

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60747-9

Première édition
First edition
1998-08

**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

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

60747-9

Première édition
First edition
1998-08

**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 1998 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 Varembé 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

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	8
3.1 Termes généraux.....	8
3.2 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; tensions et courants..	10
3.3 Termes relatifs aux valeurs limites et caractéristiques; autres caractéristiques.....	12
4 Symboles littéraux.....	14
4.1 Généralités	14
4.2 Autres indices généraux.....	14
4.3 Liste des symboles littéraux	14
5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	18
5.1 Généralités	18
5.2 Conditions pour les valeurs limites	18
5.3 Valeurs limites	18
5.4 Caractéristiques.....	20
6 Méthodes de mesure.....	26
6.1 Généralités	26
6.2 Méthodes de mesure.....	28
7 Réception et fiabilité.....	48
Annexe A (informative) – Symbole graphique des transistors bipolaires à grille isolée proposé par le sous-comité 47E.....	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	9
3.1 General terms	9
3.2 Terms related to ratings and characteristics; voltages and currents	11
3.3 Terms related to ratings and characteristics; other characteristics	13
4 Letter symbols	15
4.1 General	15
4.2 Additional general subscripts	15
4.3 List of letter symbols	15
5 Essential ratings and characteristics	19
5.1 General	19
5.2 Rating conditions	19
5.3 Ratings (limiting values)	19
5.4 Characteristics	21
6 Methods of measurement	27
6.1 General	27
6.2 Measuring methods	29
7 Acceptance and reliability	49
Annex A (informative) – Graphical symbol of IGBT proposed by subcommittee 47E	51

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, 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.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47E/109/FDIS	47E/115/RVD

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

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

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

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 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.

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

FDIS	Report on voting
47E/109/FDIS	47E/115/RVD

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

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

Annex A is for information only.

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*

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.

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.

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*

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

P-channel IGBT

IGBT that has one or more P-type conduction channels.

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.

3.2.6

courant de queue (I_{CZ})

Courant collecteur pendant le temps de queue.

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 ($V_{BR(CES)}$)**

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**tail current (I_{CZ})**

Collector current during the tail time.

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.

3.3.5

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 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

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

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.

3.3.13

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 claquage collecteur-émetteur, grille-émetteur court-circuités	$V_{(BR)CES}$
Tension grille-émetteur	V_{GE}
Tension grille-émetteur, collecteur-émetteur court-circuités	V_{GES}
Tension de seuil grille-émetteur	$V_{GE(TO)}$
Tension collecteur-grille, résistance grille-émetteur spécifiée	V_{CGR}

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**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 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

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

Collector-gate voltage, gate-emitter resistance specified

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}

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.

4.3.2 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 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.

5.4 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.

5.3.5 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.

5.4 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 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.

5.4.8 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.

5.4.5 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 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 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.

5.4.13 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.

5.4.10.3 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 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 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 de mesure

6.1 Généralités

6.1.1 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.

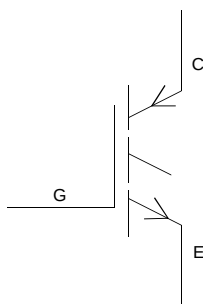
6.1.2 Précautions de manipulation

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.

6.1.3 Symbole graphique des transistors bipolaires à grille isolée

Le symbole graphique utilisé dans la présente norme est le symbole 05-05-19 de la CEI 60617-5:



NOTE – Ce symbole est cependant différent de celui qui est généralement utilisé (voir annexe A). Une modification du symbole 05-05-21 de la CEI 60617-5 est à l'étude.

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 measurement

6.1 General

6.1.1 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.

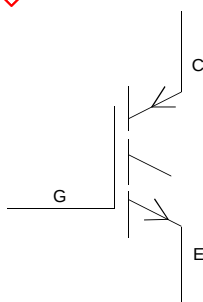
6.1.2 Handling precautions

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.

6.1.3 Graphical symbol of IGBT

The graphical symbol used in this standard is symbol 05-05-19 of IEC 60617-5:



NOTE – This symbol is, however, different from the symbol which is generally in use (see annex A). A modification of symbol 05-05-21 of IEC 60617-5 is under consideration.

6.2 Méthodes de mesure

6.2.1 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.

