spécifiées:

- tension collecteur-émetteur avant établissement;
- courant collecteur après établissement;
- tension grille-émetteur;
- résistance dans le circuit grille-émetteur;
- température du boîtier ou température ambiante ou température virtuelle de jonction.

5.4.7 Dissipation d'énergie à la coupure (par impulsion) (E_{off})

Valeur maximale dans les conditions spécifiées:

- courant collecteur avant coupure;
- tension collecteur-émetteur après coupure;
- tension source grille-émetteur;
- résistance dans le circuit grille-émetteur;
- température du boîtier ou température ambiante ou température virtuelle de jonction.

5.3.15 Rated electrostatic discharge voltage

Maximum voltages for discharge without damage between gate and emitter at specified collector-emitter circuit conditions, short-circuit or series resistor circuit or series battery circuit or open circuit.

*= R,S,O or X definitions: (R), (S), (O), (X)

5.4 Characteristics

Characteristics are to be given for 25 °C, except where otherwise stated; other temperatures should be taken from the list in IEC 60747-1, chapter VI, clause 5.

5.4.1 Collector(-emitter) breakdown voltage with gate-emitter short-circuited ($V_{(BR)CES}$)

Minimum value at specified collector current.

5.4.2 Collector-emitter saturation voltage ($V_{CE(sat)}$)

Maximum value at specified gate voltage and collector current.

5.4.3 Gate-emitter threshold voltage ($V_{GE(TO)}$)

Minimum and maximum values at specified collector-emitter voltage and collector current.

5.4.4 Collector cut-off current (I_{CES})

Maximum value at case temperatures of 25 °C and of a higher, specified value.

5.4.5 Gate leakage current (I_{GES})

Maximum value at the maximum rated gate-emitter voltage.

5.4.6 Turn-on energy (per pulse) (E_{on})

Maximum value under specified conditions:

- collector-emitter voltage before turn-on;
- collector current after turn-on;
- gate-emitter voltage;
- resistance in the gate-emitter circuit;
- case or ambient temperature or virtual junction temperature.

5.4.7 Turn-off energy (per pulse) (E_{off})

Maximum value under specified conditions:

- collector current before turn-off;
- collector-emitter voltage after turn-off;
- gate-emitter source voltage;
- resistance in the gate-emitter circuit;
- case or ambient temperature or virtual junction temperature.

5.4.8 Capacités

5.4.8.1 Capacité d'entrée (C_{ies})

5.4.8.2 Capacité de sortie (C_{oes})

5.4.8.3 Capacité de transfert inverse (C_{res})

Valeurs typiques à la tension collecteur-émetteur et à la fréquence d'essai spécifiées.

5.4.9 Charge de grille (Q_{ge})

Valeur typique aux valeurs spécifiées de la tension grille-émetteur, de la tension collecteur-émetteur avant l'établissement et du courant collecteur après l'établissement.

5.4.10 Temps de commutation

5.4.10.1 Temps de retard à l'établissement ($t_{d(on)}$)

5.4.10.2 Temps de croissance (t_r)

Valeurs maximales pour une charge résistive aux valeurs spécifiées de:

- tension collecteur-émetteur avant établissement;
- tension grille-émetteur;
- courant collecteur après établissement;
- résistance dans le circuit grille-émetteur;
- température du boîtier ou température ambiante ou température virtuelle de jonction.

5.4.10.3 Temps de retard à la coupure ($t_{d(off)}$)

5.4.10.4 Temps de décroissance (t_f)

5.4.10.5 Temps de queue (t_z) ou dissipation d'énergie à la coupure par impulsion ($E_{(off)}$)

Valeurs maximales pour une charge inductive avec une diode en roue libre connectée aux valeurs spécifiées de:

- tension collecteur-émetteur après coupure;
- tension grille-émetteur;
- courant collecteur avant coupure;
- résistance dans le circuit grille-émetteur;
- température du boîtier ou température ambiante, ou température virtuelle de jonction.

Il est possible d'indiquer en outre les valeurs maximales pour une charge résistive.

5.4.11 Résistance thermique jonction-boîtier ($R_{th(j-c)}$)

Valeur maximale pour les transistors bipolaires à grille isolée à température de boîtier spécifiée.

5.4.12 Résistance thermique jonction-ambiante ($R_{th(j-a)}$)

Valeur maximale pour les transistors bipolaires à grille isolée à température ambiante spécifiée.

5.4.8 Capacitances

5.4.8.1 Input capacitance (C_{ies})

5.4.8.2 Output capacitance (C_{oes})

5.4.8.3 Reverse transfer capacitance (C_{res})

Typical values at specified collector-emitter voltage and test frequency.

5.4.9 Gate charge (Q_{ge})

Typical value at specified values of the gate-emitter voltage, the collector-emitter voltage before turn-on and the collector current after turn-on.

5.4.10 Switching times

5.4.10.1 Turn-on delay time ($t_{d(on)}$)

5.4.10.2 Rise time (t_r)

Maximum values for resistive load under specified conditions:

- collector-emitter voltage before turn-on;
- gate-emitter voltage,
- collector current after turn-on,
- resistance in the gate-emitter circuit,
- case or ambient temperature or virtual junction temperature.

5.4.10.3 Turn-off delay time ($t_{d(off)}$)

5.4.10.4 Fall time (t_f)

5.4.10.5 Tail time (t_z) or turn-off energy per pulse ($E_{(off)}$)

Maximum values for inductive load with a free-wheeling diode connected under specified conditions:

- collector-emitter voltage after turn-off;
- gate-emitter voltage;
- collector current before turn-off;
- resistance in the gate-emitter circuit;
- case or ambient temperature or virtual junction temperature.

Maximum values for resistive load may be given in addition.

5.4.11 Thermal resistance junction to case ($R_{th(j-c)}$)

Maximum value for case-rated IGBTs.

5.4.12 Thermal resistance junction to ambient ($R_{th(j-a)}$)

Maximum value for ambient-rated IGBTs.

5.4.13 Impédance thermique transitoire jonction-boîtier ($Z_{th(j-c)}$)

Pour les transistors bipolaires à grille isolée à température de boîtier spécifiée, schéma montrant les valeurs maximales en fonction du temps écoulé après un changement de la dissipation de puissance, ou des éléments analytiques pour le calcul conformément à l'annexe de la CEI 60747-2.

5.4.14 Impédance thermique transitoire jonction-ambiante ($Z_{th(j-a)}$)

Pour les transistors bipolaires à grille isolée à température ambiante spécifiée, schéma montrant les valeurs maximales en fonction du temps écoulé après un changement de la dissipation de puissance, ou des éléments analytiques pour le calcul conformément à l'annexe de la CEI 60747-2.

5.4.15 Impédance thermique jonction-boîtier dans des conditions d'impulsion ($Z_{th(j-c)p}$) (principalement pour les transistors bipolaires à grille isolée de faible puissance, lorsque cela s'applique)

Pour les transistors bipolaires à grille isolée à température de boîtier spécifiée, schéma montrant les valeurs maximales en fonction de la durée d'impulsion t_p pour des impulsions rectangulaires et pour différents facteurs d'utilisation, au moins $\frac{1}{2}$, ou des éléments analytiques pour le calcul conformément à l'annexe de la CEI 60747-2.

5.4.16 Impédance thermique jonction-ambiante dans des conditions d'impulsion ($Z_{th(j-a)p}$) (principalement pour les transistors bipolaires à grille isolée de faible puissance, lorsque cela s'applique)

Pour les transistors bipolaires à grille isolée à température ambiante spécifiée, schéma montrant les valeurs maximales en fonction de la durée d'impulsion t_p pour des impulsions rectangulaires et pour différents facteurs d'utilisation, au moins $\frac{1}{2}$, ou des éléments analytiques pour le calcul conformément à l'annexe de la CEI 60747-2.

5.4.17 Caractéristiques mécaniques et autres données

Voir l'article 7 du chapitre VI de la CEI 60747-1.

6 Méthodes d'essai

6.1 Généralités

Les méthodes de mesure sont décrites pour éviter la destruction des dispositifs à l'essai (DUT). Il convient que les DUT ne soient pas essayés à des valeurs supérieures aux valeurs limites maximales spécifiées.

6.2 Méthodes d'essai

6.2.1 Tension de maintien collecteur-émetteur (V_{CE*sus})

Voir 6.1.7 de la CEI 60747-7.

But

Vérifier que la tension de maintien collecteur-émetteur d'un IGBT, dans des conditions spécifiées, n'est pas inférieure à la valeur maximale spécifiée V_{CE*sus} .

5.4.13 Transient thermal impedance junction to case ($Z_{th(j-c)}$)

For case-rated IGBTs, diagram showing the maximum values against the time elapsed after a step change in power dissipation, or analytical elements for the calculation according to the appendix of IEC 60747-2.

5.4.14 Transient thermal impedance junction to ambient ($Z_{th(j-a)}$)

For ambient-rated IGBTs, diagram showing the maximum values against the time elapsed after a step change in power dissipation, or analytical elements for the calculation according to the appendix of IEC 60747-2.

5.4.15 Thermal impedance junction to case under pulse conditions ($Z_{th(j-c)p}$) (where applicable, mainly for low-power IGBTs)

For case-rated IGBTs, diagram showing the maximum values against the pulse duration t_p for rectangular pulses and for various duty cycles, at least $\frac{1}{2}$, or analytical elements for the calculation according to the appendix of IEC 60747-2.

5.4.16 Thermal impedance junction to ambient under pulse conditions ($Z_{th(j-a)p}$) (where applicable, mainly for low-power IGBTs)

For ambient-rated IGBTs, diagram showing the maximum values against the pulse duration t_p for rectangular pulses and various duty cycles, at least $\frac{1}{2}$, or analytical elements for the calculation according to the appendix of IEC 60747-2.

5.4.17 Mechanical characteristics and other data

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

6 Methods of testing

6.1 General

The test methods are introduced to avoid destruction of the device under test (DUT). DUTs should not be tested at higher than the specified maximum rated values.

6.2 Test methods

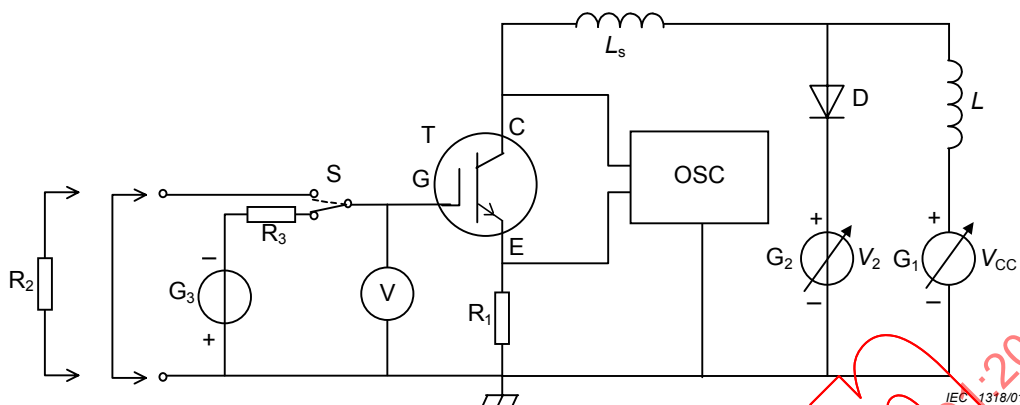
6.2.1 Collector-emitter sustaining voltage (V_{CE*sus})

See 6.1.7 of IEC 60747-7.

Purpose

To ensure that the collector-emitter sustaining voltage of an IGBT, under specified conditions, is not less than the maximum rated value V_{CE*sus} .

Schéma



Légende

- T IGBT (dispositif à l'essai)
- V_2 Valeur de V_{CE*sus} prévue
- R_1 Résistance de mesure du courant ou sonde
- OSC Oscilloscope double canal

Figure 1 – Circuit de mesure de la tension de maintien collecteur-émetteur V_{CE*sus}

Description et exigences du circuit

L'IGBT est mis en conduction en régime saturé en impulsion.

A cause de l'inductance L , la commutation de la tension de grille provoque l'exploration d'un cycle courant-tension pour le composant.

La résistance R_2 est nécessaire pour la mesure de V_{CERsus} .

Le générateur G_1 est réglable; il permet d'ajuster le courant collecteur à la valeur spécifiée. R_1 est une résistance pour la mesure du courant ou une sonde.

Un dispositif d'écrêtage de tension, indiqué à la figure 1 par une source de tension réglable G_2 en série avec une diode, limite la tension V_{CE} à la valeur minimale spécifiée $V_2 = V_{CEsus}$. V_2 est réglé à la valeur de V_{CE*sus} prévue.

La valeur minimale de l'inductance L peut être donnée dans la spécification particulière; dans le cas contraire, elle peut être calculée à partir de

$$L_{\min} = (V_{CES} - V_{CC}) \times t_{\text{off}} / 0,1 I_C$$

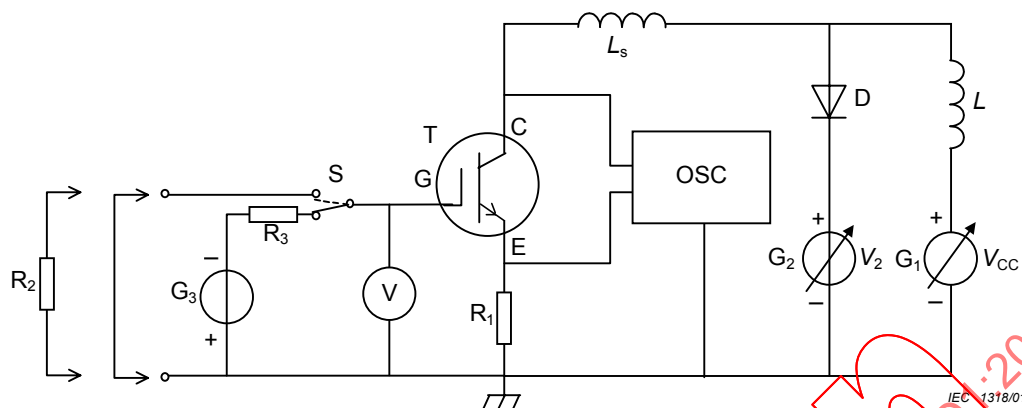
Cela assure que I_C ne chute pas de plus de 10 % pendant t_{off} .

Exécution

Régler le dispositif d'écrêtage pour qu'il agisse à la valeur minimale spécifiée de V_{CE*sus} . La tension V_{CC} étant nulle, régler la tension V_{GE} de telle façon que le courant I_C spécifié atteigne pour une valeur de tension V_{CE} en régime de saturation (point A de la figure 2).

Augmenter progressivement la tension V_{CC} jusqu'à obtenir le courant I_C spécifié pour la tension minimale V_{CE*sus} spécifiée (point B de la figure 2). Il en résulte que le courant de départ du cycle peut atteindre une valeur I_0 légèrement supérieure à la valeur de I_C spécifiée (point A' de la figure 2).

Circuit diagram



Key

- T IGBT (device under test)
- V_2 Expected V_{CE*sus}
- R_1 Shunt or current probe
- OSC Dual-channel oscilloscope

Figure 1 – Circuit for measuring the collector-emitter sustaining voltage V_{CE*sus}

Circuit description and requirements

The IGBT is operated in a saturated condition under pulse operation.

Due to the inductance L , switching off the gate voltage causes the IGBT to be swept through a current-voltage cycle.

Resistor R_2 is required for the measurement of V_{CERsus} .

The generator G_1 is adjustable; it enables the collector current to be set to the specified value. R_1 is a current-measuring shunt or current probe.

A voltage clamping unit, indicated in figure 1 as a variable voltage source G_2 in series with a diode, limits the voltage V_{CE} at the maximum rated value $V_2 = V_{CE*sus}$. V_2 is set to the expected value of V_{CE*sus} .

The minimum value of load inductance L may be given in the detail specification; otherwise, it may be calculated from

$$L_{\min} = (V_{CES} - V_{CC}) \times t_{\text{off}} / 0,1 I_C$$

This ensures that I_C does not drop by more than 10 % during t_{off} .

Test procedure

The clamping unit is adjusted to operate at the minimum rated value V_{CE*sus} . With voltage V_{CC} set at zero, V_{GE} is adjusted so that the specified current I_C can be reached with a V_{CE} value in the saturated condition (point A in figure 2).

The value V_{CC} is progressively increased until the specified current I_C is reached for the minimum rated voltage V_{CE*sus} (point B in figure 2). As a result, the current at which the cycle starts may reach a value I_0 slightly higher than the specified current I_C (point A' of figure 2).

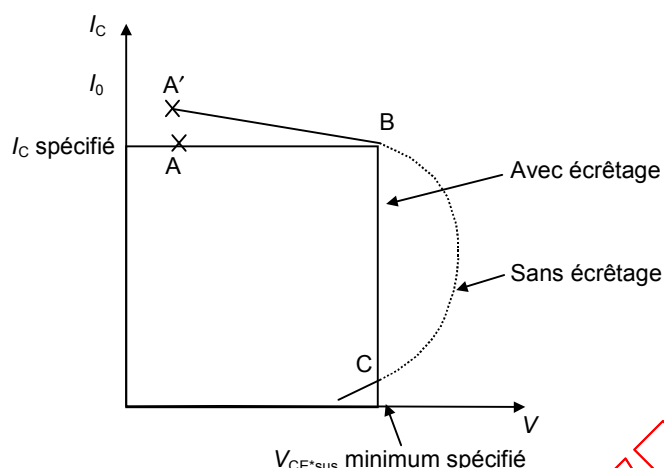


Figure 2 – Aire de fonctionnement du courant collecteur

Précautions à prendre

Dans un premier essai, il convient de vérifier l'action du dispositif d'écrêtage en diminuant sa tension de réglage V_2 ; puis de réajuster cette tension à la valeur désirée de V_{CE} qui correspond au courant I_C spécifié (point B de la figure 2).

Exigences

- L'IGBT est satisfaisant lorsque la trace du point B vers le point C ne passe pas à gauche de la ligne BC.
- Lorsque le dispositif d'écrêtage n'est pas utilisé, l'IGBT est satisfaisant lorsque la trace contourne effectivement le point B, comme indiqué à la figure 2.

Conditions spécifiées

- Température du boîtier ou ambiante ou virtuelle de jonction T_C ou T_a ou T_{vj}
- Courant collecteur I_C
- Tension de maintien minimale $V_{CEr'sus}$, $V_{CEs'sus}$
- Valeur de l'inductance L , s'il y a lieu
- Valeur de l'inductance par dispersion sans écrêtage L_s
- Fréquence du générateur d'impulsions de tension de grille V_G , si elle diffère de 50 Hz
- Résistance de grille R_2 , R_3 si nécessaire
- Tension de grille G_3 (obligatoire)

6.2.2 Tensions collecteur-émetteur (V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX})

But

Vérifier que les tensions collecteur-émetteur d'un IGBT, dans des conditions spécifiées, ne sont pas inférieures aux valeurs minimales spécifiées V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX} .

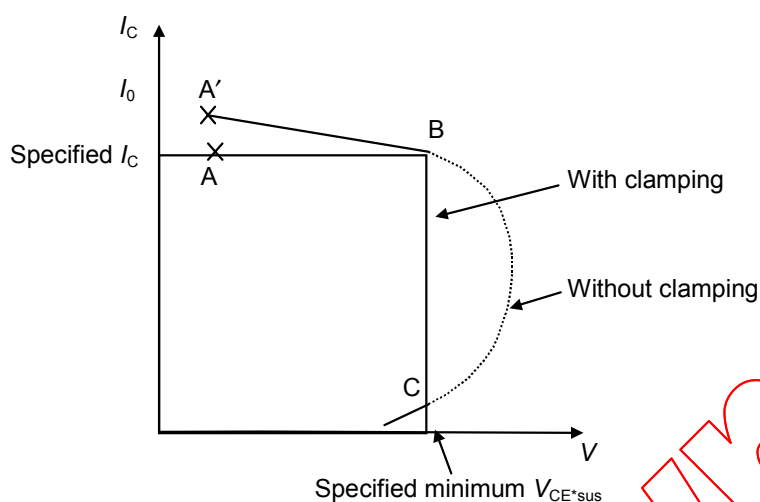


Figure 2 – Operating locus of the collector current

Precautions to be observed

In a preliminary test, the action of the clamping unit should be verified by decreasing its adjustable voltage V_2 ; then the clamping unit should be adjusted to the desired value of V_{CE} that corresponds to the specified current I_C (point B of figure 2).

Requirements

- The IGBT is satisfactory when the trace moving from point B to point C does not pass to the left of the line BC.
- When the clamping unit is not used, the IGBT is satisfactory if the trace effectively turns around point B, as shown in figure 2.

Specified conditions

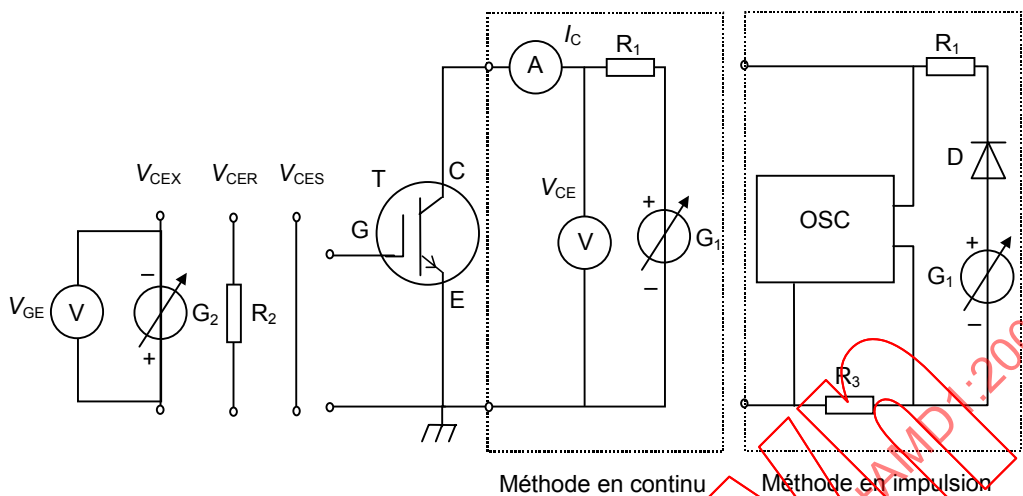
- Case or ambient or virtual junction temperature T_c or T_a or T_{vj}
- Collector current I_C
- Minimum sustaining voltage V_{CESus} , V_{CESsus}
- Value of load inductance L , where appropriate
- Value of unclamped stray inductance L_s
- Frequency of the gate voltage pulse generator V_G , if different from 50 Hz
- Gate resistor R_2 , R_3 , if available
- Gate voltage G_3 (shall be specified)

6.2.2 Collector-emitter voltages (V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX})

Purpose

To verify that an IGBT withstands the rated collector-emitter voltages V_{CES} , V_{CER} or V_{CEX} under specified conditions.

Schéma



Légende

T IGBT (dispositif à l'essai)

Figure 3 – Circuit de mesure des tensions collecteur-émetteur V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX}

Exécution

Il existe deux méthodes, l'une en continu et l'autre en impulsion. Les circuits sont donnés à la figure 3.

