



IEC 60747-9

Edition 2.0 2007-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices – Discrete devices –
Part 9: Insulated-gate bipolar transistors (IGBTs)**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets –
Partie 9: Transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE XA
CODE PRIX

ICS 31.080.01; 31.080.30

ISBN 2-8318-9321-6

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
3.1 Graphical symbol of IGBT.....	7
3.2 General terms	8
3.3 Terms related to ratings and characteristics; voltages and currents.....	8
3.4 Terms related to ratings and characteristics; other characteristics.....	10
4 Letter symbols.....	12
4.1 General.....	12
4.2 Additional general subscripts.....	12
4.3 List of letter symbols	13
5 Essential ratings and characteristics.....	14
5.1 Ratings (limiting values)	14
5.2 Characteristics	15
6 Measuring methods	17
6.1 General.....	17
6.2 Verification of ratings (limiting values).....	17
6.3 Methods of measurement	26
7 Acceptance and reliability.....	45
7.1 General requirements.....	45
7.2 Specific requirements.....	45
7.3 Type tests and routine tests	48
Annex A (normative) Measuring method for collector-emitter breakdown voltage	50
Annex B (normative) Measuring method for inductive load turn-off current under specified conditions	52
Annex C (normative) Forward biased safe operating area (FBSOA).....	54
Annex D (normative) Case non-rupture.....	58
Bibliography.....	59
Figure 1 – Circuit for measuring the collector-emitter voltages V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX}	18
Figure 2 – Circuit for testing the gate-emitter voltage $\pm V_{GES}$	19
Figure 3 – Circuit for measuring collector current.....	20
Figure 4 – Circuit for measuring peak collector current	21
Figure 5 – Test circuit of reverse safe operating area (RBSOA)	22
Figure 6 – Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} and collector current I_C during turn-off.....	22
Figure 7 – Circuit for testing safe operating pulse width at load short circuit (SCSOA1)	23
Figure 8 – Waveforms of gate-emitter voltage V_{GE} , collector current I_C and voltage V_{CE} during load short-circuit condition SCSOA1	24
Figure 9 – Short-circuit safe operating area 2 (SCSOA2)	25

Figure 10 – Waveforms during SCSOA2	25
Figure 11 – Circuit for measuring the collector-emitter sustaining voltage V_{CE*sus}	26
Figure 12 – Operating locus of the collector current	27
Figure 13 – Circuit for measuring the collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}	28
Figure 14 – Basic circuit for measuring the gate-emitter threshold voltage	29
Figure 15 – Circuit for measuring the collector cut-off current	30
Figure 16 – Circuit for measuring the gate leakage current	31
Figure 17 – Circuit for measuring the input capacitance	32
Figure 18 – Circuit for measuring the output capacitance.....	33
Figure 19 – Circuit for measuring the reverse transfer capacitance	34
Figure 20 – Circuit for measuring the gate charge.....	35
Figure 21 – Basic gate charge waveform	35
Figure 22 – Circuit for measuring the short-circuit internal gate resistance.....	36
Figure 23 – Circuit for measuring turn-on times and energy	37
Figure 24 – Waveforms during turn-on times.....	38
Figure 25 – Circuit for measuring turn-off times and energy	39
Figure 26 – Waveforms during turn-off times.....	39
Figure 27 – 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}	41
Figure 28 – 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. $T_C = T_{vj}$).....	42
Figure 29 – Circuit for measuring thermal resistance and transient thermal impedance: method 2	43
Figure 30 – 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. $T_C = T_{vj}$).....	44
Figure 31 – I_C , V_{GE} and T_C with time	45
Figure 32 – Circuit for high-temperature blockings	46
Figure 33 – Circuit for high-temperature gate bias	47
Figure 34 – Circuit for intermittent operating life	47
Figure 35 – Expected number of cycles versus temperature rise ΔT_{vj}	48
Figure A.1 – Circuit for testing the collector-emitter breakdown voltage	50
Figure B.1 – Measuring circuit for inductive load turn-off current.....	52
Figure B.2 – Waveforms of collector current I_C and collector voltage V_{CE} during turn-off	52
Figure C.1 – Test circuit of forward biased safe operating area (method 1).....	54
Figure C.2 – Typical ΔV_{CE} versus collector-emitter voltage V_{CE} characteristics.....	55
Figure C.3 – Typical forward biased safe operating area.....	55
Figure C.4 – Circuit testing forward biased safe operating area (method 2).....	56
Figure C.5 – Latching mode operation waveforms.....	57
Figure C.6 – Latching mode I-V characteristic.....	57

Table 1 – Acceptance-defining characteristics	17
Table 2 – Acceptance-defining characteristics for endurance and reliability tests	46
Table 3 – Minimum type and routine tests for IGBTs when applicable	49

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition of IEC 60747-9 cancels and replaces the first edition (1998) and its amendment 1 (2001).

The main changes with respect to the previous edition are listed below.

- a) Clause 3 was amended by adding terms that should be included.
- b) Clauses 4 and 5 were amended by suitable additions and deletions that should be included.
- c) Clauses 6 and 7 in Amendment 1 were combined into Clause 6 with suitable additions and corrections that should be included.
- d) Clause 8 in Amendment 1 was renumbered as Clause 7.