Schéma

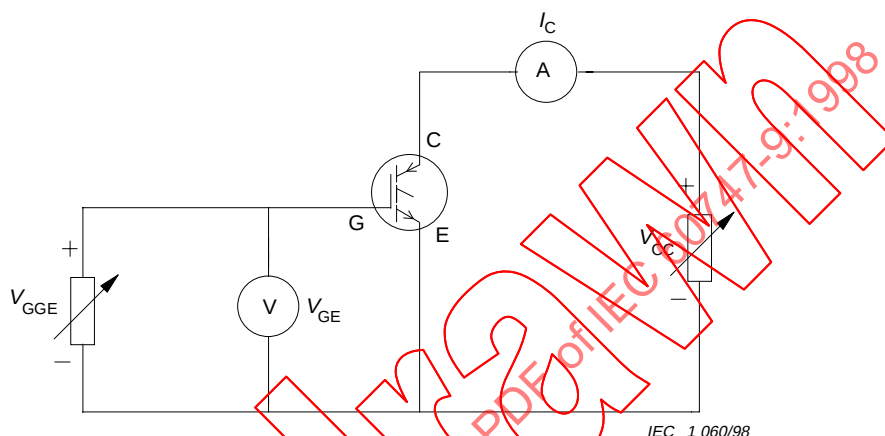


Figure 1 – Schéma de base pour la mesure de la tension de seuil grille-émetteur

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

6.2 Measuring methods

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

Purpose

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

Circuit diagram

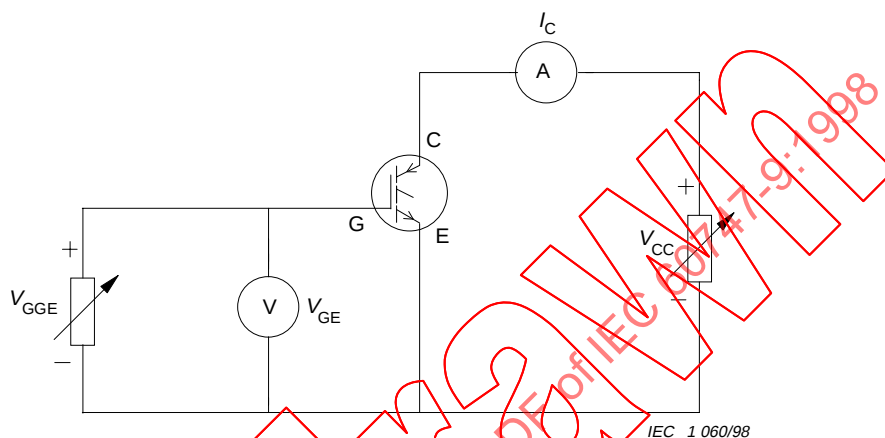


Figure 1 – Basic circuit for measuring the gate-emitter threshold voltage

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

6.2.2 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.

Schéma

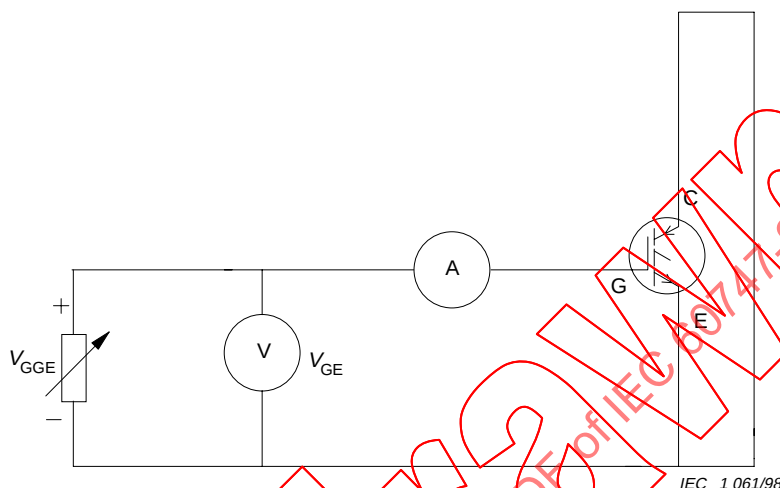


Figure 2 – Circuit pour la mesure du courant de fuite de grille

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

6.2.3 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.