Régler la tension grille-émetteur à la valeur spécifiée. Régler la tension collecteur-émetteur à la valeur spécifiée. Le courant résiduel collecteur-émetteur I_C ne doit pas dépasser la valeur spécifiée.

Conditions spécifiées

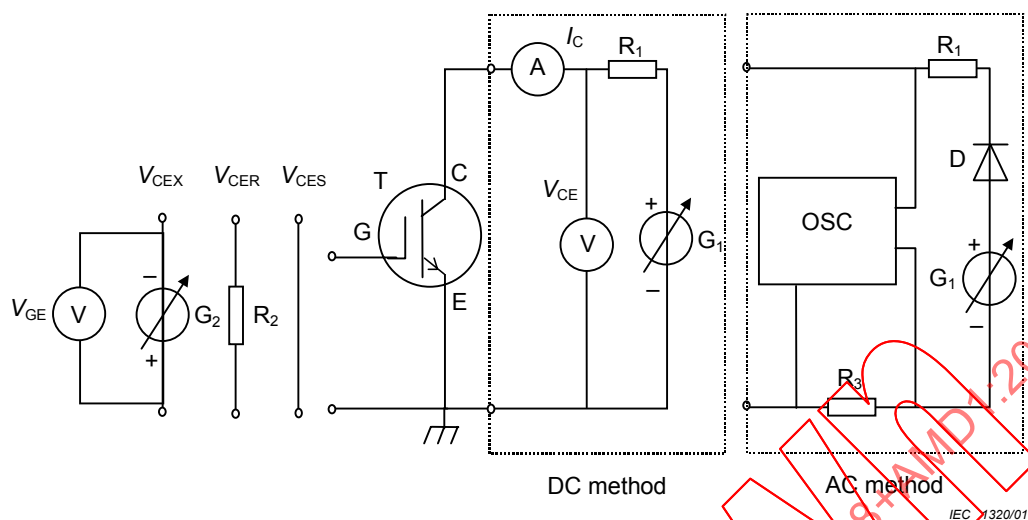
- Tension collecteur-émetteur V_{CE}
- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Tension de polarisation grille-émetteur $-V_{GE}$
- V_{CEX} : Tension grille-émetteur $-V_{GE}$
- V_{CER} : Valeur de la résistance entre grille et émetteur
- V_{CES} : Court-circuit entre grille et émetteur

6.2.3 Tension grille-émetteur ($\pm V_{GES}$)

But

Vérifier que la tension grille-émetteur d'un IGBT, dans des conditions spécifiées, n'est pas inférieure à la valeur minimale spécifiée $\pm V_{GE}$.

Circuit diagram



Key

T IGBT (device under test)

Figure 3 – Circuit for measuring the collector-emitter voltages V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX}

Test procedure

There are two methods, i.e. the d.c. method and the a.c. method with circuits according to figure 3.

The gate-emitter voltage is set to specified conditions. The collector-emitter voltage is set to the specified value. The collector-emitter leakage current I_C shall not exceed the specified value.

Specified conditions

- Collector-emitter voltage V_{CE}
- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Gate-emitter bias voltage $-V_{GE}$
- V_{CEX} : Gate-emitter voltage $-V_{GE}$
- V_{CER} : Resistor connected between gate and emitter
- V_{CES} : Short circuit between gate and emitter

6.2.3 Gate-emitter voltage ($\pm V_{GES}$)

Purpose

To verify that an IGBT withstands the rated gate emitter voltage $\pm V_{GE}$ under specified conditions.

Schéma

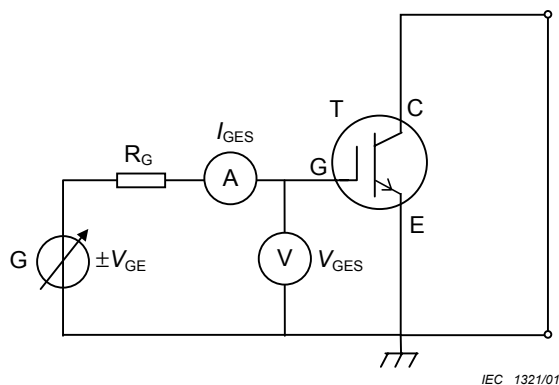


Figure 4 – Circuit de mesure de la tension grille-émetteur $\pm V_{GE}$

Exécution

La tension grille-émetteur V_{GE} est réglée à la valeur spécifiée. Le courant de fuite résiduel de grille ne doit pas être supérieur à la valeur spécifiée I_{GES} . Une petite résistance de protection R_G est à fournir.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Courant de fuite grille-émetteur I_{GES}
- Court-circuit entre collecteur et émetteur

6.2.4 Aire de sécurité en inverse (RBSOA)

But

Vérifier que l'IGBT ne présente pas de défaillance en RBSOA.

Schéma et formes d'ondes

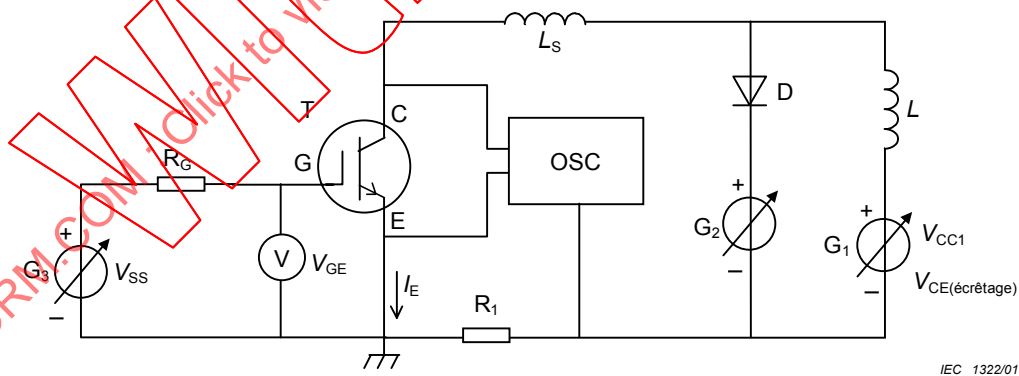


Figure 5 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en inverse (RBSOA)

Circuit diagram

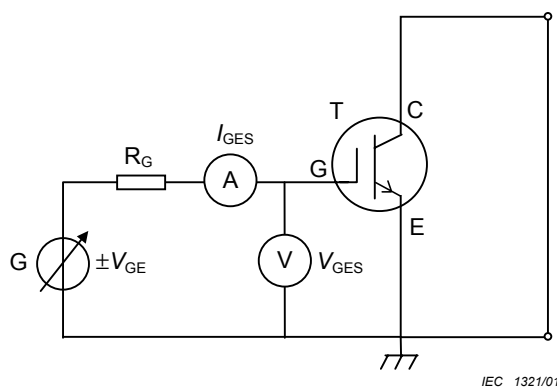


Figure 4 – Circuit for testing the gate-emitter voltage $\pm V_{GES}$

Test procedure

The gate-emitter voltage V_{GE} is set to the specified value. The gate leakage current shall not exceed the specified value I_{GES} . A small protective resistor R_G is to be provided.

Specified conditions

- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Gate-emitter leakage current I_{GES}
- Short circuit between collector and emitter

6.2.4 Reverse biased safe operating area (RBSOA)

Purpose

To verify that the IGBT operates reliably without failure in RBSOA.

Circuit diagram and waveforms

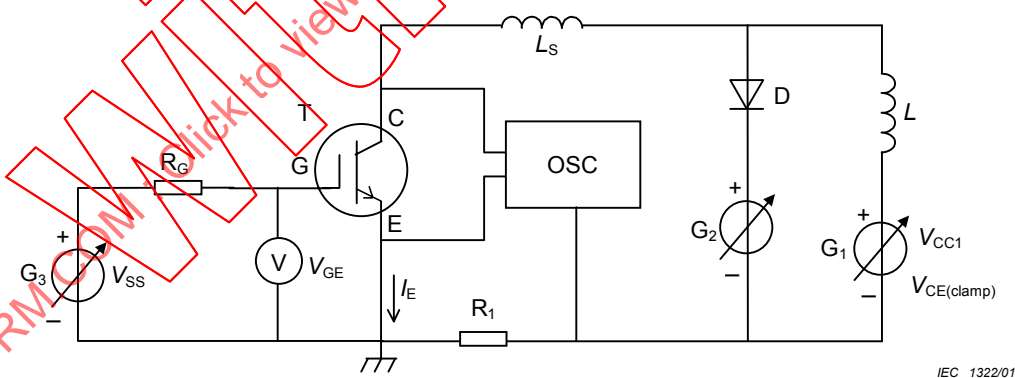


Figure 5 – Test circuit of reverse safe operating area (RBSOA)

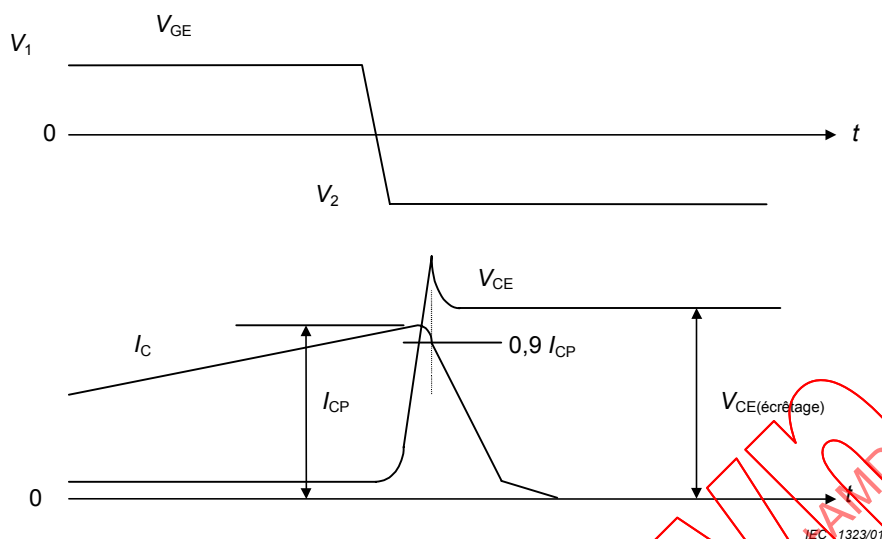


Figure 6 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} et du courant collecteur I_C à l'ouverture

Description et exigences du circuit

La valeur de l'inductance L doit être suffisamment forte pour maintenir $V_{CE(écrêtage)}$ aux bornes du dispositif à l'essai au moins avant le début du temps de décroissance t_f et du temps de trainage t_z .

Exécution

Provoquer l'ouverture du dispositif à l'essai sous I_C spécifié.

V_{CE} et I_E (I_C) sont pilotés. Le composant doit interrompre I_C et supporter $V_{CE} = V_{CE(écrêtage)}$.

NOTE La tension de pointe collecteur-émetteur V_{CEM} est inférieure à $V_{(BR)CE^+}$.

Conditions spécifiées

- Courant collecteur I_C
- Tension inverse de grille $-V_{GE}$ avant et après l'ouverture
- Tension collecteur-émetteur $V_{CE(écrêtage)}$
- Impulsion unique ou fréquence de mesure f_{sw}
- Inductance L
- Valeur de l'inductance par dispersion sans écrêtage L_s
- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Résistance de grille R_G

6.2.5 Aire de sécurité en court-circuit

But

Vérifier que l'IGBT fonctionne de façon convenable et sans défaillance en régime de court-circuit. Deux sortes de mise en court-circuit peuvent se produire. Dans le premier cas, l'IGBT commute sur un court-circuit existant. Dans le second cas, l'IGBT, déjà à l'état passant $V_{CE} = V_{CEsat}$, commute sur un court-circuit.

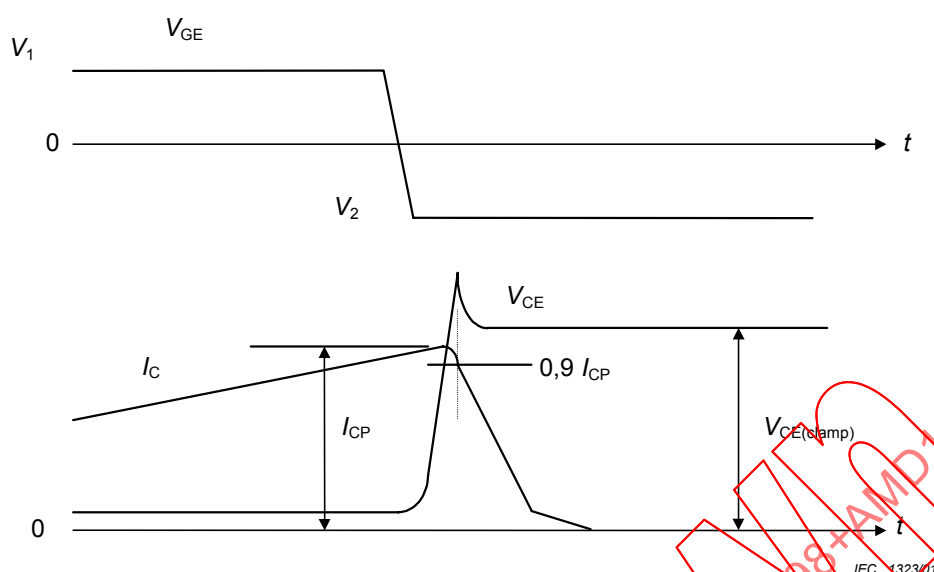


Figure 6 – Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} and collector current I_C during turn-off

Circuit description and requirements

The value of load inductance L shall be high enough to maintain $V_{CE(clamp)}$ to the DUT at least before the beginning of the fall time t_f plus the tail time t_z .

Test procedure

DUT is turned off at specified I_C .

V_{CE} and I_E (I_C) are monitored. The DUT has to turn off I_C and withstand $V_{CE} = V_{CE(clamp)}$.

NOTE Collector-emitter peak voltage $V_{CEM} < V_{(BR)CE*}$.

Specified conditions

- Collector current I_C
- Gate reverse voltage $-V_{GE}$ before and after turn-off
- Collector-emitter voltage $V_{CE(clamp)}$
- Single-pulse or testing frequency f_{sw}
- Inductance L
- Value of unclamped stray inductance L_s
- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Gate resistor R_G

6.2.5 Short-circuit safe operating area

Purpose

To verify that the IGBT operates reliably without failure during a load short-circuit condition. Two types of load short circuit can occur. The first one is to switch the IGBT on to an existing load short circuit. Another one is when the IGBT is already in the on-state $V_{CE} = V_{CEsat}$, and then the load short circuit occurs.

6.2.5.1 Aire de sécurité en court-circuit 1 (SCSOA1)

Schéma et formes d'ondes

Les figures 7 et 8 montrent le circuit de mesure de SCSOA1 et les formes d'ondes à la commutation. L'impédance du circuit principal de la figure 7 doit être suffisamment faible pour que $V_{CC} = V_{CE}$.

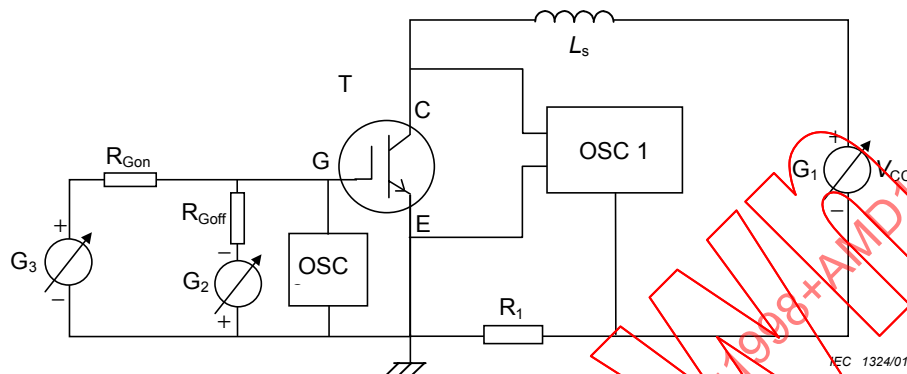


Figure 7 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en régime de court-circuit (SCSOA1)

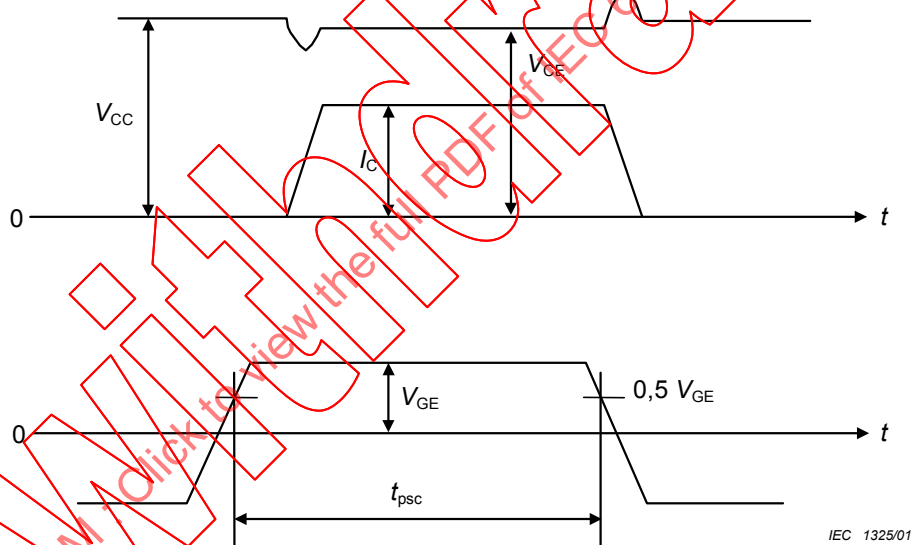


Figure 8 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} , du courant collecteur I_C et de la tension V_{CE} pendant la mesure de l'aire de sécurité en régime de court-circuit SCSOA1

Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée. Régler la tension grille-émetteur V_{GE} et la durée de l'impulsion aux valeurs spécifiées.

Régler la tension collecteur-émetteur V_{CE} à la valeur spécifiée.

Contrôler I_C , V_{CE} et V_{GE} de façon à voir si l'IGBT s'ouvre et se ferme correctement.

6.2.5.1 Short-circuit safe operating area 1 (SCSOA1)

Circuit diagram and waveforms

Figures 7 and 8 show the circuit for testing SCSOA1 and switching waveforms. The circuit impedance of the main circuit in figure 7 shall be small enough that $V_{CC} = V_{CE}$.

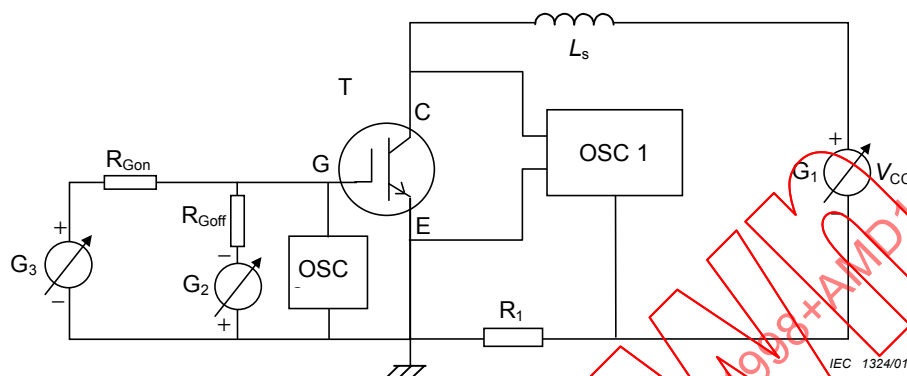


Figure 7 – Circuit for testing safe operating pulse duration at load short circuit (SCSOA1)

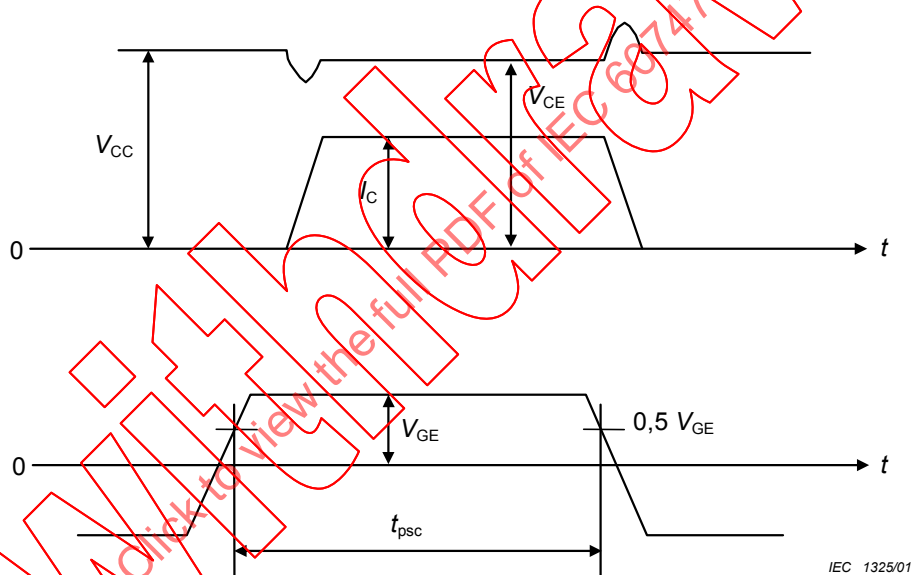


Figure 8 – Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} , collector current I_C and voltage V_{CE} during load short-circuit condition SCSOA1

Test procedure

The temperature is set to the specified value. The gate-emitter voltage V_{GE} and pulse duration are set to the specified values.

The collector-emitter voltage V_{CE} is set to the specified value.

I_C , V_{CE} and V_{GE} are monitored in order to see whether the IGBT turns on and off correctly.

Conditions spécifiées

- Tension collecteur-émetteur $V_{CE} = V_{CC}$
- Tension grille-émetteur V_{GE}
- Durée de l'impulsion t_{psc}
- Résistances de grille R_{Gon} , R_{Goff}
- Valeur de l'inductance par dispersion sans écrêtage L_s
- Température ambiante ou de boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}

6.2.5.2 Aire de sécurité en régime de court-circuit 2 (SCSOA2)

Description de la mesure

La tension grille-émetteur V_{GE} augmente par l'influence du dV_{CE}/dt de la tension collecteur-émetteur V_{CE} . Cela induit une rapide augmentation du courant collecteur et un pic d'énergie important, comme le montre la figure 10.