6.2.2 Gate leakage current (I_{GES})

Purpose

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

Circuit diagram

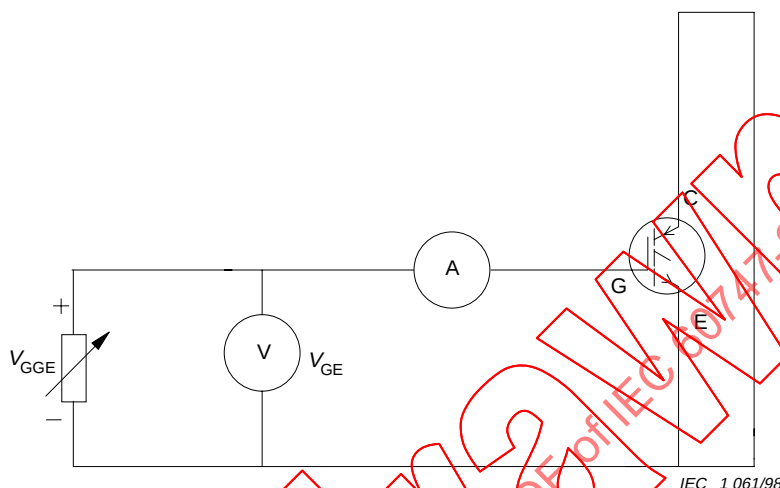


Figure 2 – Circuit for measuring the gate leakage current

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

6.2.3 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

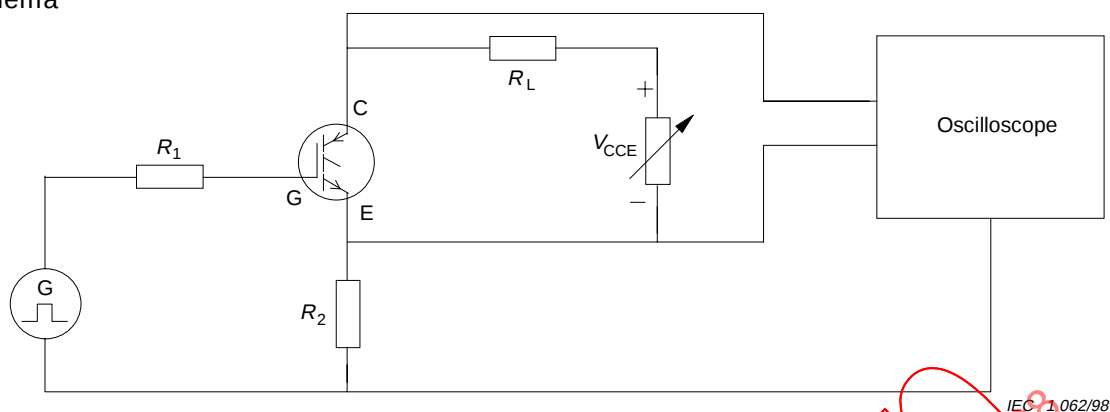


Figure 3 – Circuit pour la détermination de la dissipation de puissance et/ou d'énergie pendant la durée de l'établissement

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 $0,1 \cdot R_1 \cdot C_{ies}$ ou 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.

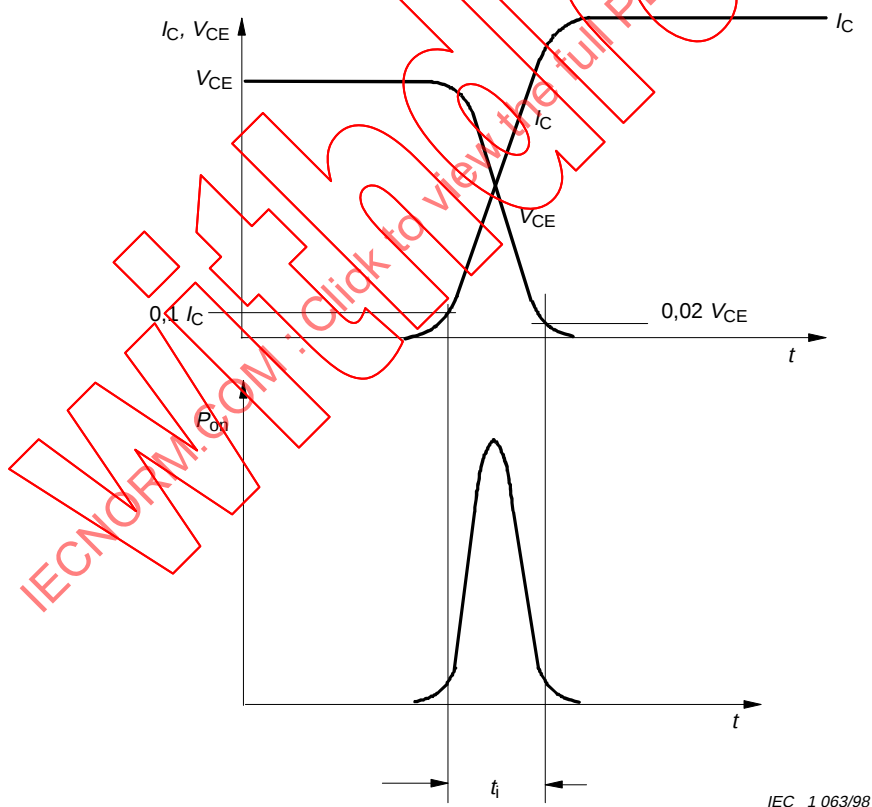


Figure 4 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C , de la tension collecteur-émetteur V_{CE} et de leur produit $I_C \cdot V_{CE} = P_{on}$ au cours de l'établissement. t_i est le temps d'intégration pour le calcul de la dissipation en énergie à l'établissement:

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

Circuit diagram

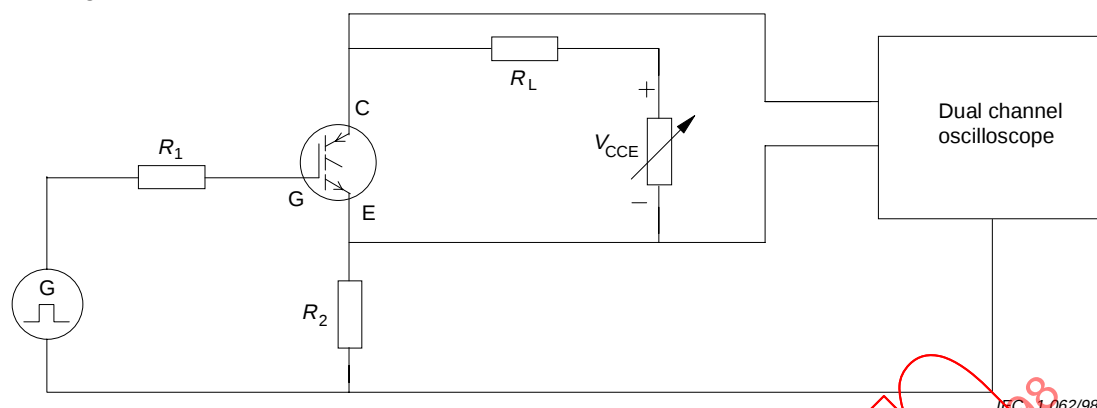


Figure 3 – Circuit for determining the turn-on power dissipation and/or energy

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.