Schéma et formes d'ondes

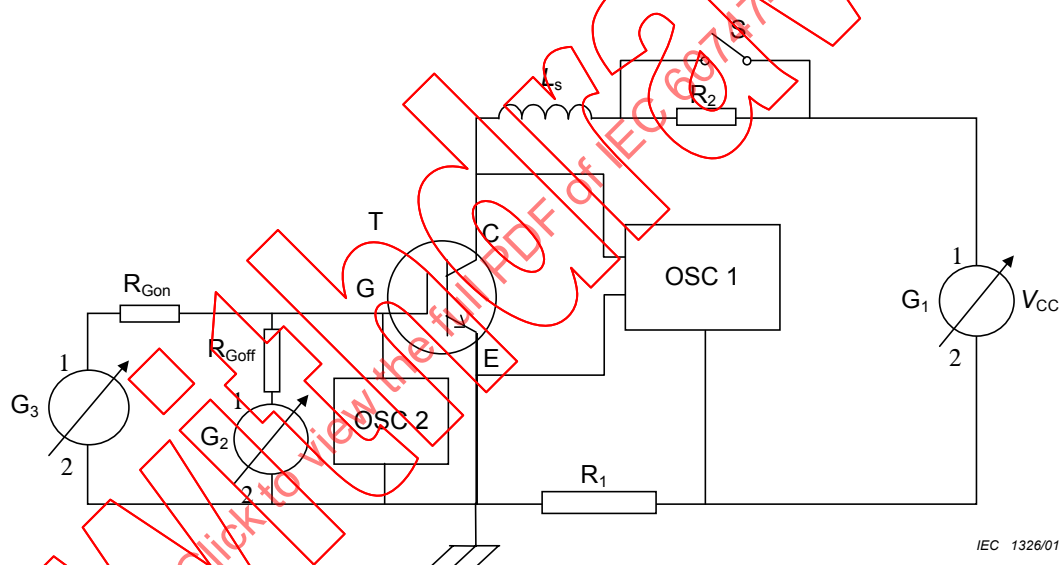


Figure 9 – Aire de sécurité en régime de court-circuit 2 (SCSOA2)

Specified conditions

- Collector-emitter voltage $V_{CE} = V_{CC}$
- Gate-emitter voltage V_{GE}
- Pulse duration t_{psc}
- Gate resistors R_{Gon} , R_{Goff}
- Value of unclamped stray inductance L_s
- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}

6.2.5.2 Short-circuit safe operating area 2 (SCSOA2)

Features of the operation

The gate voltage increases from the gate-emitter voltage V_{GE} by the dV_{CE}/dt of the collector-emitter voltage V_{CE} . It induces the fast increase of the collector current and high peak energy, as shown in figure 10.

Circuit diagram and operating waveforms

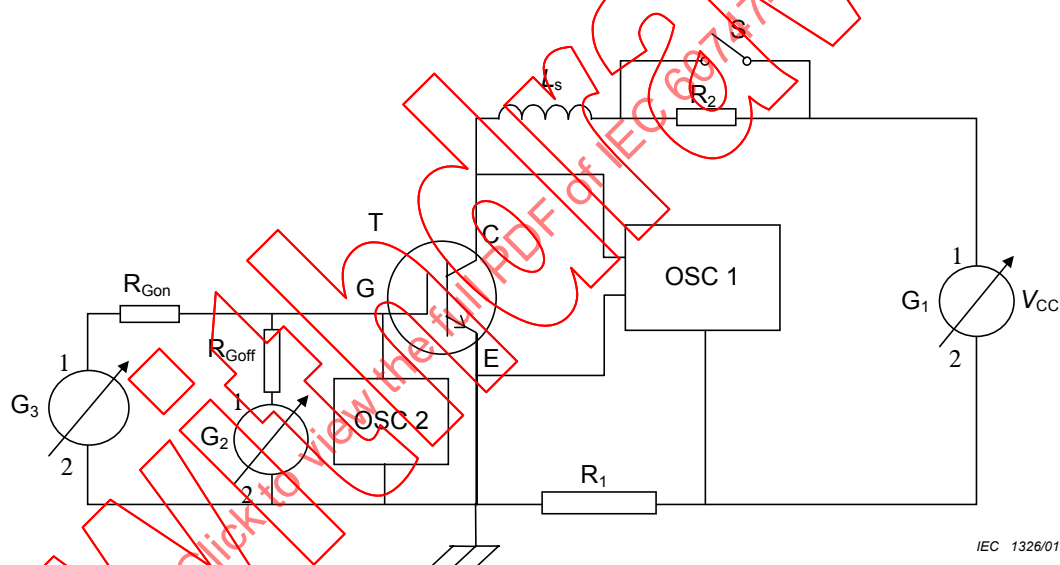


Figure 9 – Short-circuit safe operating area 2 (SCSOA2)

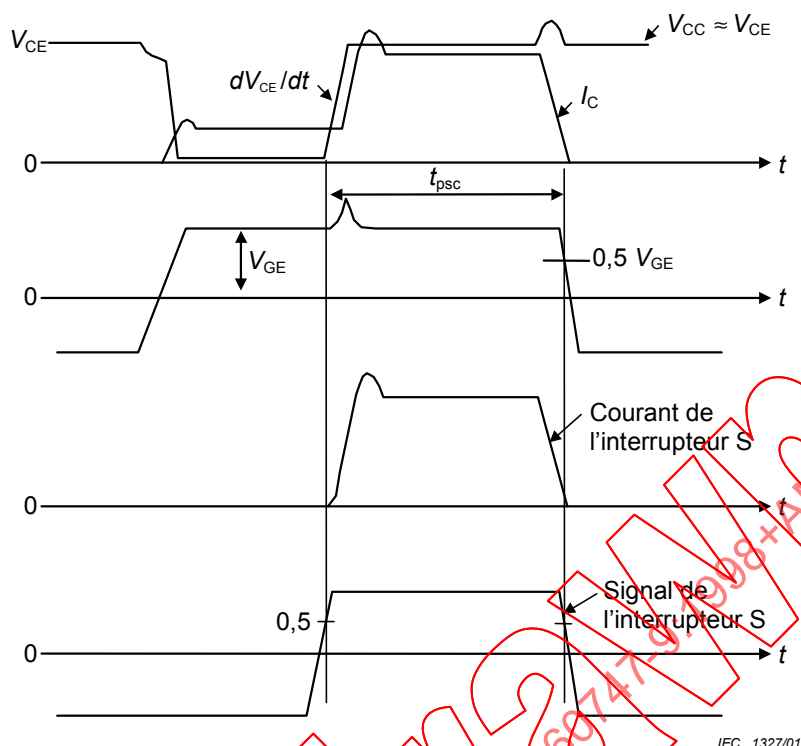


Figure 10 – Formes d'ondes pendant la mesure de SCSOA2

Il est recommandé que l'interrupteur S ait une impédance beaucoup plus faible que le dispositif à l'essai (DUT). La référence ou les caractéristiques de l'interrupteur S seront spécifiées. Une solution simple est d'utiliser le même IGBT que le dispositif à l'essai.

Exécution

Régler la température à la valeur spécifiée. Régler la tension grille-émetteur V_{GE} et la durée de l'impulsion aux valeurs spécifiées. La tension intermédiaire V_{CC} est réglée à la valeur spécifiée. Il est recommandé que le pouvoir de coupure de l'interrupteur S soit beaucoup plus important que le courant de court-circuit prévu dans le DUT. I_C , V_{CE} , V_{GE} et le signal de déclenchement de l'interrupteur S sont contrôlés afin de vérifier que l'IGBT commute correctement.

Conditions spécifiées

- Courant collecteur avant le court-circuit I_C
- Tension collecteur-émetteur $V_{CE} \approx V_{CC}$
- Tension grille-émetteur V_{GE}
- Durée de l'impulsion t_{psc}
- Résistances de grille R_{Gon} , R_{Goff}
- Valeur de l'inductance par dispersion sans écrêtage L_s
- Référence ou caractéristiques de l'interrupteur S, si limitation
- Température ambiante ou de boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}

6.2.6 Tension de décharge électrostatique

A l'étude.

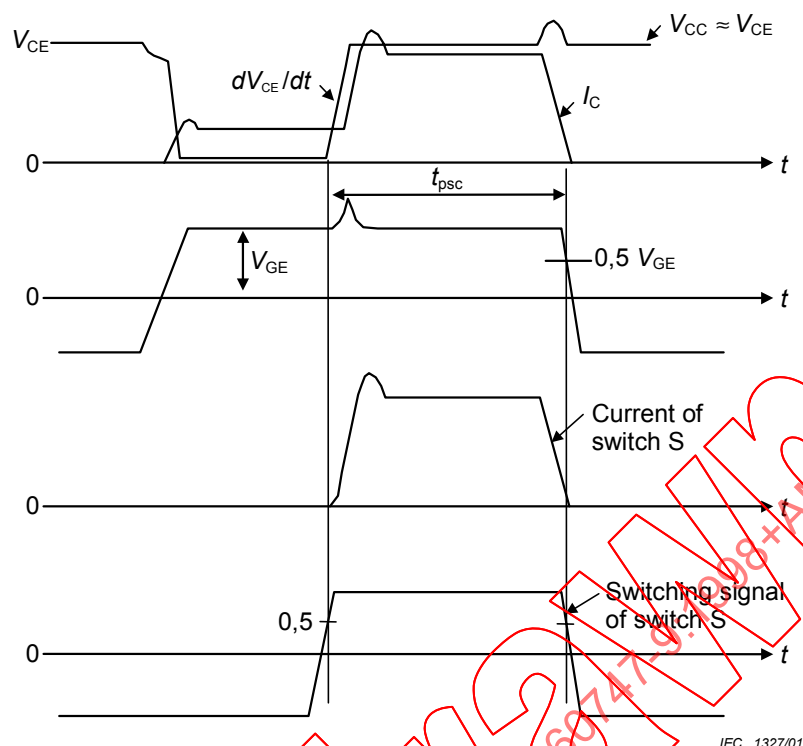


Figure 10 – Waveforms during SCSOA2

Switch S in the circuit should have a much lower impedance compared to the device under test (DUT). The type name or characteristics of switch S should be specified. An easy way is to use the same IGBT as the DUT.

Test procedure

The temperature is set to the specified value. The gate-emitter voltage V_{GE} and the pulse duration are set to the specified values. The intermediate voltage V_{CC} is set to the specified value. The current capability of switch S should be substantially larger than the expected short-circuit current of the DUT, I_C , V_{CE} , V_{GE} and the switching signal of the switch S are monitored in order to see whether the IGBT turns on and off correctly.

Specified conditions

- Collector current prior to short circuit I_C
- Collector-emitter voltage $V_{CE} \approx V_{CC}$
- Gate-emitter voltage V_{GE}
- Pulse duration t_{psc}
- Gate resistors R_{Gon} , R_{Goff}
- Value of unclamped stray inductance L_s
- Type name or characteristics of switch S, if restrictive
- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}

6.2.6 Electrostatic discharge voltage

Under consideration.

6.2.7 Courant collecteur

But

Vérifier que l'aptitude en courant collecteur d'un IGBT n'est pas inférieure à la valeur limite maximale de I_C dans les conditions spécifiées.

6.2.7.1 Méthode 1 (méthode en courant continu)

Schéma

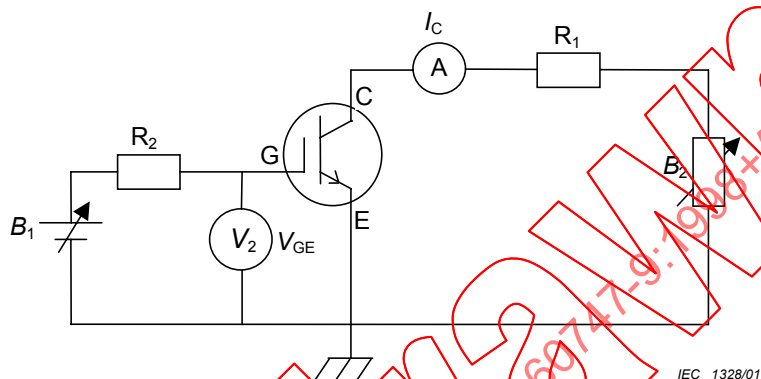


Figure 11 – Circuit de mesure du courant collecteur: méthode en courant continu

Exécution

La température (T_a ou T_c ou T_{vj}) et la tension grille-émetteur sont ajustées et maintenues aux valeurs spécifiées. La tension du générateur (B_2) est augmentée jusqu'à ce que I_C atteigne la valeur spécifiée. L'essai peut être arrêté quand l'équilibre thermique est atteint. Après l'essai, vérifier que les caractéristiques de l'IGBT sont normales.

NOTE Caractéristiques définissant la défaillance et critères de défaillance:

I_{GES} : $I_{GES} > USL$ ou $I_{GES} > 2 \text{ IMV}$

I_{CES} : $I_{CES} > USL$ ou $I_{CES} > 2 \text{ IMV}$

V_{GETO} : $V_{GETO} > USL$ ou $V_{GETO} < LSL$ ou $V_{GETO} > 1,1 \text{ IMV}$ ou $< 0,9 \text{ IMV}$

V_{CESat} : $V_{CESat} > USL$ ou $V_{CESat} > 1,1 \text{ IMV}$

USL: limite supérieure spécifiée

LSL: limite inférieure spécifiée

IMV: valeur de la mesure initiale avant l'essai

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Courant collecteur I_C
- Tension grille-émetteur V_{GE}

6.2.7 Collector current

Purpose

To verify that the collector current capability of an IGBT is not less than the maximum rated value I_C under specified conditions.

6.2.7.1 Method 1 (d.c. method)

Circuit diagram

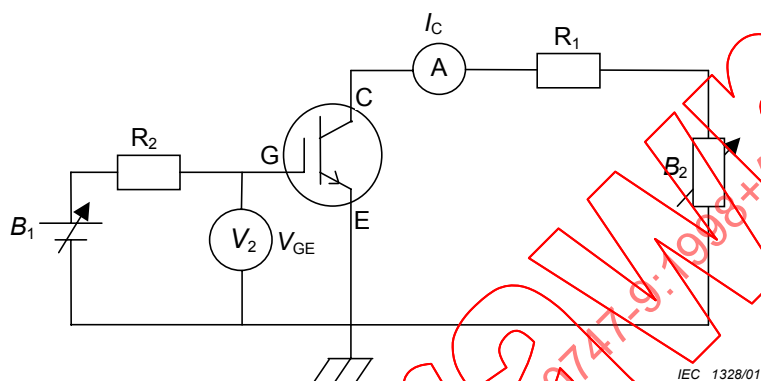


Figure 11 – Circuit for measuring collector current: d.c. method

Test procedure

The temperature (T_a or T_c or T_{vj}) and the gate-emitter voltage are set and kept to the specified values. The supply voltage (B_2) is increased until I_C reaches the specified value. The test may be stopped when thermal equilibrium has been reached. After the above test, confirm that the IGBT characteristics are normal.

NOTE Failure-defining characteristics and failure criteria:

I_{GES} : $I_{GES} > USL$ or $I_{GES} > 2 \text{ IMV}$

I_{CES} : $I_{CES} > USL$ or $I_{CES} > 2 \text{ IMV}$

V_{GETO} : $V_{GETO} > USL$ or $V_{GETO} < LSL$ or $V_{GETO} > 1,1 \text{ IMV}$ or $< 0,9 \text{ IMV}$

V_{CESat} : $V_{CESat} > USL$ or $V_{CESat} > 1,1 \text{ IMV}$

USL: upper specified limit

LSL: lower specified limit

IMV: initial measured value before the test

Specified conditions

- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Collector current I_C
- Gate-emitter voltage V_{GE}

6.2.7.2 Méthode 2 (méthode en impulsion)

Schéma

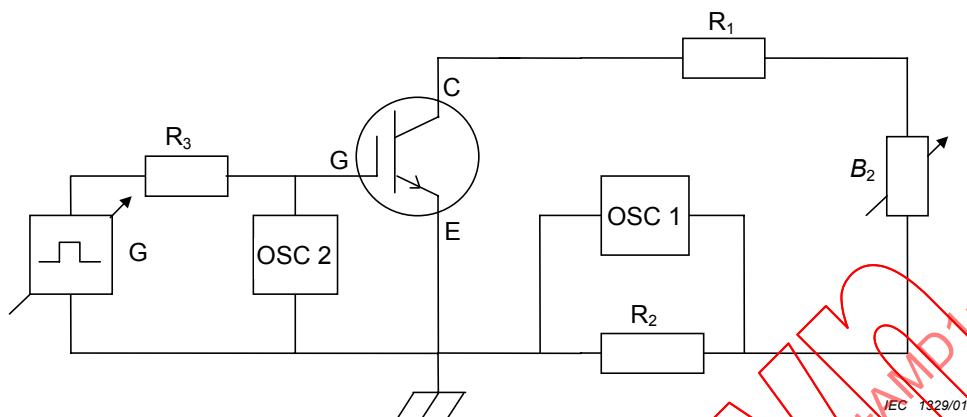


Figure 12 – Circuit de mesure du courant collecteur: méthode en impulsion

Exécution

La température (T_a ou T_c ou T_{vj}) et la tension grille-émetteur sont ajustées et maintenues aux valeurs spécifiées. La tension du générateur (B_2) est augmentée jusqu'à ce que I_C atteigne la valeur spécifiée. L'essai peut être arrêté quand l'équilibre thermique est atteint. Après l'essai, vérifier que les caractéristiques de l'IGBT sont normales.

NOTE Caractéristiques définissant la défaillance et critères de défaillance:

I_{GES} : $I_{GES} > USL$ ou $I_{GES} > 2 \text{ IMV}$

I_{CES} : $I_{CES} > USL$ ou $I_{CES} > 2 \text{ IMV}$

V_{GETO} : $V_{GETO} > USL$ ou $V_{GETO} < LSL$ ou $V_{GETO} > 1,1 \text{ IMV}$ ou $< 0,9 \text{ IMV}$

V_{CESat} : $V_{CESat} > USL$ ou $V_{CESat} > 1,1 \text{ IMV}$

USL: limite supérieure spécifiée

LSL: limite inférieure spécifiée

IMV: valeur de la mesure initiale avant l'essai

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Courant collecteur I_C
- Tension grille-émetteur en impulsion (durée, cycle)

7 Méthodes de mesure

7.1 Généralités

7.1.1 Précautions générales

Les précautions générales énumérées à l'article 1 du chapitre VII de la CEI 60747-1 s'appliquent. De plus, on prendra soin d'utiliser des alimentations continues à faibles ondulations et un découplage approprié de toutes les tensions d'alimentation de polarisation à la fréquence de mesure.

6.2.7.2 Method 2 (pulse method)

Circuit diagram

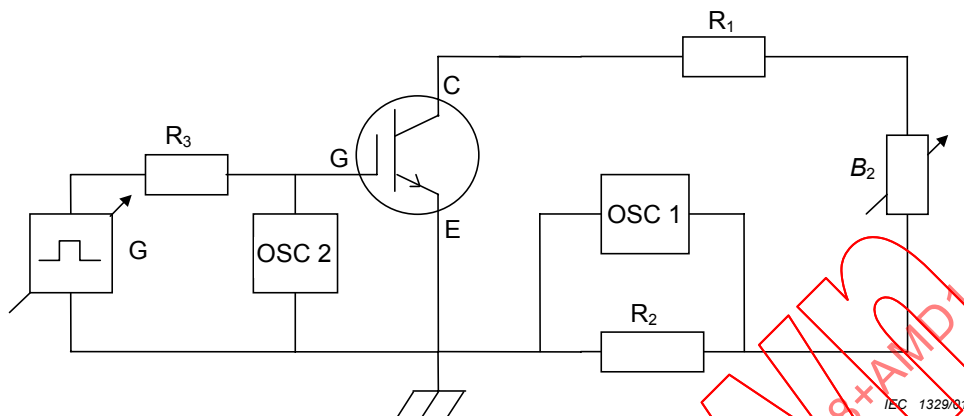


Figure 12 – Circuit for measuring collector current: pulse method

Test procedure

The temperature (T_a or T_c or T_{vj}) and the gate-emitter voltage are set and kept at the specified values. The supply voltage (B_2) is increased until I_C reaches the specified value. The test may be stopped when thermal equilibrium has been reached. After the above test, confirm that the IGBT characteristics are normal.

NOTE Failure-defining characteristics and failure criteria

I_{GES} : $I_{GES} > USL$ or $I_{GES} > 2 \text{ IMV}$

I_{CES} : $I_{CES} > USL$ or $I_{CES} > 2 \text{ IMV}$

V_{GETO} : $V_{GETO} > USL$ or $V_{GETO} < LSL$ or $V_{GETO} > 1,1 \text{ IMV}$ or $< 0,9 \text{ IMV}$

V_{CESat} : $V_{CESat} > USL$ or $V_{CESat} > 1,1 \text{ IMV}$

USL: upper specified limit

LSL: lower specified limit

IMV: initial measured value before the test

Specified conditions

- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Collector current I_C
- Pulse gate-emitter voltage (duration, duty cycle)

7 Methods of measurement

7.1 General

7.1.1 General precautions

The general precautions listed in IEC 60747-1, chapter VII, clause 1, apply. In addition, special care should be taken to use low-ripple d.c. supplies and to decouple adequately all bias supply voltages at the frequency of measurement.

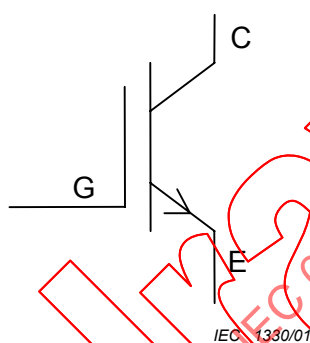
7.1.2 Précautions de manipulation

En raison de résistances d'entrée très élevées des transistors bipolaires à grille isolée, la couche isolante de la grille peut être endommagée de façon irréversible si l'on autorise la montée d'une tension excessive, par exemple à cause d'un contact avec des personnes chargées en électricité statique, de courants de fuite venant de fers à souder, etc.

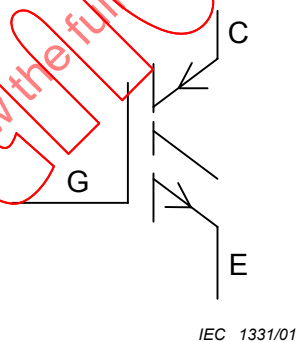
Lors de la manipulation de transistors bipolaires à grille isolée, les précautions de manipulation données à l'article 1 du chapitre IX de la CEI 60747-1 doivent par conséquent être observées.

7.1.3 Symbole graphique des transistors bipolaires à grille isolée

Il a été décidé d'utiliser le symbole graphique 05-05-19 de la CEI 60617-5 dans la présente norme comme suit.



Le symbole graphique suivant sera utilisé dans toutes les figures de la deuxième édition de la présente norme (à l'étude).



7.2 Méthodes de mesure

7.2.1 Tension de seuil grille-émetteur ($V_{GE(TO)}$)

But

Mesurer la tension de seuil grille-émetteur d'un transistor bipolaire à grille isolée dans des conditions spécifiées.

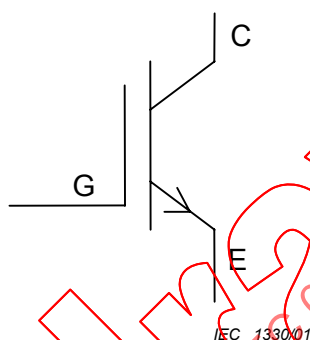
7.1.2 Handling precautions

Because of the very high input resistances of IGBTs, the gate insulation layer may be irreversibly damaged if an excessive voltage is allowed to build up, e.g. due to contact with electrostatically charged persons, leakage currents from soldering irons, etc.