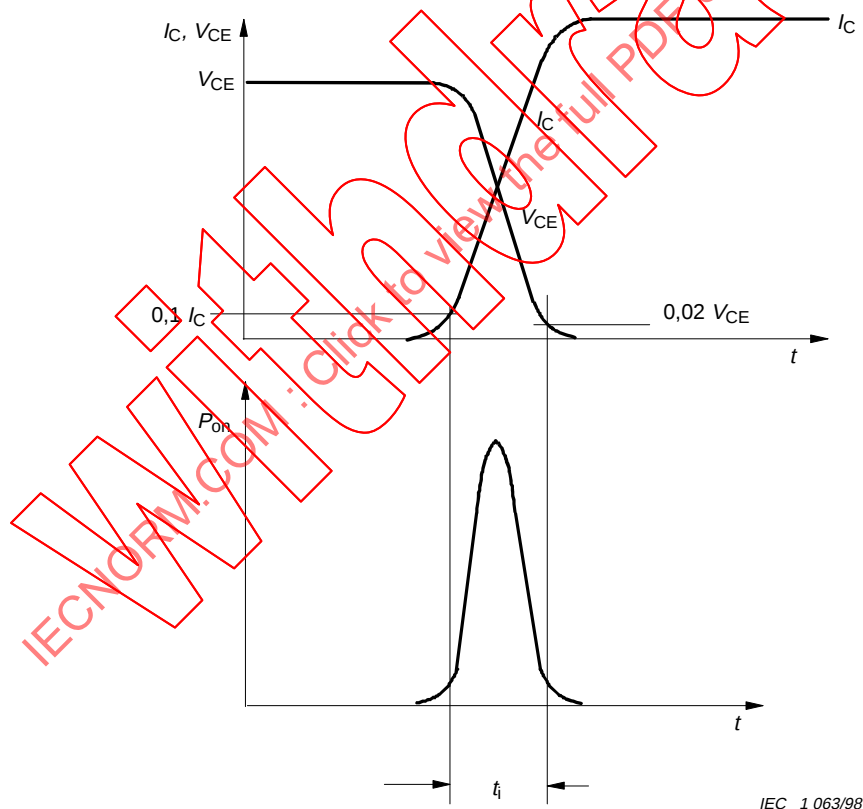


Figure 4 – Waveforms of the collector current I_C , collector-emitter voltage V_{CE} and their product $I_C \cdot V_{CE} = P_{on}$ during turn-on. t_i is the integration time for calculating the turn-on energy:

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

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

6.2.4 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

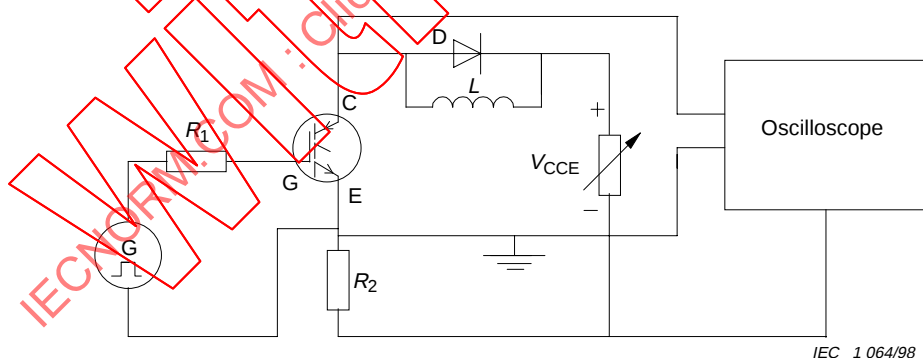


Figure 5 – Circuit pour la détermination de la dissipation de puissance et/ou d'énergie à la coupure pour une charge inductive L

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

6.2.4 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

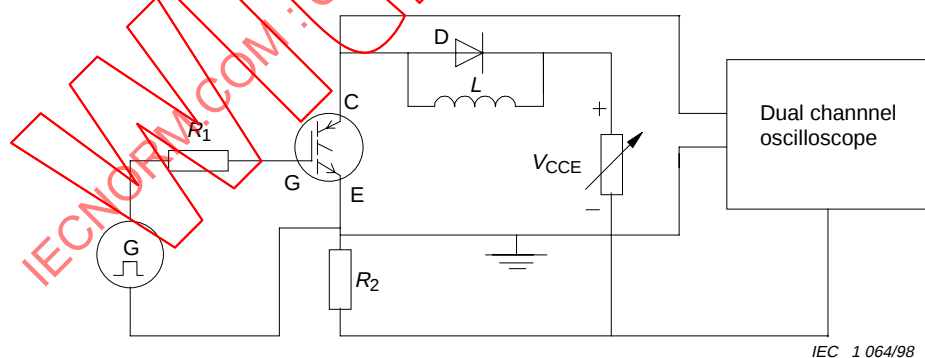


Figure 5 – Circuit for determining the turn-off power dissipation and/or energy at inductive L

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_{CCE} 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.

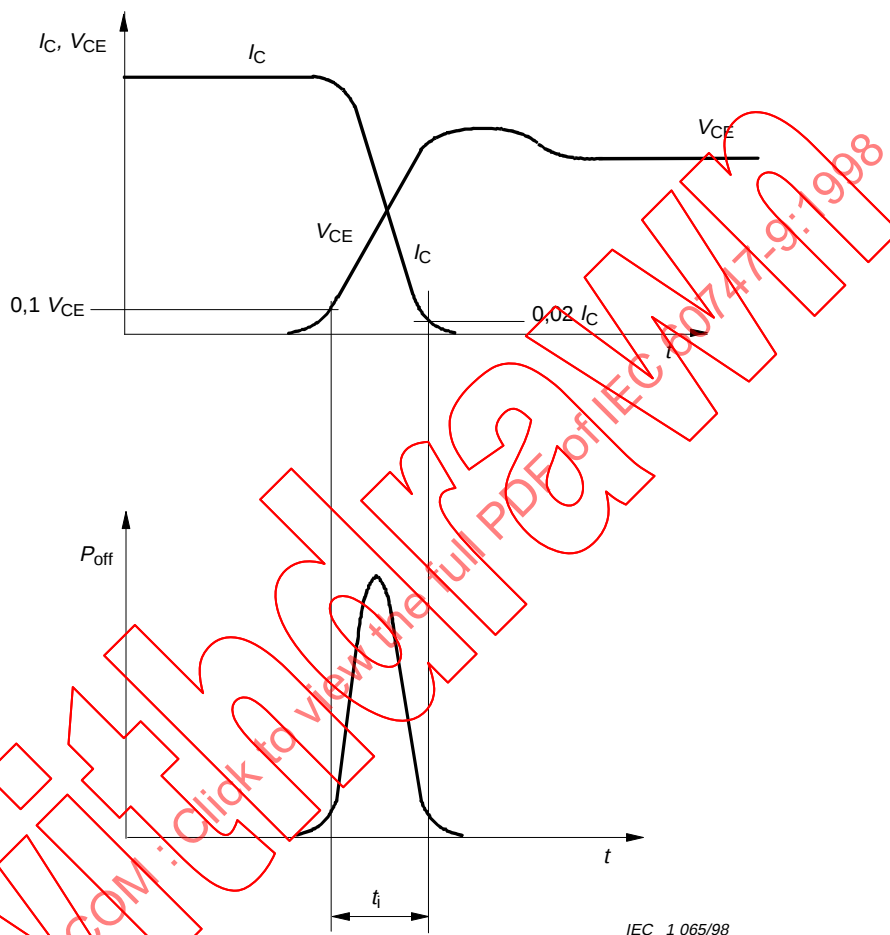


Figure 6 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C , de la tension collecteur-émetteur V_{CE} et de leur produit $I_C \cdot V_{CE} = P_{off}$ à la coupure. t_i est le temps d'intégration pour calculer la dissipation en énergie à la coupure

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

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.

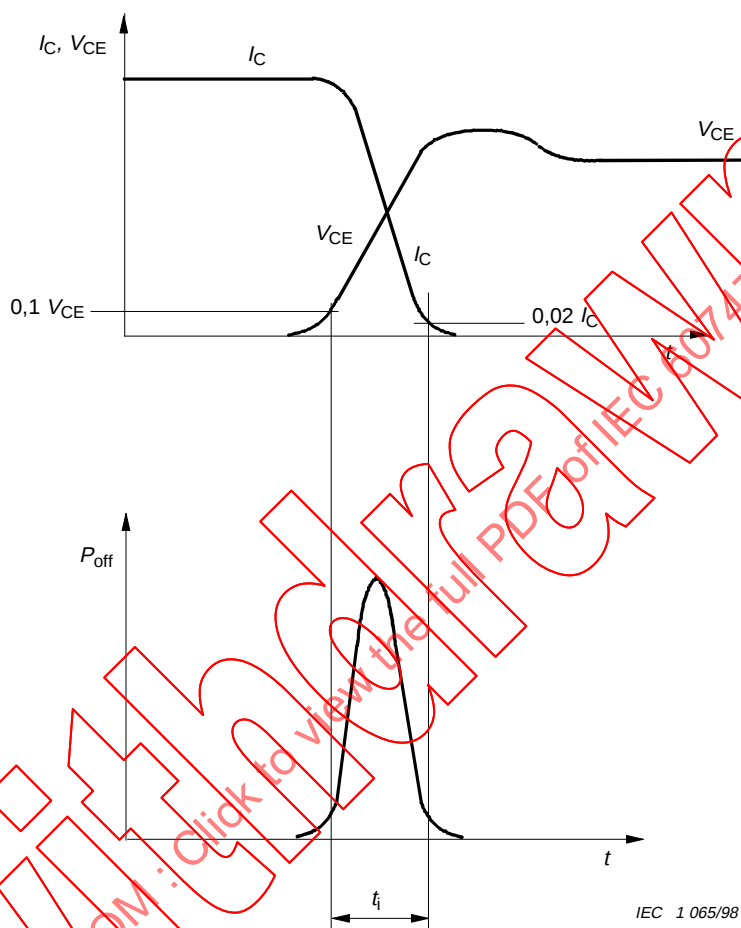


Figure 6 – Waveforms of collector current I_C , collector-emitter voltage V_{CE} and their product $I_C \cdot V_{CE} = P_{off}$ during turn-off. t_i is the integration time for calculating the turn-off energy:

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

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

6.2.5 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

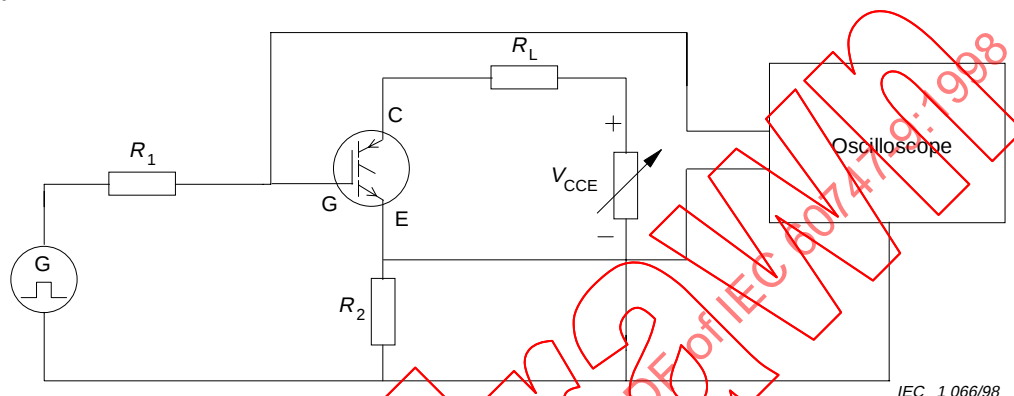


Figure 7 – Circuit pour la mesure du temps total d'établissement t_{on} , du temps de retard à l'établissement $t_{d(on)}$ et du temps de croissance t_r

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.

6.2.5 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

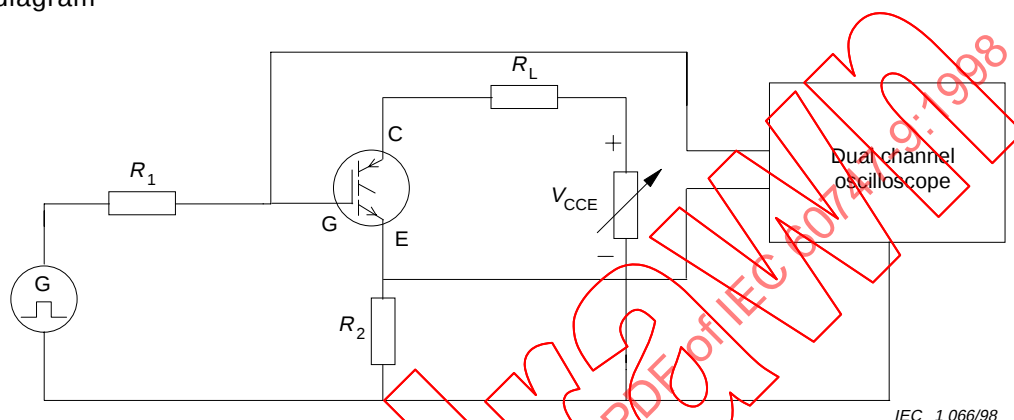


Figure 7 – Circuit for measuring the turn-on time t_{on} , turn-on delay time $t_{d(on)}$ and rise time t_r

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.