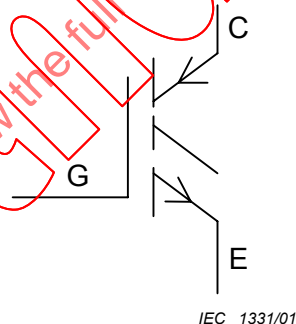
When handling IGBTs, the handling precautions given in IEC 60747-1, chapter IX, clause 1, shall therefore be observed.

7.1.3 Graphical symbol of IGBT

It has been decided that the graphical symbol used in this standard is symbol 05-05-19 of IEC 60617-5, as follows.



The following graphical symbol shall be used in all the figures of the second edition of this standard (under consideration).



7.2 Measuring methods

7.2.1 Gate-emitter threshold voltage ($V_{GE(TO)}$)

Purpose

To measure the gate-emitter threshold voltage of an IGBT under specified conditions.

Schéma

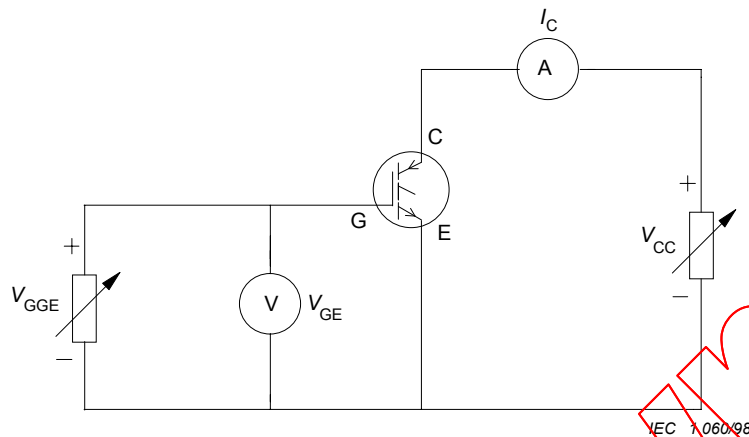


Figure 13 – Schéma de base pour la mesure de la tension de seuil grille-émetteur

Exécution

Placer le transistor bipolaire à grille isolée dans le support de mesure. Augmenter la tension grille-émetteur V_{GE} jusqu'à l'obtention du courant collecteur spécifié I_C . Mesurer la tension grille-émetteur à ce courant.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier
- Tension collecteur-émetteur
- Courant collecteur

7.2.2 Courant de fuite de grille (I_{GES})

But

Mesurer le courant de fuite grille-émetteur d'un transistor bipolaire à grille isolée dans des conditions spécifiées.

Circuit diagram

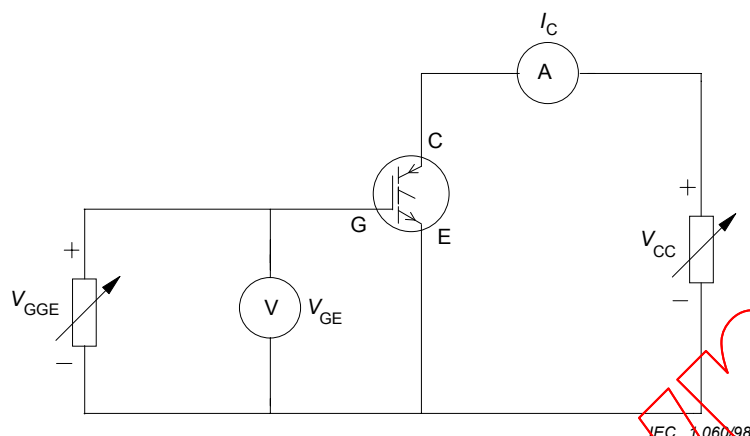


Figure 13 – Basic circuit for measuring the gate-emitter threshold voltage

Measurement procedure

The IGBT is put into the measurement socket. The gate-emitter voltage V_{GE} is increased until the specified collector current I_C is reached. The gate-emitter voltage at this current is measured.

Specified conditions

- Ambient or case temperature
- Collector-emitter voltage
- Collector current

7.2.2 Gate leakage current (I_{GES})

Purpose

To measure the gate-emitter leakage current of an IGBT under specified conditions.

Schéma

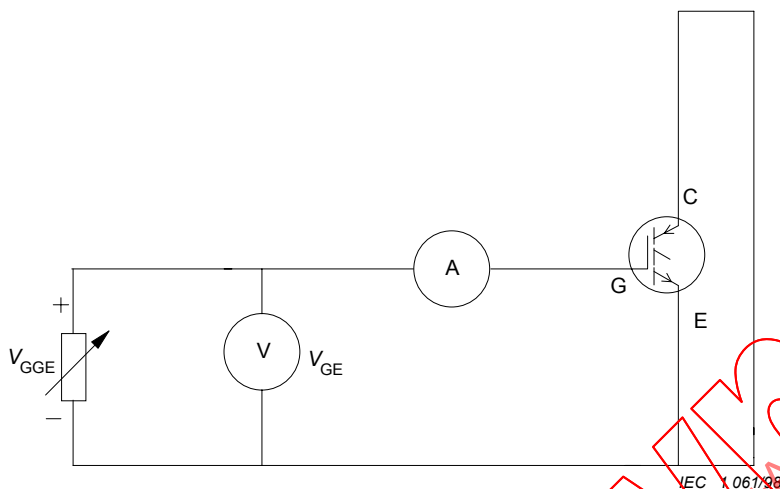


Figure 14 – Circuit pour la mesure du courant de fuite de grille

Exécution

Régler la tension grille-émetteur à la valeur spécifiée. Mesurer la valeur du courant de fuite grille-émetteur.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier
- Tension grille-émetteur

7.2.3 Dissipation de puissance à l'établissement (P_{on}), dissipation d'énergie à l'établissement (par impulsion) (E_{on})

But

Déterminer la dissipation de puissance à l'établissement et/ou la dissipation d'énergie à l'établissement par impulsion pour un transistor bipolaire à grille isolée dans des conditions spécifiées pour une charge résistive.

Généralités

Dans la configuration pratique, il convient de minimiser les inductances parasites.

Circuit diagram

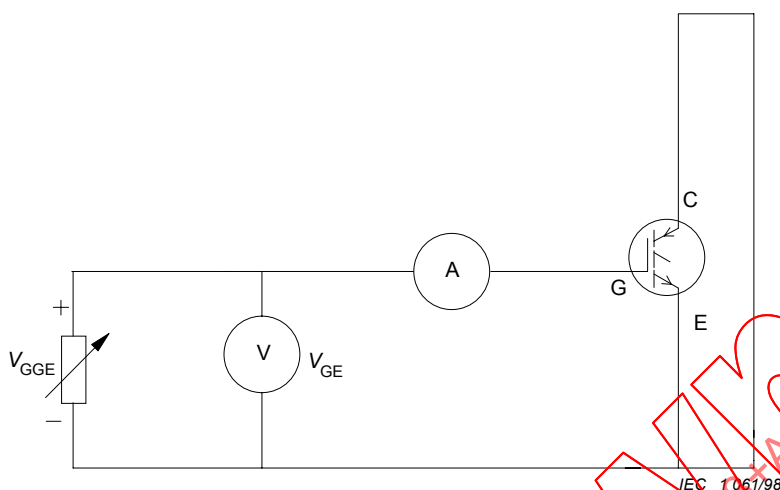


Figure 14 – Circuit for measuring the gate leakage current

Measurement procedure

The gate-emitter voltage is set to the specified value. The gate-emitter leakage current is measured.

Specified conditions

- Ambient or case temperature
- Gate-emitter voltage

7.2.3 Turn-on power dissipation (P_{on}), turn-on energy (per pulse) (E_{on})

Purpose

To determine the turn-on power dissipation and/or the turn-on energy per pulse of an IGBT under specified conditions at resistive load.

General

In the practical layout, parasitic inductances should be minimized.

Schéma

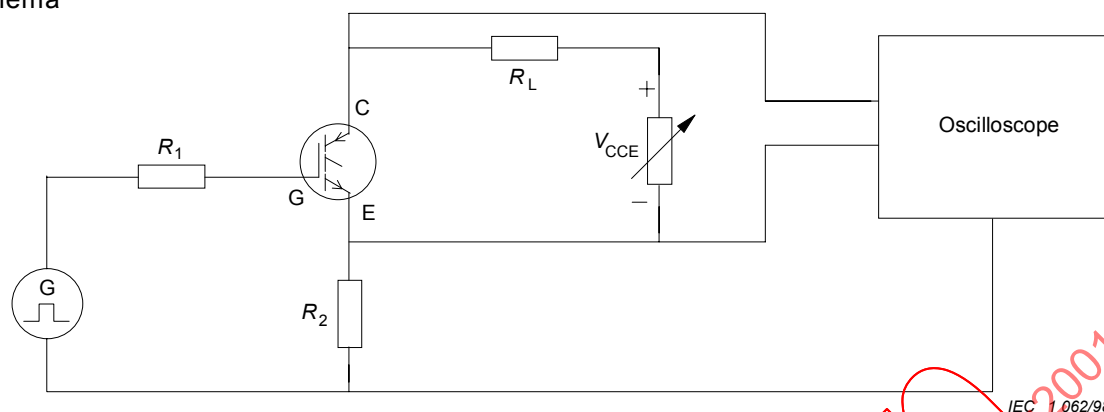


Figure 15 – Circuit pour la détermination de la dissipation de puissance et/ou d'énergie pendant la durée de l'établissement

Description et exigences du circuit

G est un générateur pour impulsions rectangulaires présentant une résistance interne faible en comparaison de la résistance de grille R_1 . Il convient que le temps de croissance des impulsions à la sortie du générateur soit inférieur à $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, où C_{ies} est la capacité d'entrée du transistor bipolaire à grille isolée en essai. R_2 est une résistance pour la mesure du courant. Il est possible de la remplacer par toute autre sonde de courant appropriée.

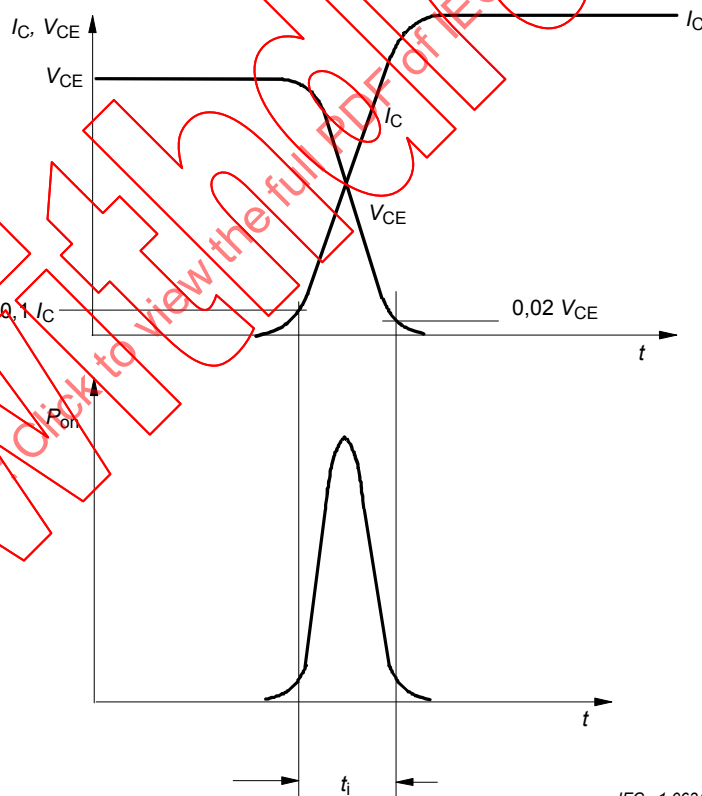


Figure 16 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C , de la tension collecteur-émetteur V_{CE} et de leur produit $I_C \cdot V_{CE} = P_{on}$ au cours de l'établissement. t_i est le temps d'intégration pour le calcul de la dissipation en énergie à l'établissement:

$$E_{on} = \int_0^{t_i} I_C \cdot V_{CE} \cdot dt$$

Circuit diagram

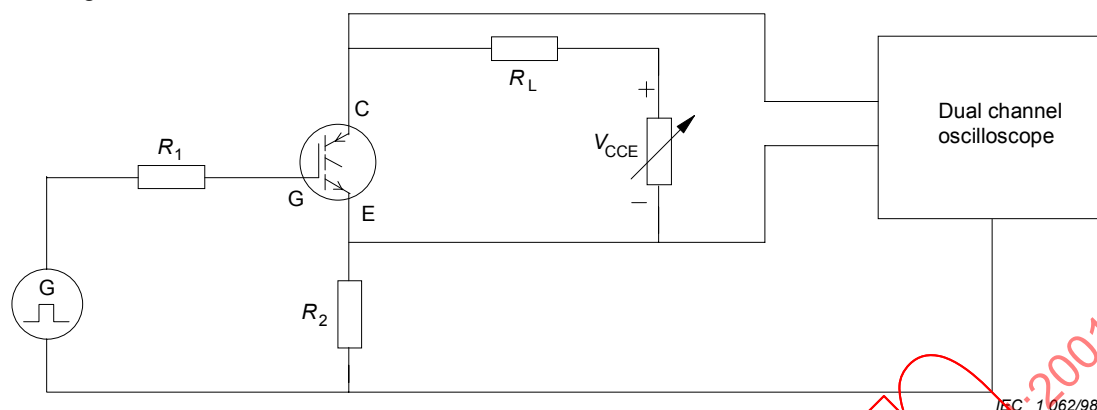


Figure 15 – Circuit for determining the turn-on power dissipation and/or energy

Circuit description and requirements

G is a generator for rectangular pulses having an internal resistance which is small compared to the gate resistance R_1 . The rise time of the pulses at the generator output should be smaller than $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, where C_{ies} is the input capacitance of the IGBT under test. R_2 is a current measuring resistor. In its place, any other appropriate current probe may be used.

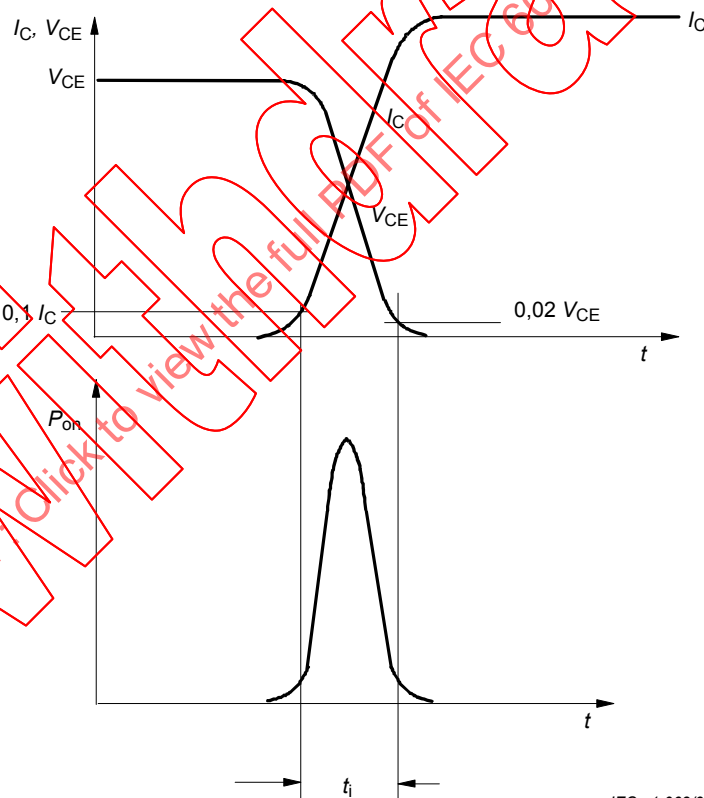


Figure 16 – Waveforms of the collector current I_C , collector-emitter voltage V_{CE} and their product $I_C \cdot V_{CE} = P_{on}$ during turn-on. t_i is the integration time for calculating the turn-on energy:

$$E_{on} = \int_0^{t_i} I_C \cdot V_{CE} \cdot dt$$

Exécution

L'amplitude de l'impulsion de tension de grille V_{GGM} et la tension d'alimentation collecteur-émetteur V_{CCE} sont ajustées aux valeurs spécifiées. Les formes d'ondes du courant collecteur I_C et de la tension collecteur-émetteur V_{CE} sont visualisées sur l'écran de l'oscilloscope. L'énergie d'établissement par impulsion correspond alors à l'intégrale du produit des deux grandeurs dans le temps. La dissipation de puissance à l'établissement pour une quelconque fréquence de répétition correspond au produit de cette fréquence et de la dissipation d'énergie à l'établissement par impulsion déterminée par l'intégration.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou température du boîtier
- Tension collecteur-émetteur avant établissement
- Courant collecteur I_C après établissement
- Résistance R_1 dans le circuit grille-émetteur
- Forme d'impulsion de la tension de grille: amplitude, temps de croissance, durée
- Fréquence de répétition d'impulsion
- Temps d'intégration t_i

7.2.4 Dissipation de puissance à la coupure (P_{off}), dissipation d'énergie à la coupure (E_{off})

But

Déterminer la dissipation de puissance à la coupure et/ou la dissipation d'énergie à la coupure par impulsion d'un transistor bipolaire à grille isolée dans des conditions spécifiées pour une charge inductive.

Généralités

Dans la configuration pratique, il convient de minimiser les inductances parasites.

Schéma

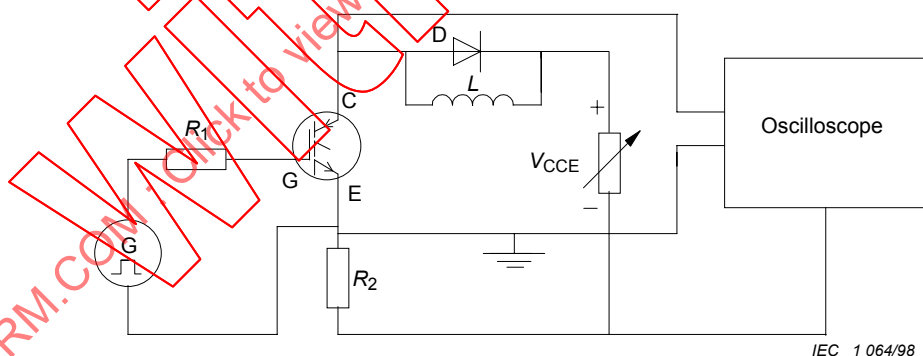


Figure 17 – Circuit pour la détermination de la dissipation de puissance et/ou d'énergie à la coupure pour une charge inductive L

Description et exigences du circuit

G est un générateur pour impulsion rectangulaire ayant une résistance interne faible en comparaison de la résistance de grille R_1 . Il convient que le temps de croissance des impulsions à la sortie du générateur soit inférieur à $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, C_{ies} étant la capacité d'entrée du transistor bipolaire à grille isolée à l'essai. R_2 est une résistance pour la mesure du courant. A sa place, toute autre sonde de courant appropriée peut être utilisée.

Measurement procedure

The gate voltage pulse amplitude V_{GGM} and the collector-emitter supply voltage V_{CCE} are set to the specified values. The waveforms of the collector current I_C and the collector-emitter voltage V_{CE} are displayed on the oscilloscope screen. The turn-on energy per pulse is then the integral of the product of the two magnitudes over the time. The turn-on power dissipation at any repetition frequency is the product of this frequency and the turn-on energy per pulse as determined by the integration.

Specified conditions

- Ambient or case temperature
- Collector-emitter voltage before turn-on
- Collector current I_C after turn-on
- Resistance R_1 in the gate-emitter circuit
- Gate voltage pulse shape: amplitude, rise time, duration
- Pulse repetition rate
- Integration time t_i

7.2.4 Turn-off power dissipation (P_{off}), turn-off energy (per pulse) (E_{off})

Purpose

To determine the turn-off power dissipation and/or the turn-off energy per pulse of an IGBT under specified conditions at inductive load.

General

In the practical layout, parasitic inductances should be minimized.

Circuit diagram

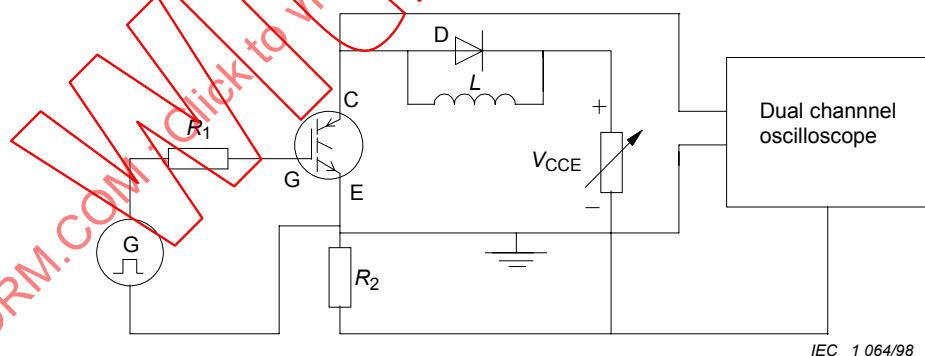


Figure 17 – Circuit for determining the turn-off power dissipation and/or energy at inductive L

Circuit description and requirements

G is a generator for rectangular pulses having an internal resistance which is small compared to the gate resistance R_1 . The rise time of the pulses at the generator output should be smaller than $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, where C_{ies} is the input capacitance of the IGBT under test. R_2 is a current measuring resistor. In its place, any other appropriate current probe may be used.

Exécution

Régler l'amplitude de tension de grille V_{GGM} et la tension d'alimentation collecteur-émetteur V_{CE} aux valeurs spécifiées. Les formes d'ondes du courant collecteur I_C et de la tension collecteur-émetteur V_{CE} sont visualisées sur l'écran de l'oscilloscope. La dissipation d'énergie à la coupure par impulsion est alors égale à l'intégrale du produit des deux grandeurs dans le temps. La dissipation de puissance à la coupure à une quelconque fréquence de répétition est le produit de cette fréquence et de la dissipation d'énergie à la coupure par impulsion déterminée par l'intégration.