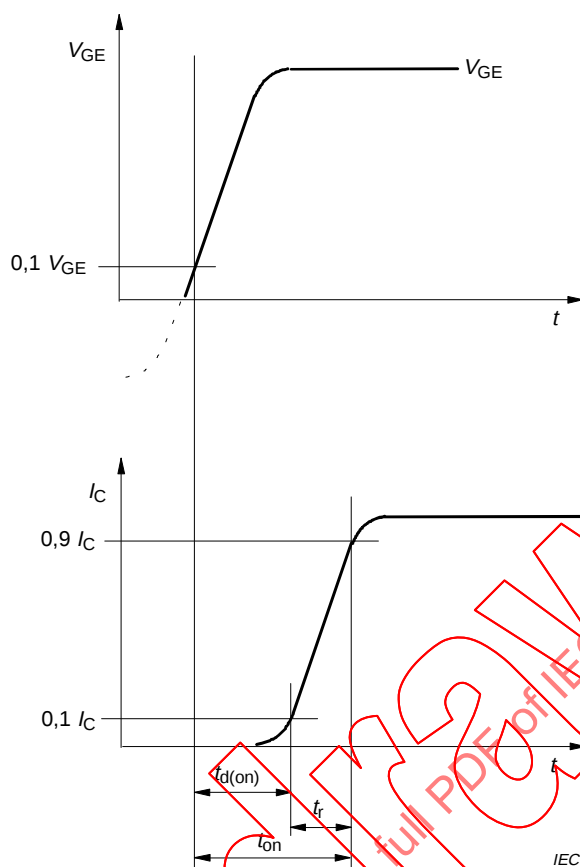


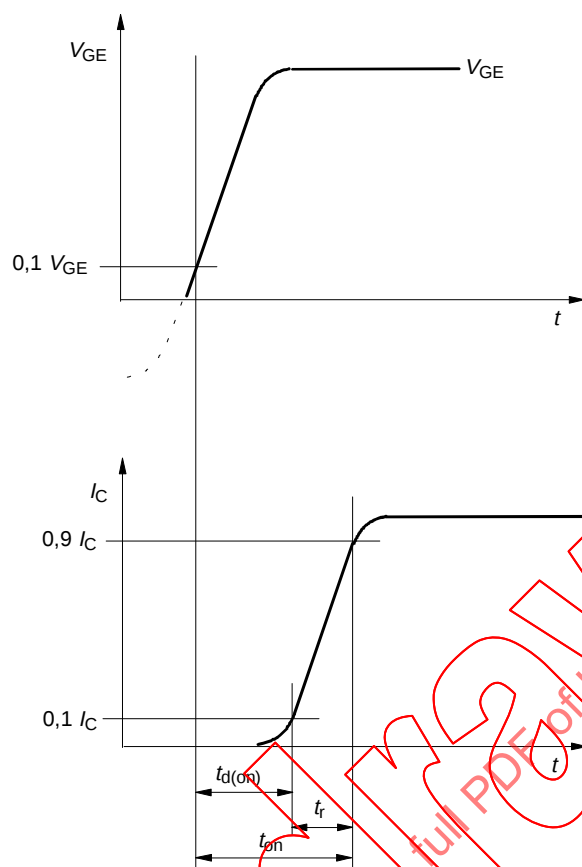
Figure 8 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} et du courant collecteur I_C à l'établissement

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



IEC 1067/98

Figure 8 – 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

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

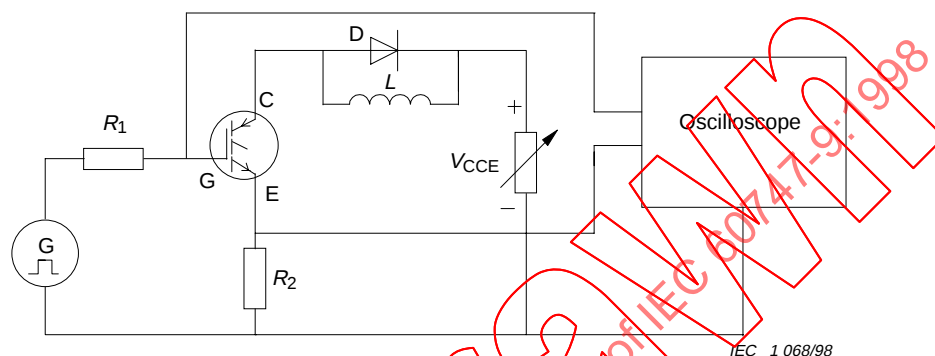
But

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 9 – 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

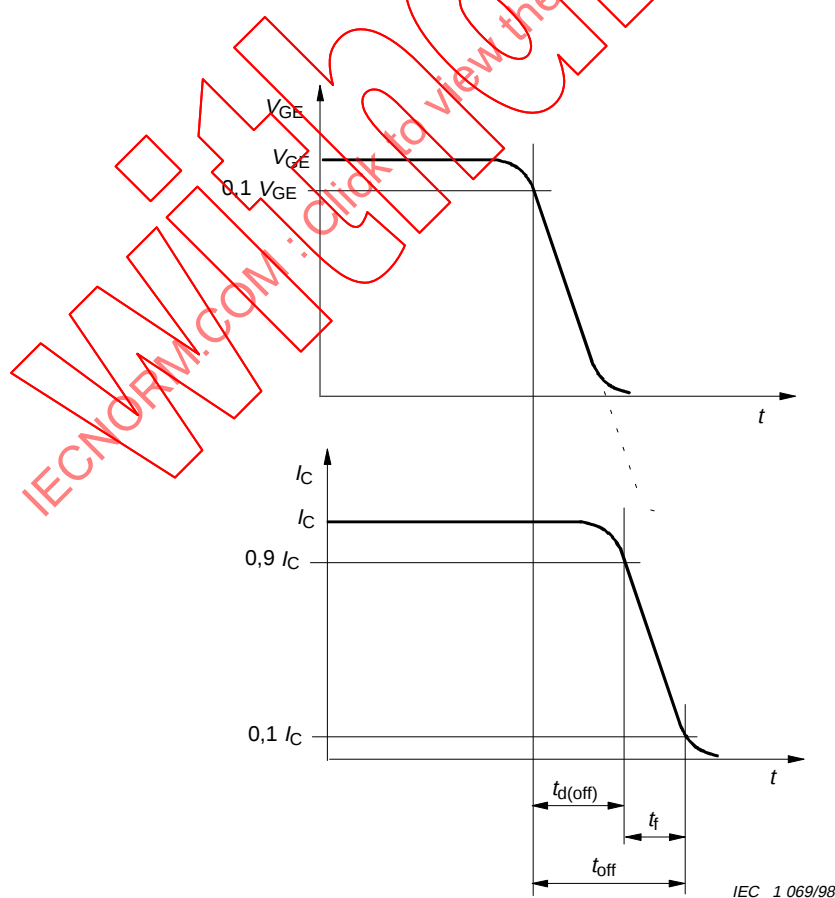


Figure 10 – Formes d'ondes de la tension de grille V_{GE} et du courant collecteur I_C à la coupure