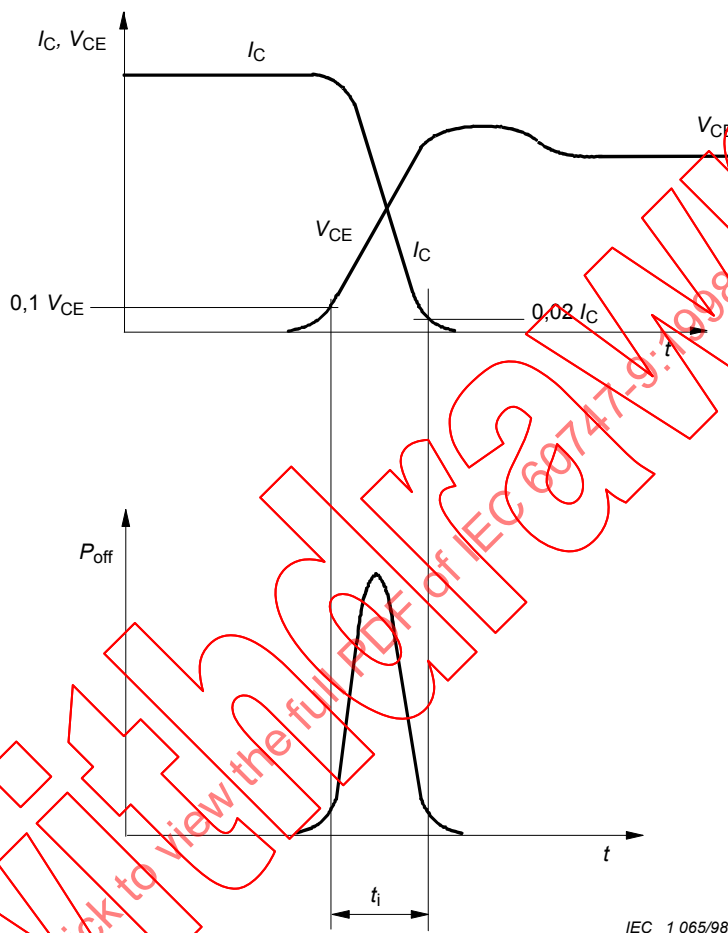


Figure 18 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C , de la tension collecteur-émetteur V_{CE} et de leur produit $I_C \cdot V_{CE} = P_{off}$ à la coupure. t_i est le temps d'intégration pour calculer la dissipation en énergie à la coupure:

$$E_{off} = \int_0^{t_i} I_C \cdot V_{CE} \cdot dt$$

Conditions spécifiées:

- Température ambiante ou de boîtier
- Courant collecteur I_C avant coupure
- Tension collecteur-émetteur V_{CE} après coupure
- Inductance de charge L
- Résistance R_1 , dans le circuit grille-émetteur
- Forme d'impulsion de tension de grille: amplitude, temps de croissance, durée
- Fréquence de répétition d'impulsion
- Temps d'intégration t_i

Measurement procedure

The gate voltage amplitude V_{GGM} and the collector-emitter supply voltage V_{CCE} are set to the specified values. The waveforms of collector current I_C and collector-emitter voltage V_{CE} are displayed on the oscilloscope screen. The turn-off energy per pulse is then the integral of the product of the two magnitudes over the time. The turn-off power dissipation at any repetition frequency is the product of this frequency and the turn-off energy per pulse as determined by the integration.

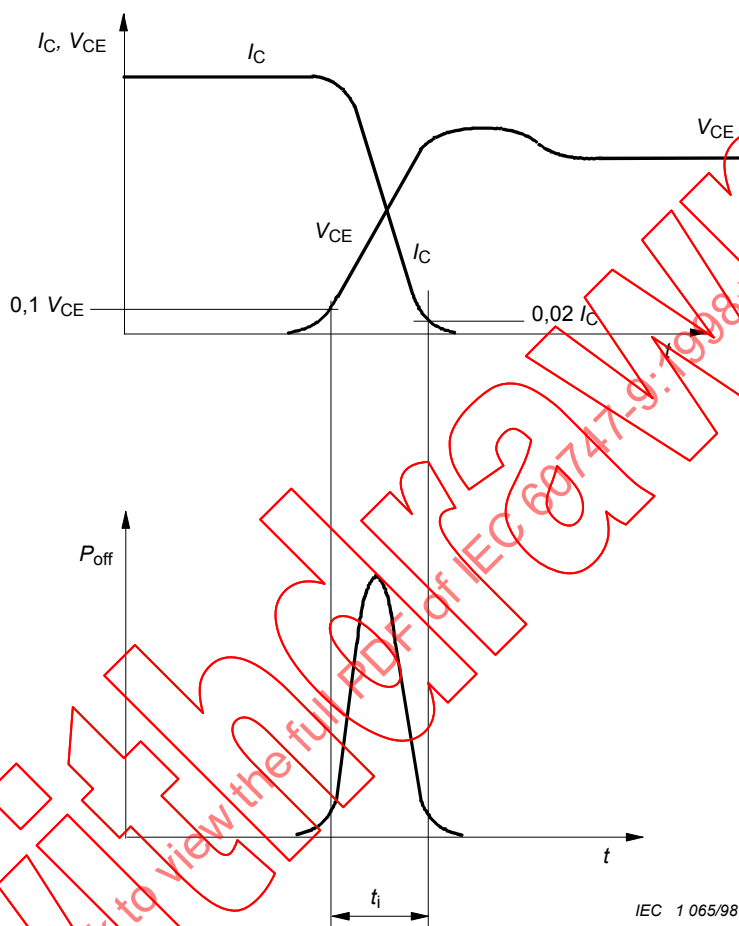


Figure 18 – Waveforms of collector current I_C , collector-emitter voltage V_{CE} and their product $I_C \cdot V_{CE} = P_{off}$ during turn-off. t_i is the integration time for calculating the turn-off energy:

$$E_{off} = \int_0^{t_i} I_C \cdot V_{CE} \cdot dt$$

Specified conditions:

- Ambient or case temperature
- Collector current I_C before turn-off
- Collector-emitter voltage V_{CE} after turn-off
- Load inductance L
- Resistance R_1 in the gate-emitter circuit
- Gate voltage pulse shape: amplitude, rise time, duration
- Pulse repetition rate
- Integration time t_i

7.2.5 Temps total d'établissement (t_{on}), temps de retard à l'établissement ($t_{d(on)}$), temps de croissance (t_r)

But

Mesurer les intervalles de temps à l'établissement d'un transistor bipolaire à grille isolée dans des conditions spécifiées pour une charge résistive.

Généralités

Dans la configuration pratique, il convient de minimiser les inductances parasites.

Schéma

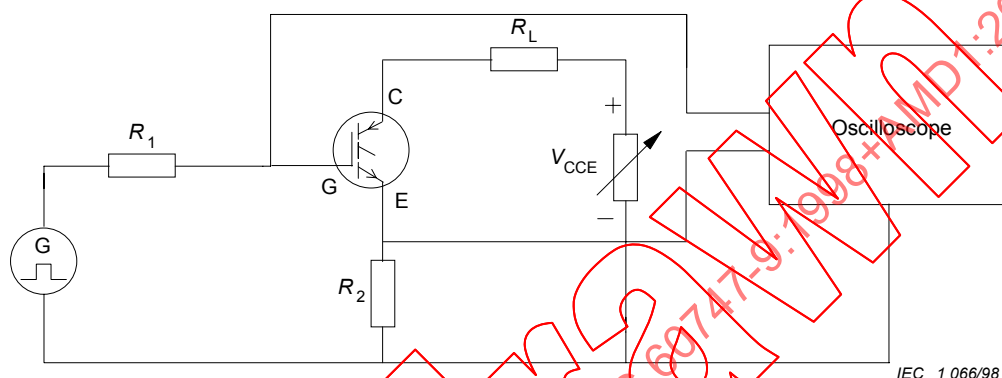


Figure 19 – Circuit pour la mesure du temps total d'établissement t_{on} , du temps de retard à l'établissement ($t_{d(on)}$) et du temps de croissance t_r

Description et exigences du circuit

G est un générateur pour impulsions rectangulaires ayant une résistance interne faible en comparaison de la résistance de grille R_1 . Il convient que le temps de croissance des impulsions à la sortie du générateur soit inférieur à $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, C_{ies} étant la capacité d'entrée du transistor bipolaire à grille isolée à l'essai. R_2 est une résistance pour la mesure du courant. A sa place, toute autre sonde de courant appropriée peut être utilisée.

7.2.5 Turn-on time (t_{on}), turn-on delay time ($t_{d(on)}$), rise time (t_r)

Purpose

To measure the turn-on time intervals of an IGBT under specified conditions at resistive load.

General

In the practical layout, parasitic inductances should be minimized.

Circuit diagram

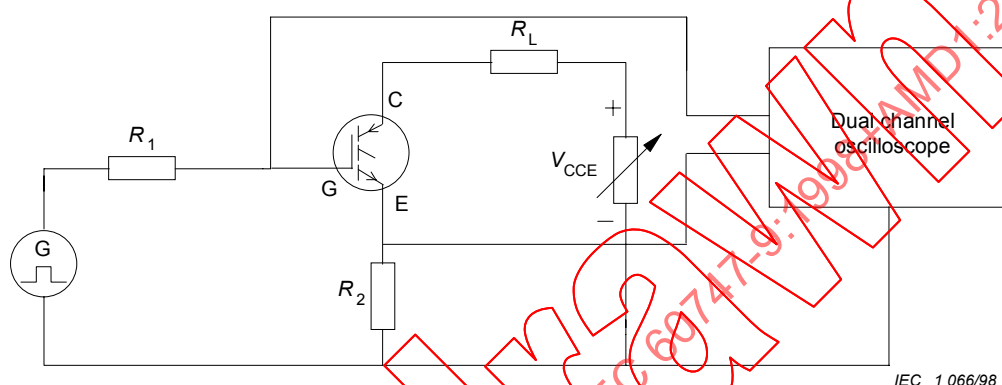


Figure 19 – Circuit for measuring the turn-on time t_{on} , turn-on delay time $t_{d(on)}$ and rise time t_r

Circuit description and requirements

G is a generator for rectangular pulses having an internal resistance which is small compared to the gate resistance R_1 . The rise time of the pulses at the generator output should be smaller than $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, where C_{ies} is the input capacitance of the IGBT under test. R_2 is a current measuring resistor. In its place, any other appropriate current probe may be used.

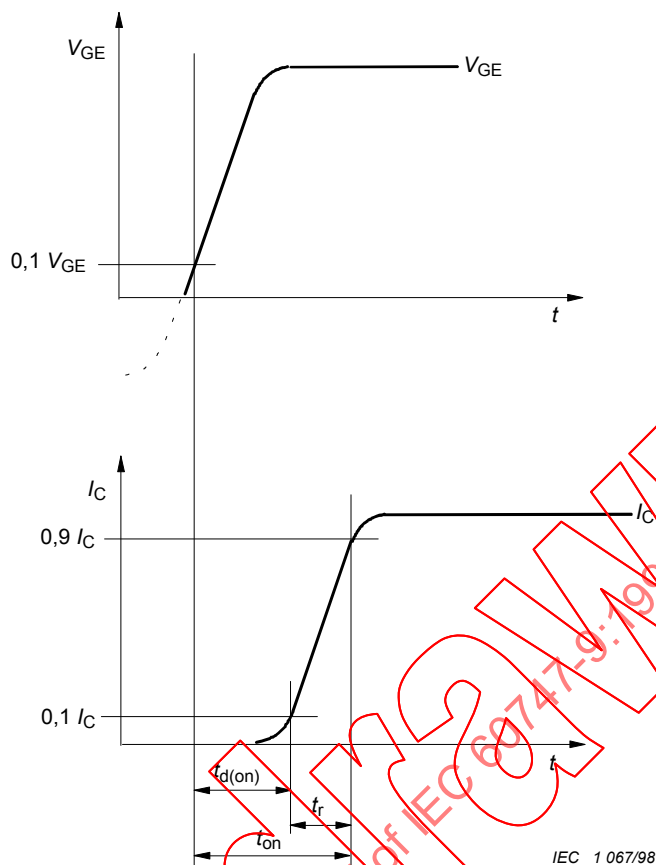


Figure 20 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} et du courant collecteur I_C à l'établissement

Exécution

Placer le transistor bipolaire à grille isolée dans le support de mesure. Régler l'amplitude d'impulsion de tension de grille V_{GEM} et la tension d'alimentation V_{CCE} aux valeurs spécifiées. Les formes d'ondes de la tension de grille V_{GE} et du courant collecteur I_C sont visualisées sur l'écran de l'oscilloscope à partir duquel les intervalles de temps $t_{d(on)}$, t_r et t_{on} peuvent être lus.

Conditions spécifiées:

- Température ambiante ou de boîtier
- Courant collecteur de pointe I_{CM}
- Résistance R_1 dans le circuit grille-émetteur
- Forme d'impulsion de tension de grille: amplitude, durée, temps de croissance

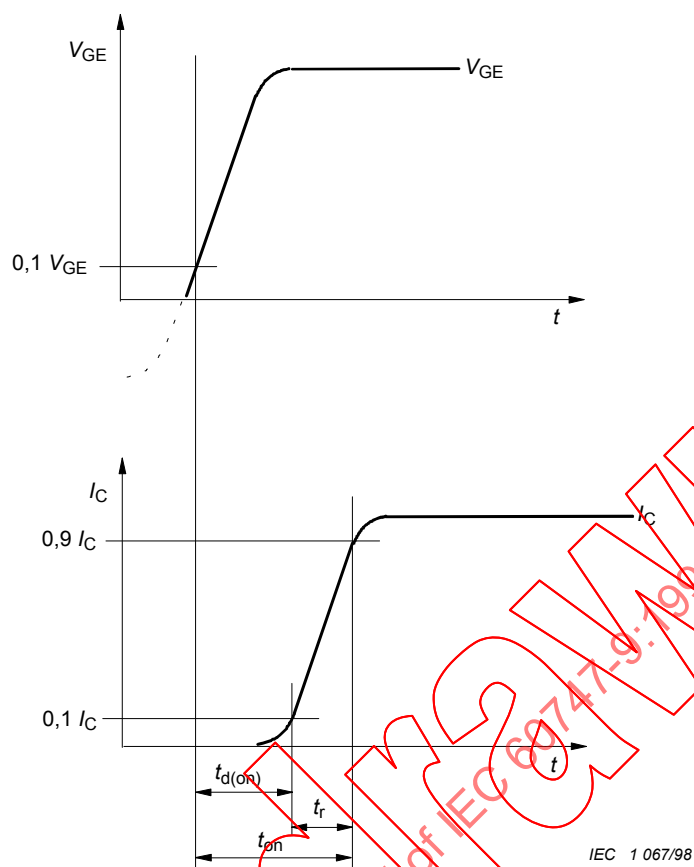


Figure 20 – Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} and collector current I_C during turn-on

Measurement procedure

The IGBT is put into the measurement socket. The gate-voltage pulse amplitude V_{GGM} and the supply voltage V_{CCE} are set to the specified values. The waveforms of gate voltage V_{GE} and collector current I_C are displayed on the oscilloscope screen from which the time intervals $t_{d(on)}$, t_r and t_{on} may be read.

Specified conditions:

- Ambient or case temperature
- Peak collector current I_{CM}
- Resistance R_1 in the gate-emitter circuit
- Gate voltage pulse shape: amplitude, duration, rise time

7.2.6 Temps total de coupure (t_{off}), temps de retard à la coupure ($t_{d(off)}$), temps de décroissance (t_f)

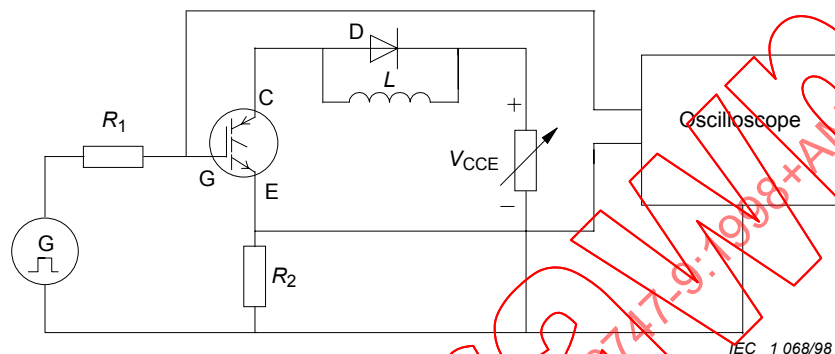
But

Mesurer les intervalles de temps à la coupure d'un transistor bipolaire à grille isolée dans des conditions spécifiées pour une charge inductive et résistive.

Généralités

Dans la configuration pratique, il convient de minimiser les inductances parasites.

Schéma



NOTE Si l'inductance L et la diode à roue libre D sont remplacées par une résistance de faible inductance, les intervalles de temps sont mesurés pour une charge résistive.

Figure 21 – Circuit pour la mesure du temps total de coupure t_{off} , du temps de retard à la coupure $t_{d(off)}$ et du temps de décroissance t_f pour une charge inductive

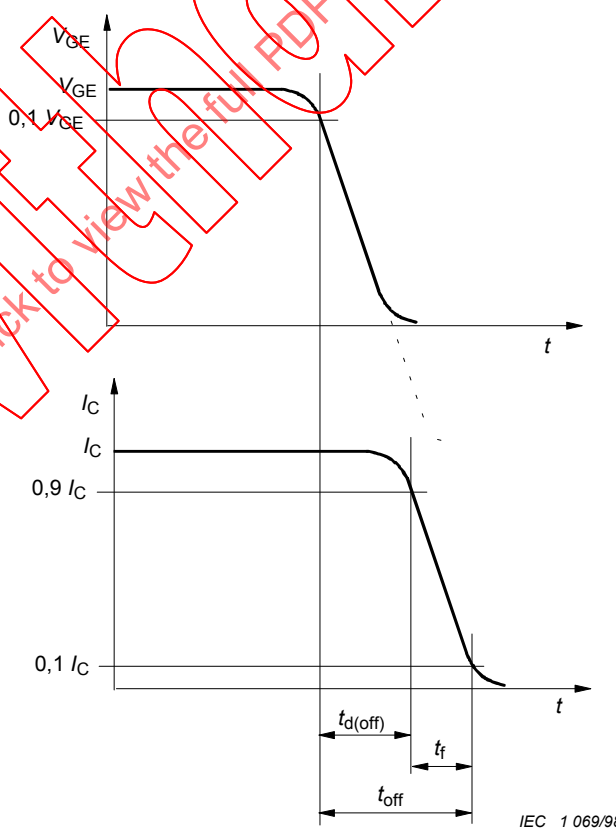


Figure 22 – Formes d'ondes de la tension de grille V_{GE} et du courant collecteur I_C à la coupure

7.2.6 Turn-off time (t_{off}), turn-off delay time ($t_{\text{d(off)}}$), fall time (t_{f})

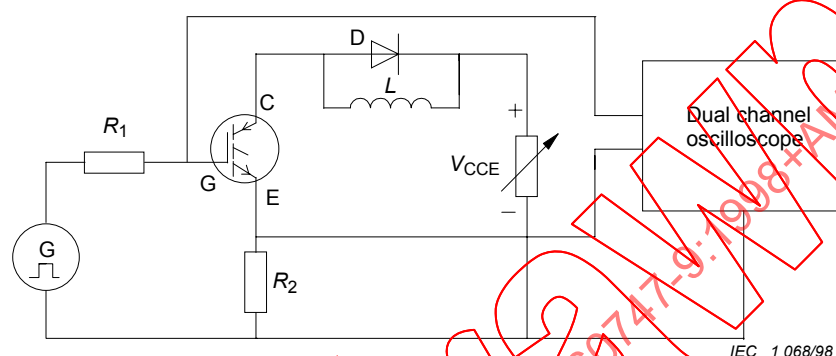
Purpose

To measure the turn-off time intervals of an IGBT under specified conditions at inductive and resistive load.

General

In the practical layout, parasitic inductances should be minimized.

Circuit diagram



NOTE If the inductance L and the free-wheeling diode D are replaced by a low inductance resistor, the time intervals are measured at resistive load.

Figure 21 – Circuit for measuring the turn-off time t_{off} , turn-off delay time $t_{\text{d(off)}}$ and fall time t_{f} at load

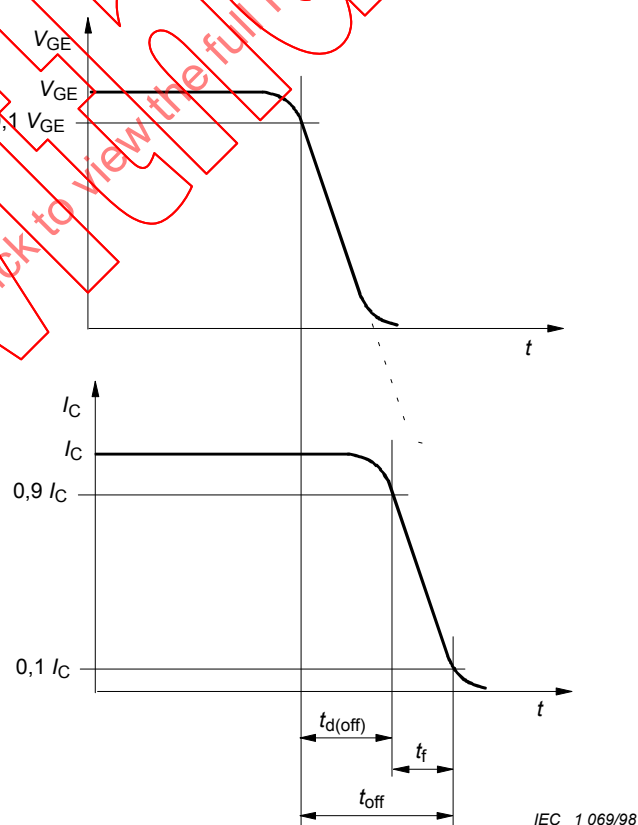


Figure 22 – Waveforms of gate voltage V_{GE} and collector current I_{C} during turn-off

Description et exigences du circuit

G est un générateur pour impulsions rectangulaires ayant une résistance interne faible en comparaison de la résistance de grille R_1 . Il convient que le temps de croissance des impulsions à la sortie du générateur soit inférieur à $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, C_{ies} étant la capacité d'entrée du transistor bipolaire à grille isolée à l'essai. Il est possible d'accompagner la coupure d'une impulsion de grille négative. R_2 est une résistance pour la mesure du courant. A sa place, toute autre sonde de courant appropriée peut être utilisée.

Exécution

Placer le transistor bipolaire à grille isolée dans le support de mesure. Régler l'amplitude d'impulsion d'entrée V_{GGM} et la tension d'alimentation V_{CCE} aux valeurs spécifiées. Les formes d'ondes de la tension de grille V_{GE} et du courant collecteur I_C sont visualisées sur l'écran de l'oscilloscope à partir duquel les intervalles de temps $t_{d(off)}$, t_f et t_{off} peuvent être lus.

Conditions spécifiées:

- Température ambiante ou de boîtier
- Inductance de charge L
- Résistance R_1 dans le circuit grille-émetteur
- Forme d'impulsion de tension de grille: amplitude, durée, temps de croissance (y compris l'impulsion de grille négative le cas échéant)

7.2.7 Résistance thermique jonction-boîtier ($R_{th(j-c)}$) et impédance thermique transitoire jonction-boîtier ($Z_{th(j-c)}$)

7.2.7.1 Méthode 1

But

Mesurer la résistance thermique jonction-boîtier et/ou l'impédance thermique transitoire jonction-boîtier d'un transistor bipolaire à grille isolée.

La mesure est faite en deux étapes:

- a) détermination du coefficient de température de la tension collecteur-émetteur au courant de mesure faible;
- b) mesure de la réponse du transistor bipolaire à grille isolée à un changement de la dissipation de puissance interne.

Circuit description and requirements

G is a generator for rectangular pulses having an internal resistance which is small compared to the gate resistor R_1 . The rise time of the pulses at the generator output should be smaller than $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$, where C_{ies} is the input capacitance of the IGBT under test. Turn-off may be assisted by a negative gate pulse. R_2 is a current measuring resistor. In its place, any other appropriate current probe may be used.

Measurement procedure

The IGBT is put into the measurement socket. The gate voltage pulse amplitude V_{GGM} and the supply voltage V_{CCE} are set to the specified values. The waveforms of gate voltage V_{GE} and collector current I_C are displayed on the oscilloscope screen from which the time intervals $t_{d(off)}$, t_f and t_{off} may be read.