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

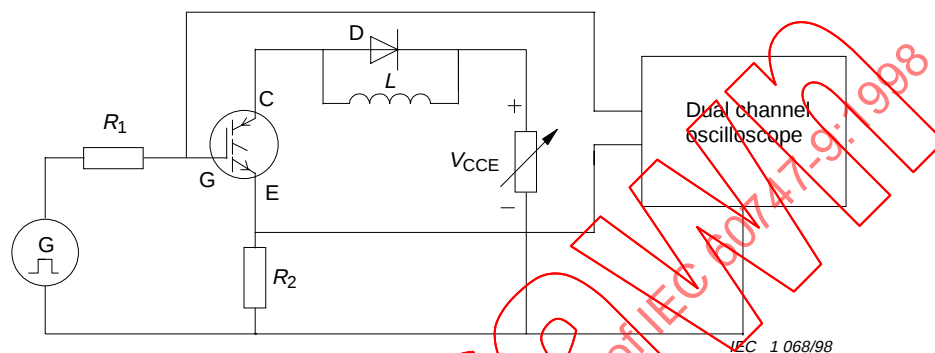
Purpose

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

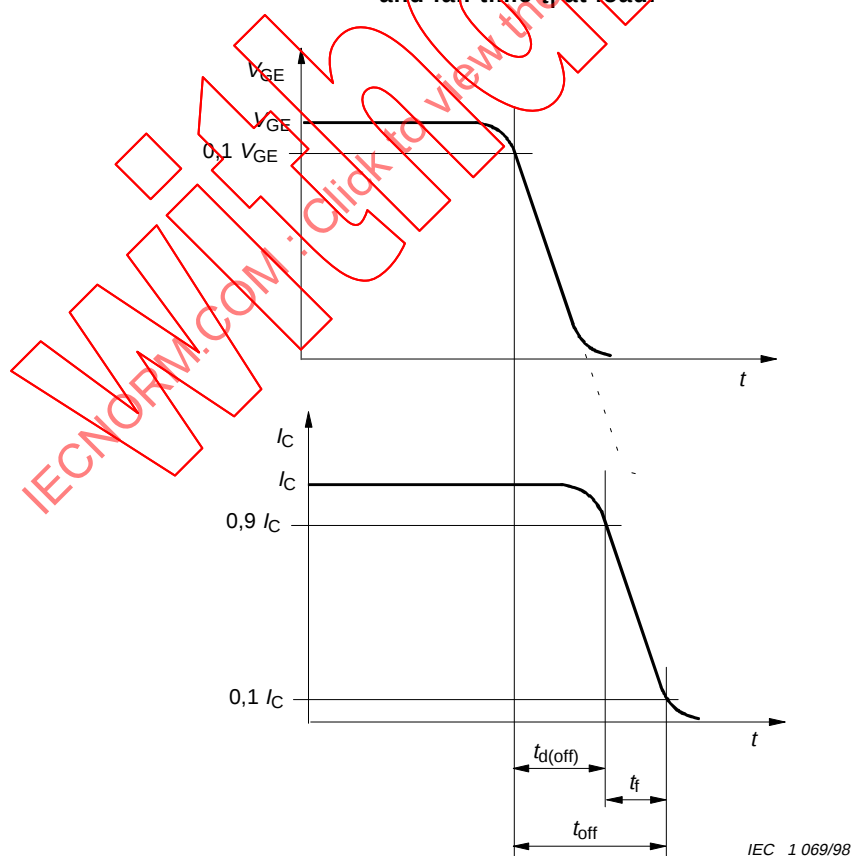


Figure 10 – Waveforms of gate voltage V_{GE} and collector current I_{C} during turn-off

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)

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

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)

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

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

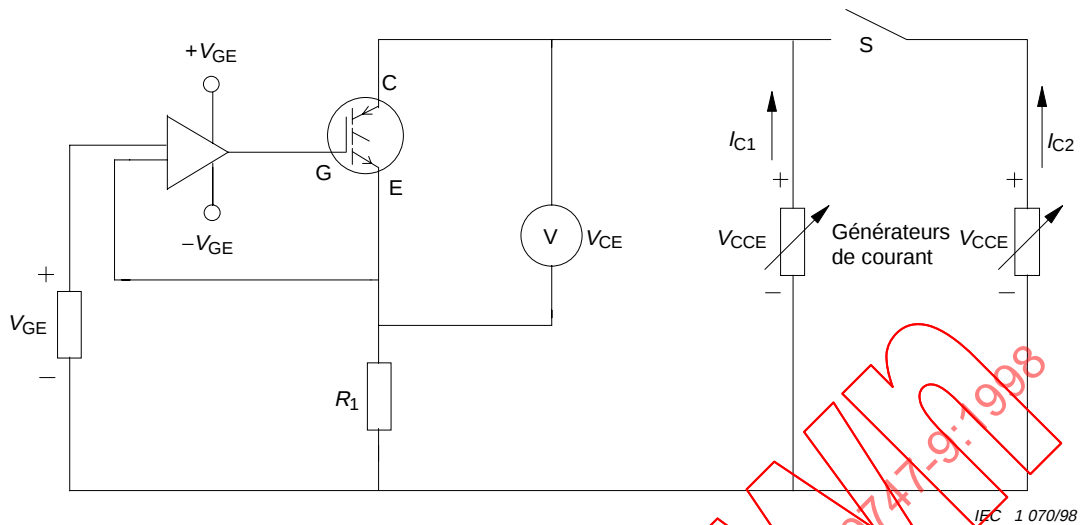


Figure 11 – Circuit pour la mesure de la variation en fonction de la température de la tension collecteur-émetteur V_{CE} à un faible courant de mesure I_{C1} et pour un échauffement du transistor bipolaire à grille isolée par un fort courant I_{C2}

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 $\alpha_{V_{CE}}$ 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 $\alpha_{V_{CE}}$ est alors:

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