Specified conditions:

- Ambient or case temperature
- Load inductance L
- Resistance R_1 in the gate-emitter circuit
- Gate voltage pulse shape: amplitude, duration, rise time (including the negative gate pulse, if any)

7.2.7 Thermal resistance junction to case ($R_{th(j-c)}$) and transient thermal impedance junction to case ($Z_{th(j-c)}$)

7.2.7.1 Method 1

Purpose

To measure the thermal resistance junction to case and/or the transient thermal impedance junction to case of an IGBT.

The measurement is made in two steps:

- a) determination of the temperature coefficient of the collector-emitter voltage at the low measuring current;
- b) measurement of the response of the IGBT to a step change in the internal power dissipation.

Schéma

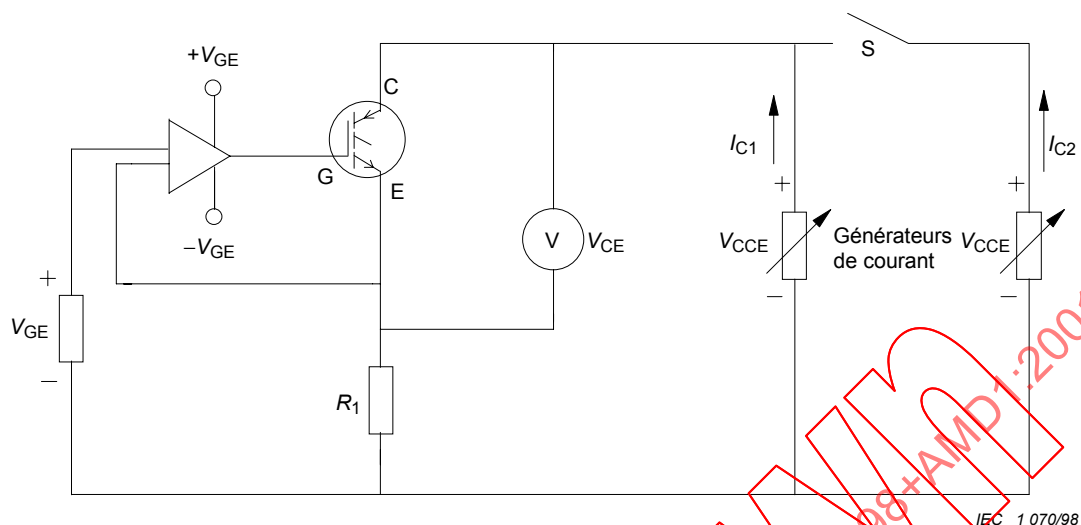


Figure 23 – Circuit pour la mesure de la variation en fonction de la température de la tension collecteur-émetteur V_{CE} à un faible courant de mesure I_{C1} et pour un échauffement du transistor bipolaire à grille isolée par un fort courant I_{C2}

Description et exigences du circuit

Un amplificateur opérationnel fournit une tension grille-émetteur qui est fixée par la tension de référence V_{ref} . Une source de courant fournit un courant collecteur continu faible I_{C1} qui est juste suffisant pour augmenter la tension collecteur-émetteur V_{CE} au-dessus de la valeur de saturation. Un interrupteur électronique S fournit au-dessus de I_{C1} un courant collecteur élevé I_{C2} . La tension aux bornes de la résistance de mesure du courant R_1 contrôle la valeur du courant par l'intermédiaire de l'amplificateur opérationnel et de la grille du transistor bipolaire à grille isolée (en fonctionnement linéaire). Après la coupure de I_{C2} , le transistor à grille isolée revient en conduction I_{C1} . R_1 est une résistance pour la mesure du courant. Il est possible de la remplacer par toute autre sonde de courant appropriée.

Exécution

- Détermination du coefficient de température α_{VCE} de la tension collecteur-émetteur V_{CE} au courant de mesure faible I_{C1} .

Chauffer le transistor bipolaire à grille isolée à mesurer consécutivement aux températures T_1 et T_2 en l'immergeant dans une enceinte chauffée ou un fluide inerte chaud. Avant d'effectuer les mesures, il faut attendre que l'équilibre thermique soit établi. A la température T_1 , la tension collecteur-émetteur au courant de mesure I_{C1} est V_{CE1} . A une température plus élevée T_2 , c'est V_{CE2} . Le coefficient de température α_{VCE} est alors:

$$\alpha_{VCE} = \frac{V_{CE1} - V_{CE2}}{T_2 - T_1}$$

Circuit diagram

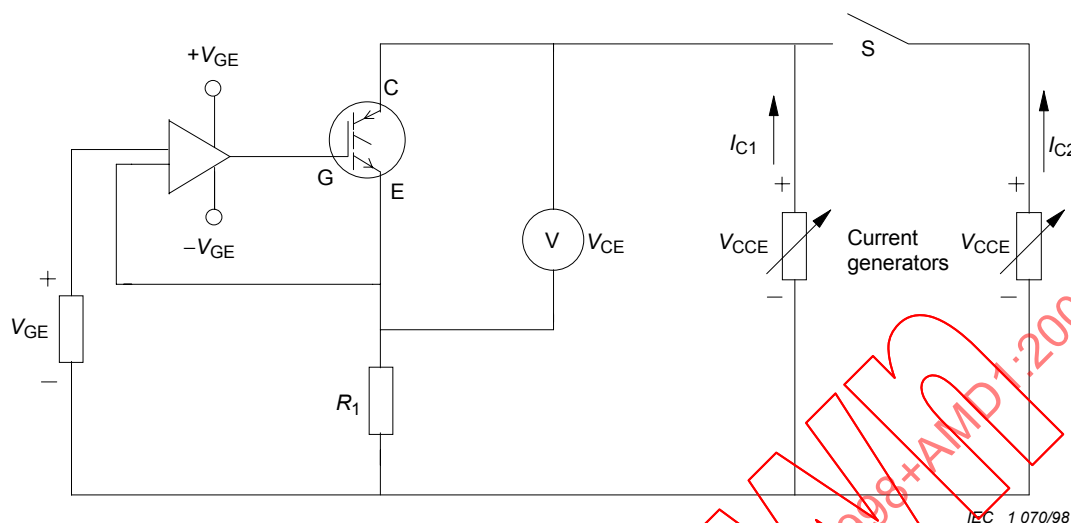


Figure 23 – Circuit for measuring the variation with temperature of the collector-emitter voltage V_{CE} at a low measuring current I_{C1} and for heating up the IGBT by a high current I_{C2}

Circuit description and requirements

An operational amplifier supplies a gate-emitter voltage which is fixed by the reference voltage source V_{ref} . A current source supplies a low continuous direct collector current I_{C1} which is just sufficient to raise the collector-emitter voltage V_{CE} above the saturation value. An electronic power switch S supplies on top of I_{C1} a high collector current I_{C2} . The voltage across the current measuring resistor R_1 controls the current value via the operational amplifier and the IGBT gate (in linear operation). After switching I_{C2} off the IGBT returns to the I_{C1} conduction. R_1 is a current measuring resistor. In its place, any other appropriate current probe may be used.

Measurement procedure

- a) Determination of the temperature coefficient $\alpha_{V_{CE}}$ of the collector-emitter voltage V_{CE} at the low measuring current I_{C1} .

The IGBT to be measured is heated subsequently to the temperatures T_1 and T_2 by immersing it in a heated chamber or inert fluid. Thermal equilibrium must be achieved before measurements are taken. At temperature T_1 the collector-emitter voltage at the measuring current I_{C1} is V_{CE1} . At a higher temperature T_2 it is V_{CE2} . Then the temperature coefficient $\alpha_{V_{CE}}$ is:

$$\alpha_{V_{CE}} = \frac{V_{CE1} - V_{CE2}}{T_2 - T_1}$$

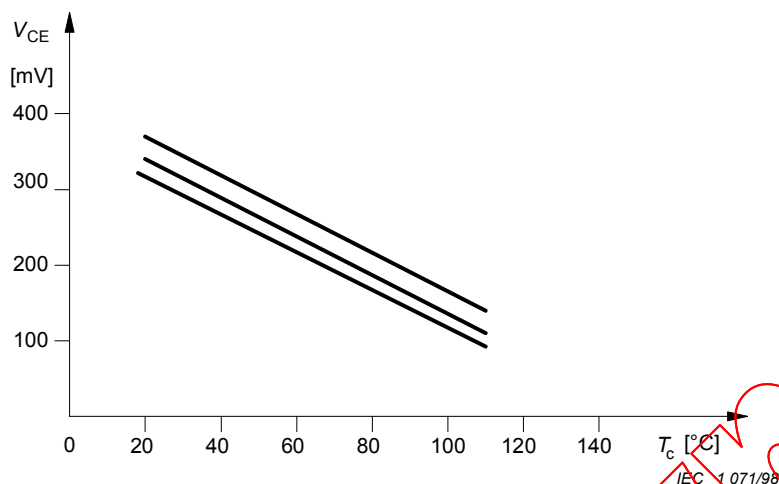


Figure 24 – Variation typique de la tension collecteur-émetteur V_{CE} à un courant de mesure faible I_{C1} en fonction de la température du boîtier T_c (avec un chauffage extérieur, c'est-à-dire $T_c = T_{vj}$) pour trois spécimens de transistor bipolaire à grille isolée

b) Mesure de la réponse à un changement de la dissipation de puissance interne

Fixer le transistor bipolaire à grille isolée à mesurer sur une dissipateur thermique approprié. Mesurer la température de boîtier T_{c1} . À cette température, le courant de mesure génère une tension collecteur-émetteur V_{CE3} . Fermer le circuit à l'aide de l'interrupteur S. Le courant collecteur élevé I_{C2} passe. Lorsque l'équilibre thermique est établi, mesurer $T_c = \text{const.} = T_{c2}$ et $V_{CE} = V_{CE4}$. Couper alors I_{C2} . Immédiatement après la coupure, mesurer la tension collecteur-émetteur à I_{C1} soit V_{CE5} . Alors, à cet instant

$$T_{vj} = T_{c2} + \frac{V_{CE3} - V_{CE5}}{\alpha_{VCE}}$$

et

$$R_{th(j-c)} = \frac{T_{vj} - T_{c2}}{V_{CE4} \cdot I_{C2}}$$

Si l'impédance thermique transitoire $Z_{th(j-c)}$ doit être déterminée, faire la courbe des variations en fonction du temps de V_{CE} à I_{C1} et de T_c durant la période de refroidissement après la coupure d' I_{C2} et calculer les valeurs $Z_{th(j-c)}$ point par point à l'aide des équations ci-dessus.

Conditions spécifiées

- Point de référence pour la mesure de la température de boîtier.

7.2.7.2 Méthode 2 (utilisant la tension de seuil grille-émetteur comme paramètre sensible à la température)

But

Mesurer la résistance thermique jonction boîtier et/ou l'impédance thermique transitoire jonction boîtier d'un IGBT (méthode 2). La mesure est faite en deux étapes.

- Détermination du coefficient de température de la tension de seuil grille-émetteur au faible courant de mesure.
- Mesure de la réaction de l'IGBT à une variation de la dissipation de puissance interne.

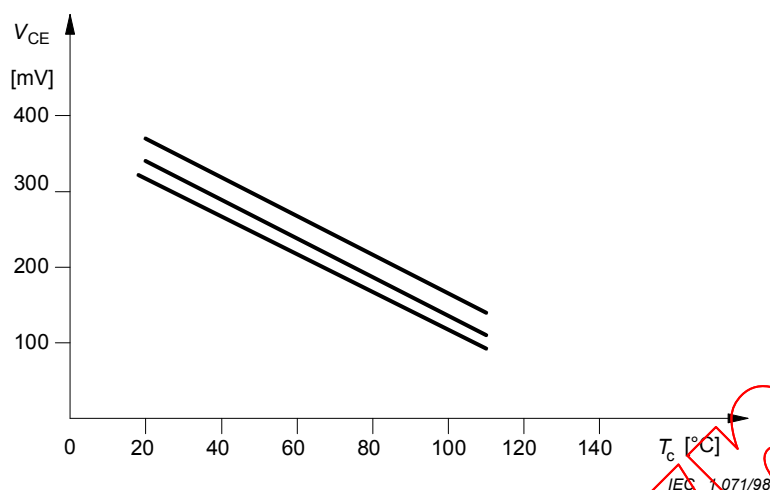


Figure 24 – Typical variation of the collector-emitter voltage V_{CE} at a low measuring current I_{C1} with the case temperature T_c (when heated from outside, i.e. $T_c = T_{vj}$) for three IGBT specimens

b) Measurement of the response to a step change in the internal power dissipation

The IGBT to be measured is fixed on a suitable heatsink. The case temperature T_{c1} is measured. At that temperature the measuring current produces the collector-emitter voltage V_{CE3} . The power switch S is switched on. The high collector current I_{C2} flows. When thermal equilibrium is established, $T_c = \text{const.} = T_{c2}$ and $V_{CE} = V_{CE4}$ are measured. Now I_{C2} is switched off. Immediately after switch-off the collector-emitter voltage at I_{C1} is measured to be V_{CE5} . Then at that instant

$$T_{vj} = T_{c2} + \frac{V_{CE3} - V_{CE5}}{\alpha_{VCE}}$$

and

$$R_{th(j-c)} = \frac{T_{vj} - T_{c2}}{V_{CE4} \cdot I_{C2}}$$

If the transient thermal impedance $Z_{th(j-c)}$ is to be determined, the variations with time of V_{CE} at I_{C1} and of T_c during the cooling period after switching off I_{C2} are plotted, and the $Z_{th(j-c)}$ values are calculated point by point using the above equations.

Specified conditions

- Reference point for measuring the case temperature.

7.2.7.2 Method 2 (using the gate-emitter threshold voltage as a temperature-sensitive parameter)

Purpose

To measure the thermal resistance junction to case and/or the transient thermal impedance junction to case of an IGBT (method 2). The measurement is made in two steps.

- Determination of the temperature coefficient of the gate-emitter voltage at the low measuring current.
- Measurement of the response of the IGBT to a step change in the internal power dissipation.

Schéma

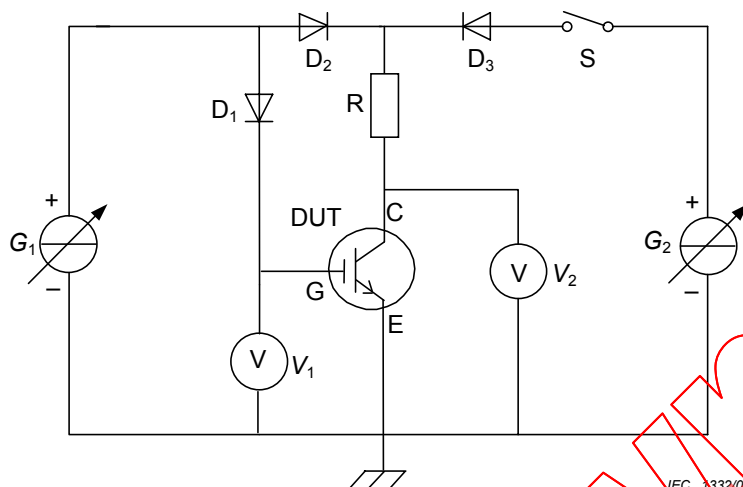


Figure 25 – Circuit de mesure de la résistance thermique et de l'impédance thermique transitoire: méthode 2

Description et exigences du circuit

S est un interrupteur de puissance électronique. G_1 est une source de courant ajustable, qui délivre un faible courant collecteur direct I_{C1} qui permet à la tension grille-source d'atteindre la tension de seuil $V_{GE(th)}$ quand l'interrupteur S est ouvert. G_2 est une source de courant ajustable qui délivre un fort courant collecteur I_{C2} quand l'interrupteur S est fermé. Le courant I_{C2} doit être assez grand pour que $I_C(I_{C1} + I_{C2})$ atteigne la valeur spécifiée. D_1 , D_2 et D_3 sont des diodes de découplage; V_1 et V_2 sont des voltmètres en continu. R est une résistance pour la mesure du courant. Toute autre sonde de courant appropriée peut être utilisée.

Exécution

- Détermination du coefficient de température c_T de la tension de seuil grille-émetteur $V_{GE(th)}$ au faible courant de mesure I_{C1} . L'IGBT à mesurer est chauffé jusqu'à la température T_1 puis T_2 ($T_2 > T_1$) dans une enceinte climatique ou dans un fluide inerte. L'équilibre thermique doit être atteint avant de procéder aux mesures. A la température T_1 , la tension de seuil grille-émetteur, au courant de mesure I_{C1} , est $V_{GE(th)1}$. A la température T_2 , c'est $V_{GE(th)2}$. Le coefficient c_T est alors

$$c_T = \left| (V_{GE(th)1} - V_{GE(th)2}) / (T_2 - T_1) \right| (V/^{\circ}C)$$

Circuit diagram

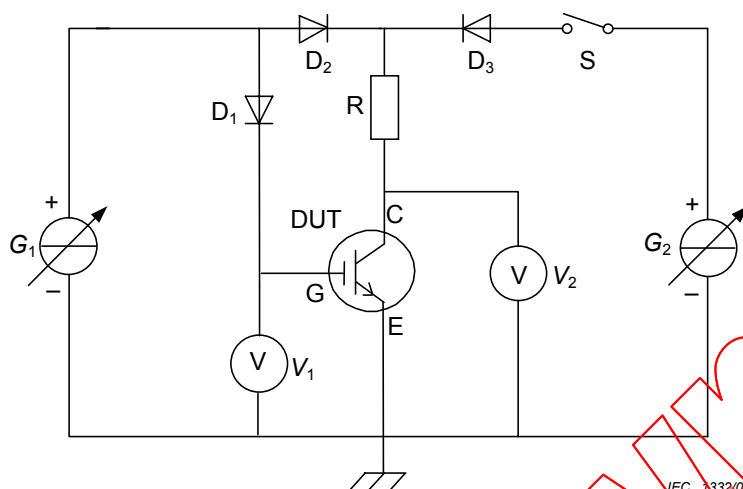


Figure 25 – Circuit for measuring thermal resistance and transient thermal impedance: method 2

Circuit description and requirements

S is an electronic power switch. G_1 is an adjustable current source which provides a low continuous direct collector current I_{C1} which can make the gate-emitter voltage reach the threshold voltage $V_{GE(th)}$ when switch S is opened. G_2 is an adjustable current source which provides a high collector current I_{C2} when switch S is closed. The I_{C2} current shall be high enough to make $I_C(I_{C1} + I_{C2})$ reach its rating. D_1 , D_2 and D_3 are insulation diodes; V_1 and V_2 are d.c. voltage meters. R is the current-measuring resistor. Any other appropriate current probe may be used.

Measurement procedure

- Determination of the temperature coefficient c_T of the gate-emitter voltage $V_{GE(th)}$ at the low measuring current I_{C1} . The IGBT to be measured is heated subsequently to the temperatures T_1 and T_2 ($T_2 > T_1$) by immersing it in a heated chamber or inert fluid. Thermal equilibrium must be achieved before measurements are taken. At temperature T_1 , the gate-emitter threshold voltage at the measuring current I_{C1} is $V_{GE(th)1}$. At temperature T_2 , it is $V_{GE(th)2}$. Then the temperature coefficient c_T is

$$c_T = |(V_{GE(th)1} - V_{GE(th)2}) / (T_2 - T_1)| \text{ (V/°C)}$$

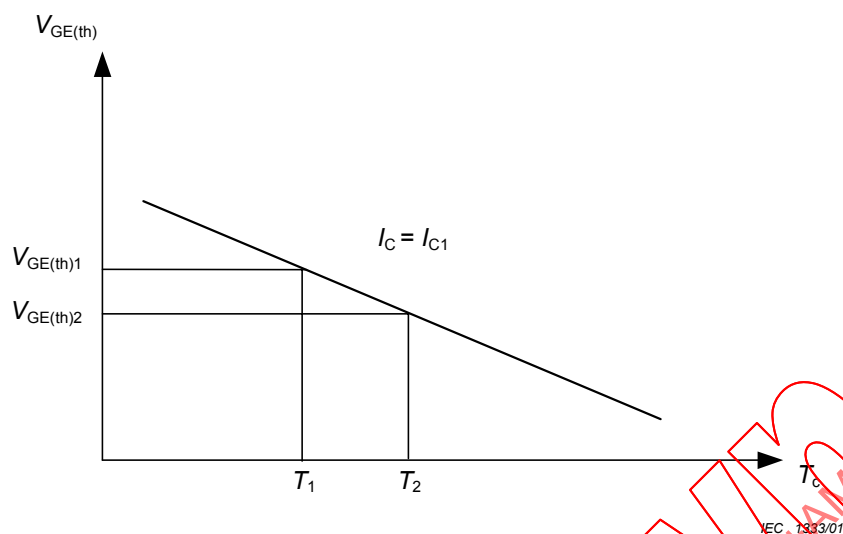


Figure 26 – Variation typique de la tension de seuil grille-émetteur $V_{GE(th)}$ à un faible courant de mesure I_{C2} en fonction de la température du boîtier T_c (chauffage externe, c'est-à-dire $T_c = T_{vj}$)

b) Mesure de la réaction à une variation de la dissipation de puissance interne

L'IGBT à mesurer est fixé sur un dissipateur adapté. La température du boîtier T_{c1} est mesurée. A cette température, le courant de mesure I_{C1} induit une tension de seuil grille-émetteur $V_{GE(th)3}$. L'interrupteur S fermé provoque le fort courant collecteur I_{C2} . Quand l'équilibre thermique est atteint, $T_c = \text{const.} = T_{c2}$ et V_{CE} sont mesurés. I_{C2} est alors coupé. Immédiatement après l'ouverture, la tension de seuil grille-émetteur à I_{C1} est mesurée, à savoir $V_{GE(th)4}$.

Alors,

$$T_{vj} = T_{c1} + (V_{GE(th)3} - V_{GE(th)4}) / \alpha_T$$

et

$$R_{th(j-c)} = (T_{vj} - T_{c2}) / (V_{CE} / I_{C2})$$

Pour déterminer l'impédance thermique transitoire $Z_{th(j-c)}$, les variations en fonction du temps de $V_{GE(th)}$ à I_{C1} et de T_c pendant la période de refroidissement après la coupure de I_{C2} sont portées sur une courbe, et les valeurs de $Z_{th(j-c)}$ sont calculées point par point à partir des équations ci-dessus.

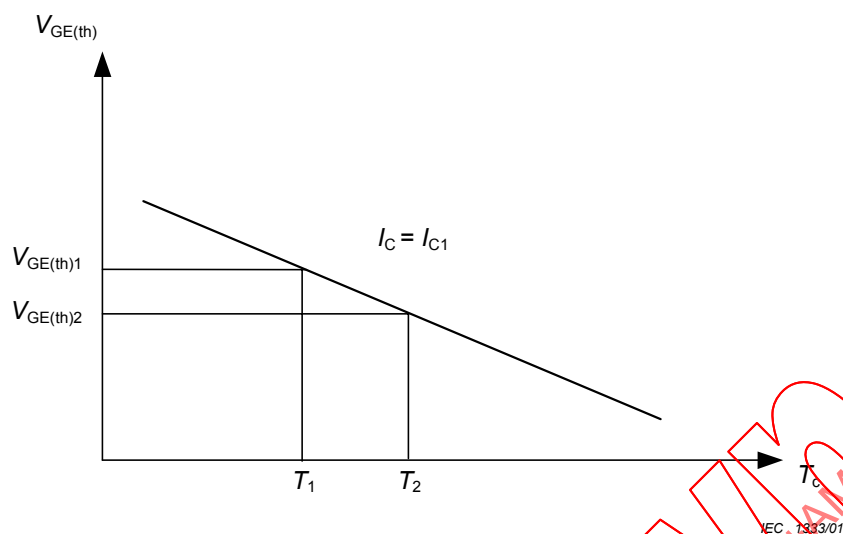


Figure 26 – Typical variation of the gate-emitter threshold voltage $V_{GE(th)}$ at a low measuring current I_{C2} with the case temperature T_c (when heated from the outside, i.e. $T_c = T_{vj}$).

b) Measurement of the response to a step change in the internal power dissipation

The IGBT to be measured is fixed on a suitable heat sink. The case temperature T_{c1} is measured. At that temperature, the measuring current I_{C1} produces the gate-emitter threshold voltage $V_{GE(th)3}$. Switch S is switched on, the high collector current I_{C2} flows. When thermal equilibrium is established, $T_c = \text{const} = T_{c2}$ and V_{CE} are measured. I_{C2} is then switched off. Immediately after switch-off, the gate-emitter threshold voltage at I_{C1} is measured to be $V_{GE(th)4}$.

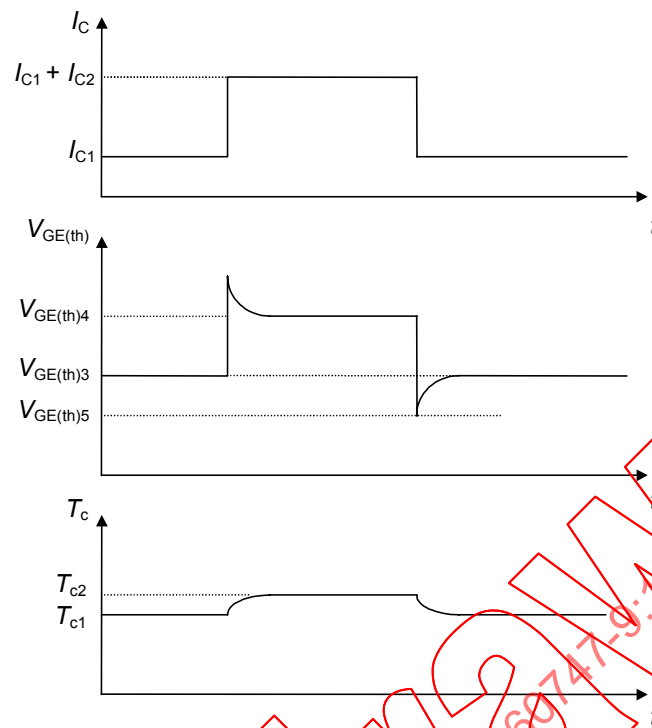
Then,

$$T_{vj} = T_{c1} + (V_{GE(th)3} - V_{GE(th)4}) / C_T$$

and

$$R_{th(j-c)} = (T_{vj} - T_{c2}) / (V_{CE} I_{C2})$$

If the transient thermal impedance $Z_{th(j-c)}$ is to be determined, the variations with time of $V_{GE(th)}$ at I_{C1} and of T_c during the cooling period after switching off I_{C2} are plotted, and the $Z_{th(j-c)}$ values are calculated point by point using the above equations.



IEC 1334/01

Figure 27 – I_C , V_{GE} et T_c en fonction du temps

Conditions spécifiées

- Point de référence pour la mesure de la température du boîtier
- Courant de mesure I_{C1}
- Courant collecteur I_{C2}

7.2.8 Tension de saturation collecteur-émetteur (V_{CEsat})

But

Mesurer la tension de saturation collecteur-émetteur d'un IGBT dans des conditions spécifiées.

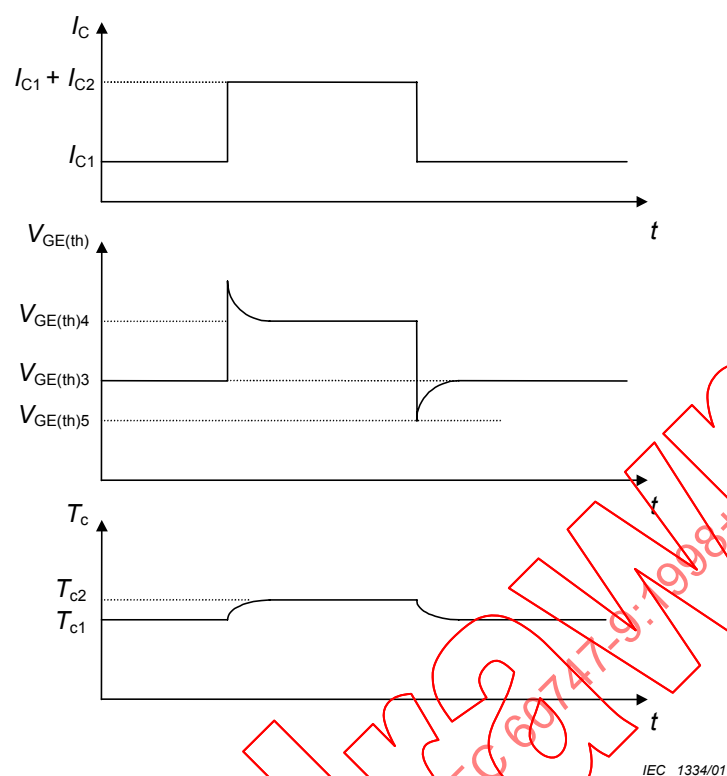


Figure 27 – I_C , V_{GE} and T_c with time

Specified conditions

- Reference point for measuring the case temperature
- Measuring current I_{C1}
- Collector current I_{C2}

7.2.8 Collector-emitter saturation voltage (V_{CEsat})

Purpose

To measure the collector-emitter saturation voltage of IGBTs under specified conditions.

Schéma

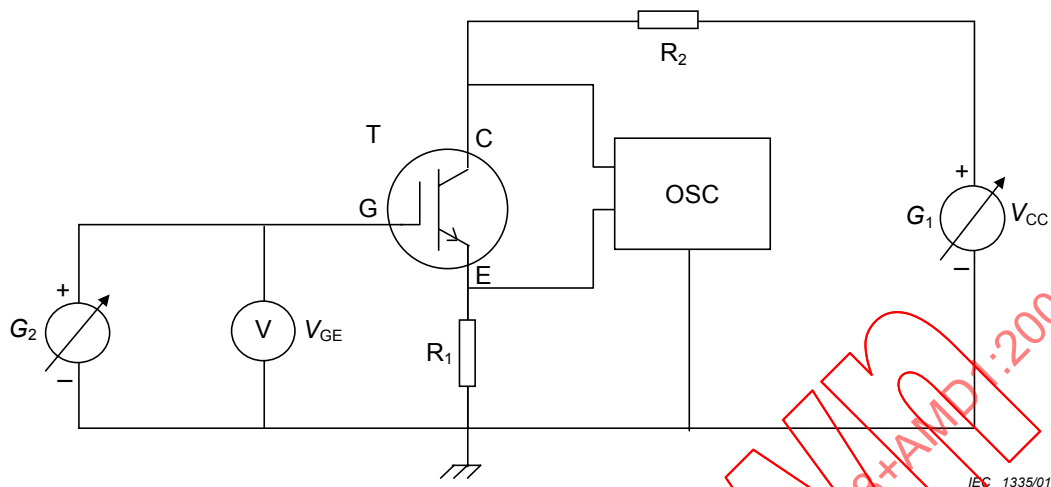


Figure 28 – Circuit de mesure de la tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}

Précaution

Aucune dissipation thermique importante ne doit se produire dans l'IGBT pendant la mesure.

Exécution

Régler la température, la tension grille-émetteur et le courant collecteur aux valeurs spécifiées. Mesurer la tension de saturation collecteur-émetteur $V_{CE} = V_{CEsat}$.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Tension grille-émetteur
- Courant collecteur

7.2.9 Courant résiduel collecteur-émetteur (I_{CES} , I_{CER} , I_{CEX})

But

Mesurer le courant résiduel collecteur-émetteur d'un IGBT dans des conditions spécifiées.

Circuit diagram

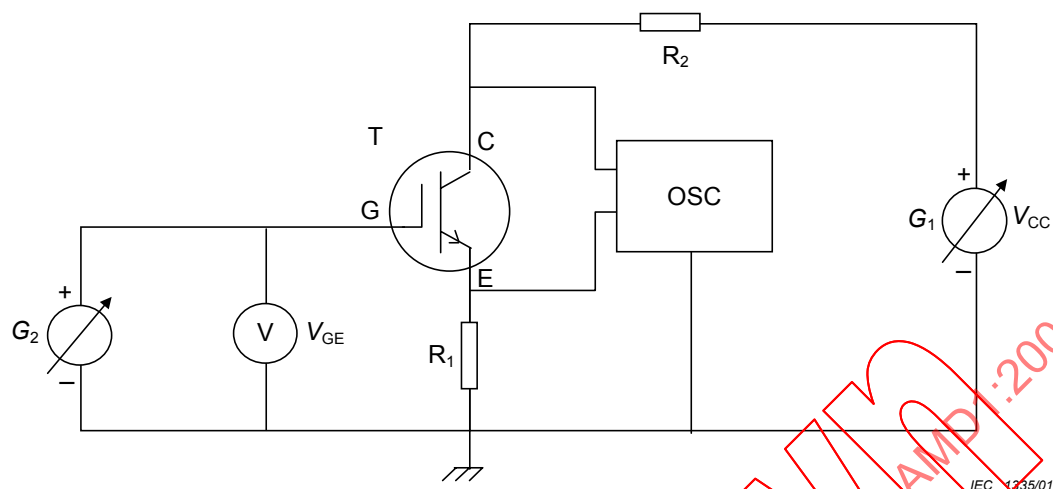


Figure 28 – Circuit for measuring the collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}

Precaution

No significant heat dissipation shall occur in the IGBT during the measurement.

Measurement procedure

The temperature is set to the specified value, adapted to the specified values in the gate-emitter voltage and the collector current. The collector-emitter saturation voltage $V_{CE} = V_{CEsat}$ is measured.

Specified conditions

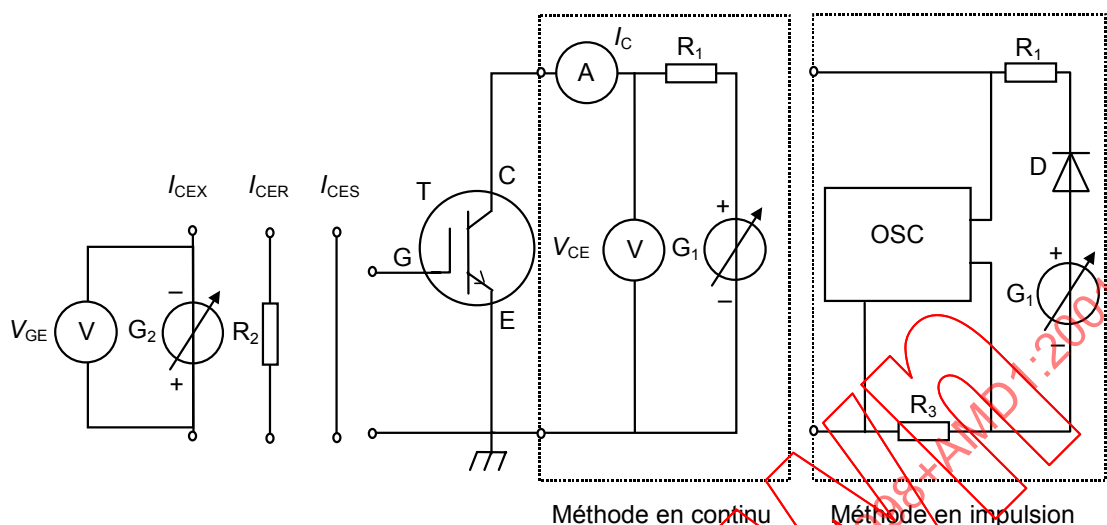
- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Gate-emitter voltage
- Collector current

7.2.9 Collector-emitter cut-off current (I_{CES} , I_{CER} , I_{CEX})

Purpose

To measure the collector-emitter cut-off current of an IGBT under specified condition.

Schéma



IEC 1336/01

Figure 29 – Circuit de mesure du courant résiduel collecteur-émetteur

Exécution

Il y a deux méthodes, la méthode en continu et la méthode en impulsion, comme le montre la figure 29. Régler la température à la valeur spécifiée. Augmenter la tension V_{CE} jusqu'à la valeur spécifiée. Les courants résiduels I_{CEX} , I_{CER} , I_{CES} sont lus sur un ampèremètre ou à l'aide d'une sonde de courant.

Conditions spécifiées

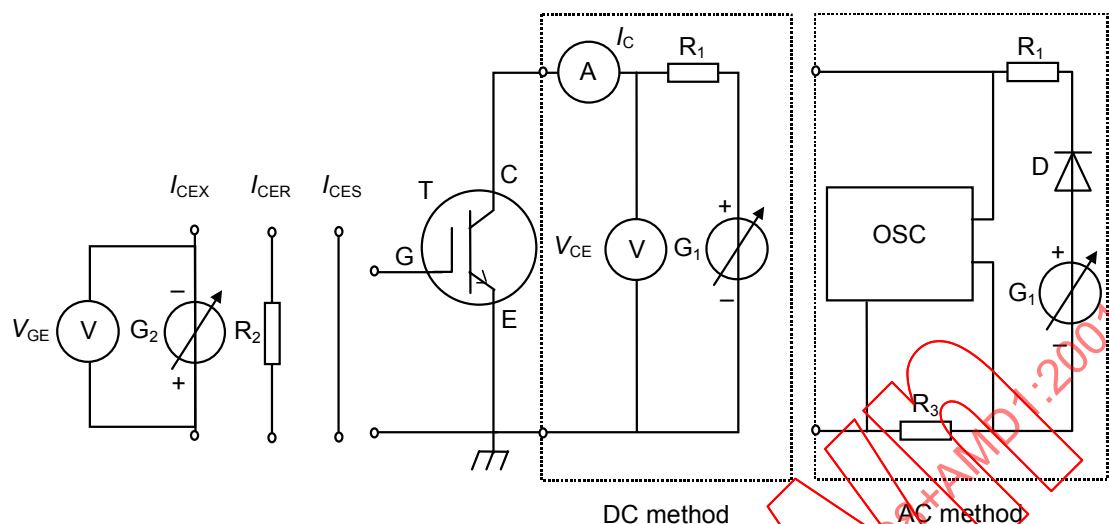
- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Tension collecteur-émetteur V_{CE}
- Polarisation grille-émetteur V_{GE}
- I_{CEX} : Tension grille-émetteur V_{GE}
- I_{CER} : Résistance R_{GE} entre grille et émetteur
- I_{CES} : Court-circuit entre grille et émetteur

7.2.10 Temps de commutation (t_{don} , t_r , t_{on}) et énergie de commutation (E_{on})

But

Mesurer les temps de commutation t_{don} , t_r , t_{on} et l'énergie de commutation E_{on} sur une charge inductive d'un IGBT dans des conditions spécifiées.

Circuit diagram



IEC 1336/01

Figure 29 – Circuit for measuring the collector-emitter cut-off current

Measurement procedure

There are two methods, i.e. the d.c. method and the a.c. method, as shown in figure 29. The temperature is set to the specified value. The voltage V_{CE} is increased until it reaches the specified value. The cut-off currents I_{CEX} , I_{CER} , I_{CES} are read on the ammeter or the current probe.

Specified conditions

- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Collector-emitter voltage V_{CE}
- Gate-emitter bias V_{GE}
- I_{CEX} : Gate-emitter voltage V_{GE}
- I_{CER} : Resistor R_{GE} connected between gate and emitter
- I_{CES} : Short circuit between gate and emitter

7.2.10 Turn-on intervals (t_{don} , t_r , t_{on}) and turn-on energy (E_{on})

Purpose

To measure the turn-on time intervals t_{don} , t_r , t_{on} and turn-on energy E_{on} of an IGBT under specified conditions with inductive load.

Schéma et formes d'ondes

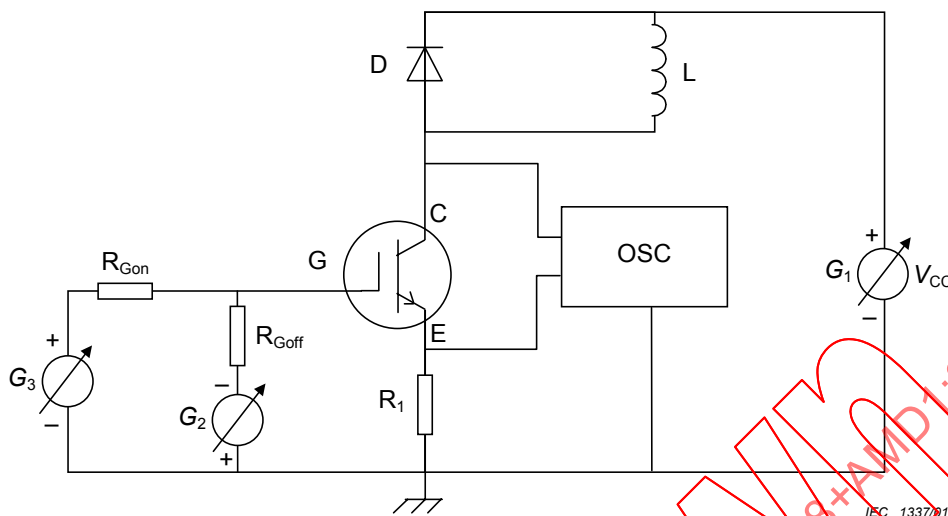


Figure 30 – Circuit de mesure des temps et de l'énergie de commutation

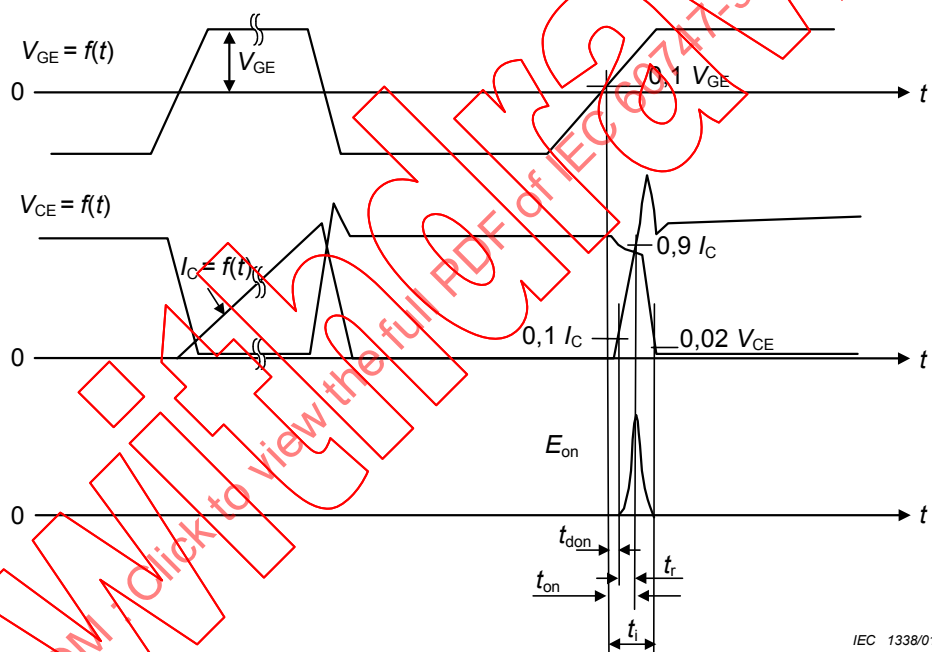


Figure 31 – Formes d'ondes à la commutation

Exécution

Régler l'amplitude du signal G_1 et la tension d'alimentation V_{CC} aux valeurs spécifiées. Commuter deux fois l'IGBT (état passant état ouvert) et observer la seconde mise en conduction. Contrôler les formes d'ondes de la tension de grille V_{GE} , du courant collecteur I_C et de la tension collecteur-émetteur V_{CE} .

E_{on} est l'intégrale de $V_{CE} \times I_C \times dt$. Le temps d'intégration t_i commence à 10 % de la croissance de V_{GE} et se termine à la faible valeur spécifiée de V_{CE} , c'est-à-dire 2 % de V_{CE} .

Circuit diagram and waveforms

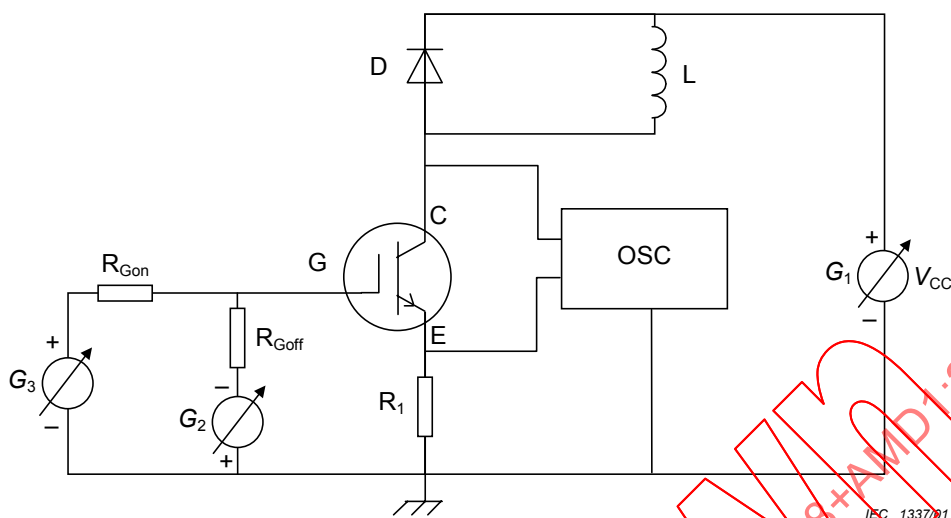


Figure 30 – Circuit diagram for measuring turn-on intervals and energy

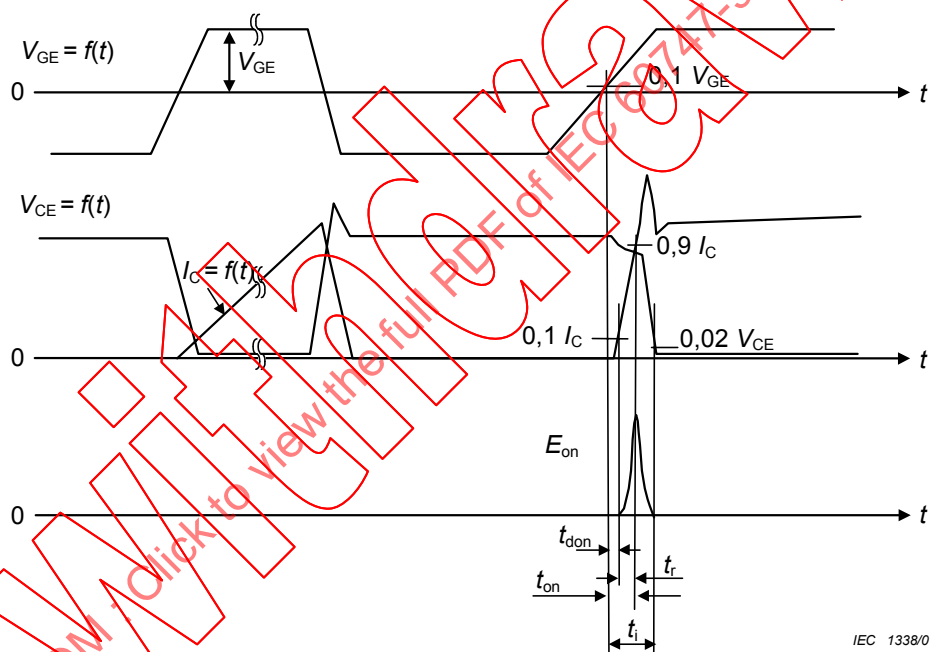


Figure 31 – Waveforms during turn-on intervals

Measurement procedure

The input pulse amplitude G_1 and the supply voltage V_{CC} are set to the specified values. The IGBT is turned on and turned off twice and then the second turn-on is observed. The waveforms of gate voltage V_{GE} , collector current I_C and collector-emitter voltage V_{CE} are monitored.

E_{on} is the integral of $V_{CE} \times I_C \times dt$. Integral time t_i starts from the 10 % rise point of V_{GE} and ends at the specified low V_{CE} point, i.e. the 2 % point of V_{CE} .

Conditions spécifiées

- Température du boîtier ou ambiante ou virtuelle de jonction de l'IGBT et de la diode
- Tension du circuit intermédiaire V_{CC}
- Courant dans l'inductance I_L avant la commutation
- Tension de grille $-V_{GE}$ avant la commutation et $+V_{GE}$ après la commutation
- Inductance L
- Résistance de grille R_G
- Caractéristiques de la diode de roue libre:
 - diode de roue libre interne de l'IGBT de même type, si possible
 - autrement, la référence de la diode de roue libre externe utilisée

7.2.11 Capacité d'entrée (C_{ies})

But

Mesurer la capacité d'entrée d'un IGBT dans des conditions spécifiées

Schéma

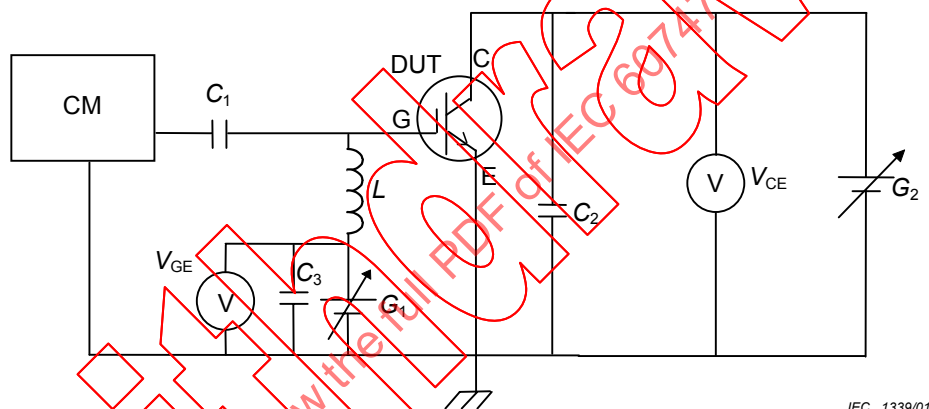


Figure 32 – Circuit de mesure de la capacité d'entrée

Description et exigences du circuit

CM est un capacimètre. Les capacités C_1 , C_2 et C_3 sont telles qu'elles forment un court-circuit à la fréquence de mesure. L est une inductance de découplage du signal de mesure vis-à-vis de l'alimentation continue. G_1 et G_2 sont des alimentations en continu ajustables.

Exécution

Maintenir la température à la valeur spécifiée. Ajuster CM à la fréquence spécifiée, l'IGBT étant démonté. Régler les tensions grille-émetteur V_{GE} et collecteur-émetteur V_{CE} aux valeurs spécifiées. Lire la valeur de la capacité C_{ies} sur CM.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Tension collecteur-émetteur V_{CE}
- Tension grille-émetteur V_{GE}
- Fréquence de mesure

Specified conditions

- Case or ambient or virtual junction temperature of the IGBT and the diode
- Voltage of intermediate circuit V_{CC}
- Inductor current I_L before turn-on
- Gate voltage $-V_{GE}$ before and $+V_{GE}$ after turn-on
- Inductance L
- Gate resistor R_G
- Characteristics of freewheeling diode:
 - internal freewheeling diode of the same type IGBTs, if available
 - otherwise, type number of an external freewheeling diode

7.2.11 Input capacitance (C_{ies})

Purpose

To measure the input capacitance of an IGBT under specified conditions.

Circuit diagram

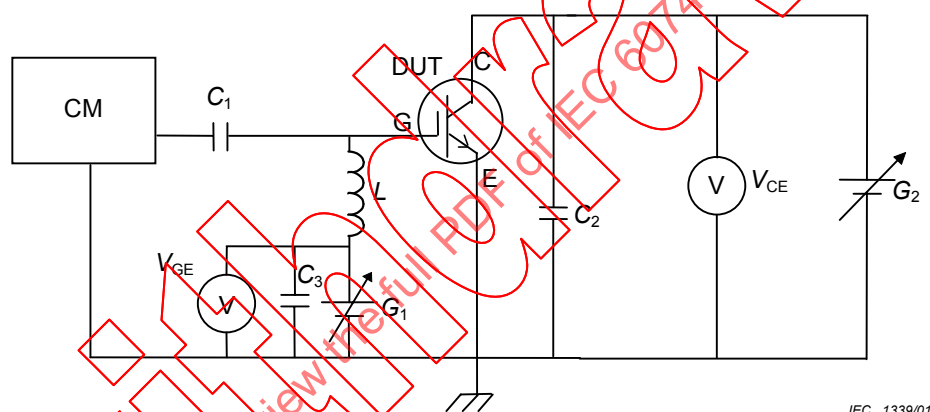


Figure 32 – Circuit for measuring the input capacitance

Circuit description and requirements

CM is a capacitance meter. Capacitances C_1 , C_2 and C_3 must form an adequate short circuit for the test frequency. Inductance L is to decouple the measurement signal from the d.c. supplies. G_1 and G_2 are adjustable d.c. supplies.

Measurement procedure

The temperature is set to the specified value. CM is set to a specified frequency without the IGBT. The gate-emitter voltage V_{GE} and the collector-emitter voltage V_{CE} are set to their specified values. Capacitance C_{ies} can be read on CM.

Specified conditions

- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Collector-emitter voltage V_{CE}
- Gate-emitter voltage V_{GE}
- Measurement frequency

7.2.12 Capacité de sortie (C_{oes})

But

Mesurer la capacité de sortie d'un IGBT dans des conditions spécifiées

Schéma

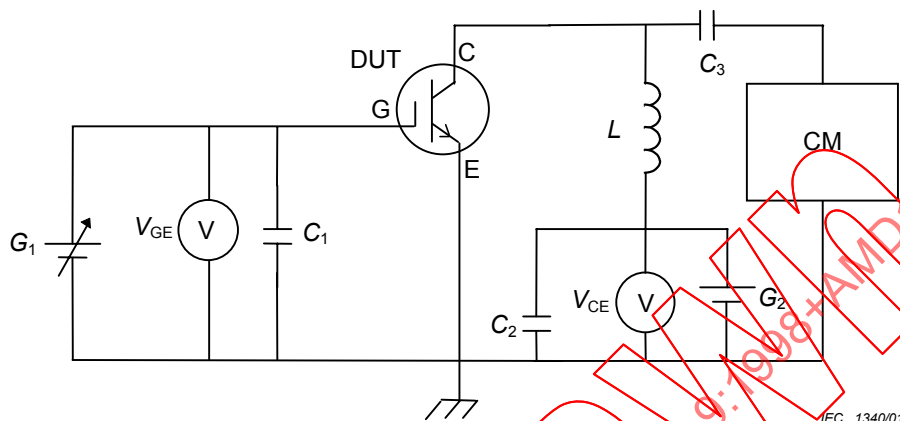


Figure 33 – Circuit de mesure de la capacité de sortie

Description et exigences du circuit

CM est un capacimètre. Les capacités C_1 , C_2 et C_3 sont telles qu'elles forment un court-circuit à la fréquence de mesure. C_2 doit être beaucoup plus élevé que C_{oes} . L est une inductance de découplage du signal de mesure vis-à-vis de l'alimentation continue. G_1 et G_2 sont des alimentations en continu ajustables.

Exécution

Maintenir la température à la valeur spécifiée. Ajuster CM à la fréquence spécifiée, l'IGBT étant démonté. Régler les tensions grille-émetteur V_{GE} et collecteur-émetteur V_{CE} aux valeurs spécifiées. Lire la valeur de la capacité C_{oes} sur CM.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction (T_a ou T_c ou T_{vj})
- Tension collecteur-émetteur V_{CE}
- Tension grille-émetteur V_{GE}
- Fréquence de mesure

7.2.12 Output capacitance (C_{oes})

Purpose

To measure the output capacitance of an IGBT under specified conditions.

Circuit diagram

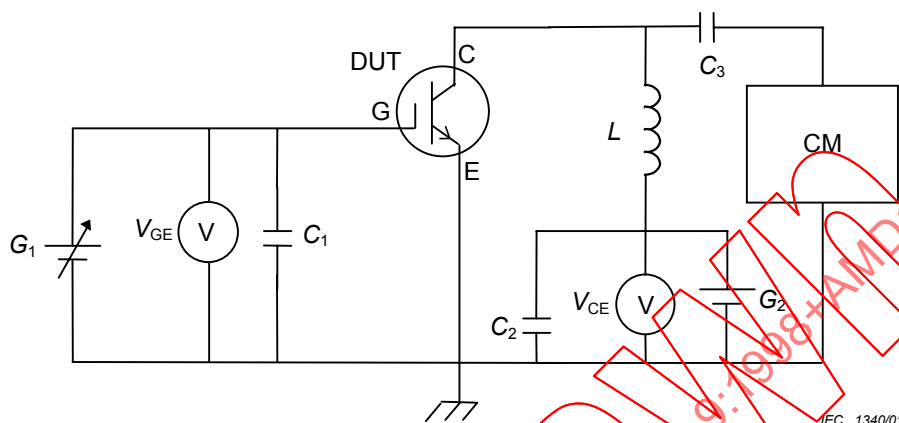


Figure 33 – Circuit for measuring the output capacitance

Circuit description and requirement

CM is a capacitance meter. Capacitances C_1 , C_2 and C_3 are such that they form an adequate short circuit for the test frequency. C_2 must be much larger than C_{oes} . Inductance L is to decouple the measurement signal from the d.c. supplies. G_1 and G_2 are adjustable d.c. supplies.

Measurement procedure

The temperature is set to the specified value. CM is set to a specified frequency without the IGBT. The gate-emitter voltage V_{GE} and the collector-emitter voltage V_{CE} are set to their specified values respectively. Capacitance C_{oes} can be read on CM.

Specified conditions

- Ambient or case or virtual junction temperature (T_a or T_c or T_{vj})
- Collector-emitter voltage V_{CE}
- Gate-emitter voltage V_{GE}
- Measurement frequency

7.2.13 Capacité de transfert inverse (C_{res})

But

Mesurer la capacité de transfert inverse d'un IGBT dans des conditions spécifiées.

Schéma

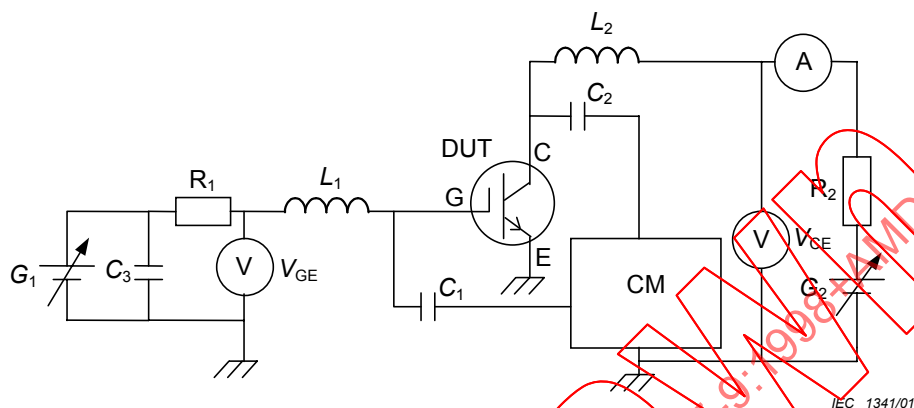


Figure 34 – Circuit de mesure de la capacité de transfert inverse

Description et exigences du circuit

CM est un capacimètre. Les capacités C_1 , C_2 et C_3 sont telles qu'elles forment un court-circuit à la fréquence de mesure. R_2 ne doit pas être trop élevée. L_1 et L_2 sont des inductances de découplage du signal de mesure vis-à-vis de l'alimentation continue. G_1 et G_2 sont des alimentations en continu ajustables.

Exécution

Maintenir la température à la valeur spécifiée. Ajuster CM à la fréquence spécifiée, l'IGBT étant démonté. Régler les tensions grille-émetteur V_{GE} et collecteur-émetteur V_{CE} aux valeurs spécifiées. Lire la valeur de la capacité C_{res} sur CM.

Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ou virtuelle de jonction T_a ou T_c ou T_{vj}
- Tension collecteur-émetteur V_{CE}
- Tension grille-émetteur V_{GE}
- Fréquence de mesure

7.2.13 Reverse transfer capacitance (C_{res})

Purpose

To measure the reverse transfer capacitance of an IGBT under specified conditions.

Circuit diagram

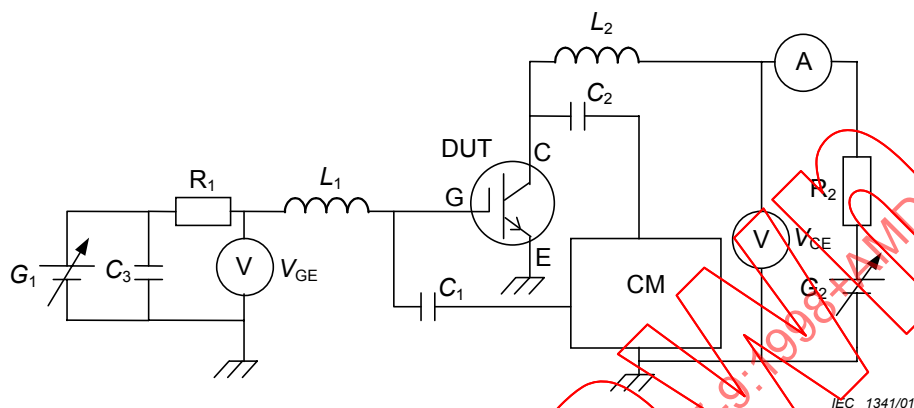


Figure 34 – Circuit for measuring the reverse transfer capacitance

Circuit description and requirement

CM is a capacitance meter. Capacitances C_1 , C_2 and C_3 must form an adequate short circuit for the test frequency. R_2 shall not be too high. Inductance L_1 and L_2 are to decouple the measurement signal from the d.c. supplies. G_1 and G_2 are adjustable d.c. supplies.

Measurement procedure

The temperature is set to the specified value. CM is set to a specified frequency without the IGBT. The gate-emitter voltage V_{GE} and the collector-emitter voltage V_{CE} are set to their specified value. Capacitance C_{res} can be read on CM.

Specified conditions

- Ambient or case or virtual junction temperature T_a or T_c or T_{vj}
- Collector-emitter voltage V_{CE}
- Gate-emitter voltage V_{GE}
- Measurement frequency

8 Réception et fiabilité

8.1 Exigences générales

L'article 2 de la CEI 60747-1, chapitre VIII, section trois, qui porte le même titre, est applicable.

Il convient que la durée des essais d'endurance soit définie dans la spécification particulière cadre.

8.2 Exigences spécifiques

8.2.1 Liste des essais d'endurance

Un choix d'essais d'endurance est donné aux figures 23, 24 et 25.

8.2.2 Conditions pour les essais d'endurance

Les conditions d'essais et les schémas des circuits sont donnés aux figures 23, 24 et 25. La spécification particulière indiquera les essais à effectuer.

8.2.3 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception

Les critères de défaillance et les caractéristiques définissant la défaillance, ainsi que les conditions de mesure, sont donnés au tableau 1.

NOTE Il convient que les paramètres soient mesurés dans l'ordre donné par le tableau 1, les dérives dues à certains mécanismes de dégradation pouvant être partiellement ou complètement masquées par la mesure des autres paramètres.

8.2.4 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité

A l'étude.

8.2.5 Procédure à suivre en cas d'erreur d'essai

Lorsqu'un dispositif est devenu défectueux à la suite d'une erreur d'essai (telle qu'un défaut dans l'appareil de mesure), cela doit être noté dans le compte rendu d'essai avec une explication de la cause.

8 Acceptance and reliability

8.1 General requirements

Clause 2 of IEC 60747-1, chapter VIII, section three, which has the same title, is valid.

The testing times of the endurance tests should be introduced in the blank detail specification.

8.2 Specific requirements

8.2.1 List of endurance tests

A choice of endurance tests is given in figures 23, 24 and 25.

8.2.2 Conditions for endurance tests

Test conditions and test circuits are described in figures 23, 24 and 25. The relevant specification will state which tests will apply.

8.2.3 Failure-defining characteristics and failure criteria for acceptance tests

Failure-defining characteristics, their failure criteria and measurement conditions are listed in table 1.

NOTE Characteristics should be measured in the sequence in which they are listed in table 1, because the changes in characteristics caused by some failure mechanisms may be wholly or partially masked by the influence of other measurements.

8.2.4 Failure-defining characteristics and failure criteria for reliability tests

Under consideration.

8.2.5 Procedure in case of a testing error

When a device has failed as a result of a testing error (such as a test equipment fault), this shall be noted in a data record with an explanation of the cause.

Tableau 1 – Caractéristiques définissant la défaillance pour réception après les essais d'endurance

Caractéristiques définissant la défaillance	Critères de défaillance (voir note)	Conditions de mesure
I_{CES}	>2 USL	Valeur la plus élevée de V_{CE} spécifiée pour I_{CES}
I_{GES}	>2 USL	Valeur la plus élevée de V_{GE} spécifiée pour I_{GES}
$V_{GE(TO)}$	<0,8 LSL >1,2 USL	Valeur de I_C pour laquelle une tolérance (limite inférieure et supérieure) de $V_{GE(TO)}$ est spécifiée
V_{CEsat}	>1,2 IMV ou >1,0 USL	Valeur de I_C spécifiée pour V_{CEsat}
R_{th}	>1,2 IMV ou >1,0 USL	Spécifié en 5.4.11 ou 5.4.12
NOTE USL: limite supérieure de la spécification LSL: limite inférieure de la spécification IMV: valeur initiale mesurée avant l'essai		

8.2.6 Essais d'endurance et méthodes d'essais

a) Polarisation inverse à haute température

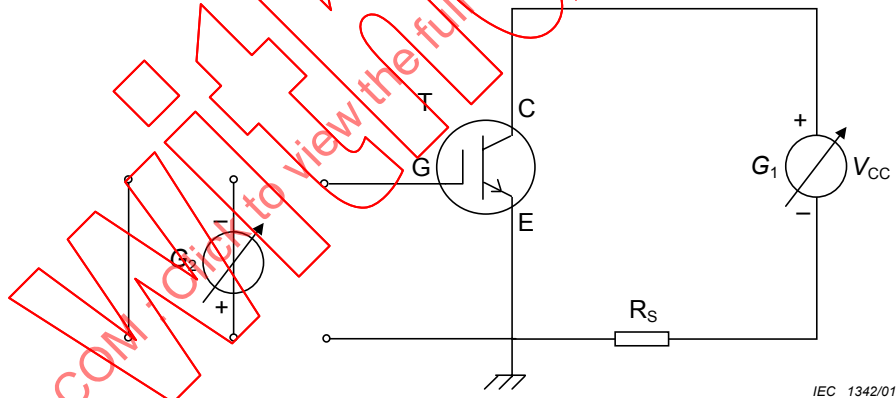
Conditions d'essai

Tension: de préférence 80 % de V_{CESmax}

Température: de préférence égale à la température virtuelle maximale de jonction spécifiée

$T_{vj(max)}$ ou $T_c = T_{stg(max)} - 5\text{ °C}$ spécifiée

Schéma



R_s est une résistance de limitation du courant.

Figure 35 – Circuit de blocage à haute température

Table 1 – Failure-defining characteristics for acceptance after endurance tests

Failure-defining characteristics	Failure criteria (see note)	Measurement conditions
I_{CES}	>2 USL	Highest V_{CE} specified for I_{CES}
I_{GES}	>2 USL	Highest V_{GE} specified for I_{GES}
$V_{GE(TO)}$	<0,8 LSL >1,2 USL	A value of I_C for which a $V_{GE(TO)}$ tolerance (lower and upper limit) is specified
V_{CEsat}	>1,2 IMV or >1,0 USL	I_C specified for V_{CEsat}
R_{th}	>1,2 IMV or >1,0 USL	Specified in 5.4.11 or 5.4.12
NOTE USL: upper specification limit LSL: lower specification IMV: initial measured value before the test		

8.2.6 Endurance tests and test methods

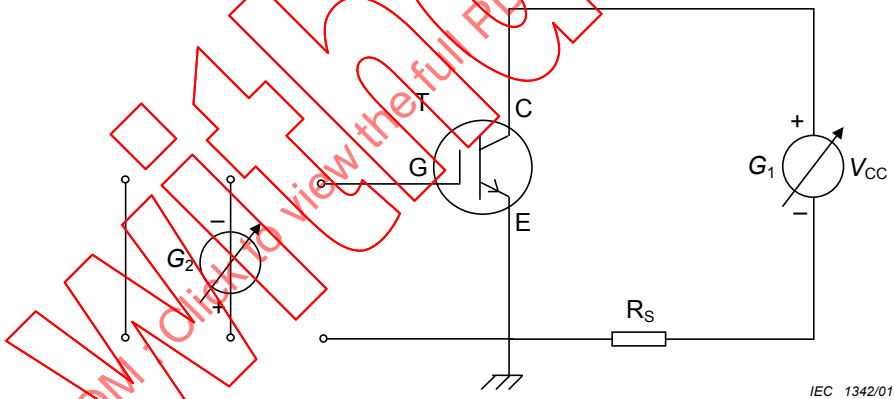
a) High-temperature reverse bias

Operating conditions

Voltage: preferably 80 % of V_{CESmax}

Temperature: preferably maximum virtual junction temperature $T_{vj(max)}$ or $T_c = T_{stg(max)} - 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ as specified

Test circuit



R_s is a current-limiting resistor.

Figure 35 – Circuit for high-temperature reverse bias