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

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

FDIS	Report on voting
47E/333/FDIS	47E/341/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of the IEC 600747 series, under the general title: *Semiconductor devices – Discrete devices*, can be found on the IEC website.

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

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

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, verification of ratings and methods of measurement for insulated-gate bipolar transistors (IGBTs).

2 Normative references

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

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

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

IEC 60747-6, *Semiconductor devices – Part 6: Thyristors*

IEC 61340 (all parts), *Electrostatics*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	63
1 Domaine d'application	65
2 Références normatives	65
3 Termes et définitions	65
3.1 Symbole graphique des transistors bipolaires à grille isolée	65
3.2 Termes généraux	66
3.3 Termes relatifs aux valeurs limites et aux caractéristiques; tensions et courants	66
3.4 Termes relatifs aux valeurs limites et caractéristiques; autres caractéristiques	68
4 Symboles littéraux	70
4.1 Généralités	70
4.2 Autres indices généraux	70
4.3 Liste des symboles littéraux	71
5 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	72
5.1 Valeurs limites	72
5.2 Caractéristiques	73
6 Méthodes de mesure	75
6.1 Généralités	75
6.2 Vérification des valeurs limites	75
6.3 Méthodes de mesure	84
7 Réception et fiabilité	103
7.1 Exigences générales	103
7.2 Exigences spécifiques	103
7.3 Essais de type et essais individuels de série	106
 Annex A (normative) Méthode de mesure de la tension de claquage collecteur-émetteur	 108
Annex B (normative) Méthode de mesure du courant de fermeture sur charge inductive dans des conditions spécifiées	110
Annex C (normative) Aire de sécurité en polarisation directe (FBSOA)	112
Annex D (normative) Non-rupture du boîtier	116
 Bibliographie	 117
 Figure 1 – Circuit de mesure des tensions collecteur-émetteur V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX}	 76
Figure 2 – Circuit de mesure de la tension grille-émetteur $\pm V_{GES}$	77
Figure 3 – Circuit de mesure du courant collecteur	78
Figure 4 – Circuit de mesure du courant collecteur de pointe	79
Figure 5 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en inverse (RBSOA)	80
Figure 6 – Formes d'ondes de la tension grille-émetteur V_{GE} et du courant collecteur I_C à la fermeture	80
Figure 7 – Circuit de mesure de la largeur d'impulsion de l'aire de sécurité en régime de court-circuit sur la charge (SCSOA1)	81

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 sur la charge SC SOA1	82
Figure 9 – Aire de sécurité en court-circuit 2 (SC SOA2).....	83
Figure 10 – Formes d'ondes pendant la mesure de SC SOA2	83
Figure 11 – Circuit de mesure de la tension de maintien collecteur-émetteur V_{CE}^{*sus}	85
Figure 12 – Aire de fonctionnement du courant collecteur	86
Figure 13 – Circuit de mesure de la tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}	87
Figure 14 – Schéma de base pour la mesure de la tension de seuil grille-émetteur.....	88
Figure 15 – Circuit de mesure du courant collecteur de coupure	89
Figure 16 – Circuit pour la mesure du courant de fuite de grille.....	90
Figure 17 – Circuit de mesure de la capacité d'entrée.....	91
Figure 18 – Circuit de mesure de la capacité de sortie.....	92
Figure 19 – Circuit de mesure de la capacité de transfert inverse	93
Figure 20 – Schéma de mesure de la charge de grille.....	94
Figure 21 – Forme d'onde de base de la charge de grille	94
Figure 22 – Circuit de mesure de la résistance de grille interne en court-circuit	95
Figure 23 – Circuit de mesure des temps d'ouverture et de l'énergie à l'ouverture	96
Figure 24 – Formes d'ondes à l'ouverture	97
Figure 25 – Circuit de mesure des temps de fermeture et de l'énergie à la fermeture.....	98
Figure 26 – Formes d'ondes à la fermeture	98
Figure 27 – 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}	99
Figure 28 – 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 $T_C = T_{vj}$)	100
Figure 29 – Circuit de mesure de la résistance thermique et de l'impédance thermique transitoire: méthode 2	101
Figure 30 – 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 $T_C = T_{vj}$).....	102
Figure 31 – I_C , V_{GE} et T_C en fonction du temps	103
Figure 32 – Circuit pour le blocage à haute température	104
Figure 33 – Circuit pour grille polarisée à haute température	105
Figure 34 – Circuit pour la durée de vie en fonctionnement intermittent	106
Figure 35 – Nombre de cycles attendus en fonction de l'augmentation de la température ΔT_{vj}	106
Figure A.1 – Circuit de mesure de la tension de claquage collecteur-émetteur	108
Figure B.1 – Circuit de mesure du courant de fermeture sur charge inductive	110
Figure B.2 – Formes d'ondes du courant collecteur I_C et de la tension collecteur V_{CE} pendant la fermeture.....	110
Figure C.1 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en polarisation directe (méthode 1).....	112
Figure C.2 – Caractéristiques typiques ΔV_{CE} en fonction de la tension collecteur-émetteur V_{CE}	113
Figure C.3 – Aire de sécurité en polarisation directe typique.....	114
Figure C.4 – Circuit de mesure de l'aire de sécurité en polarisation directe (méthode 2).....	115

Figure C.5 – Formes d'ondes de fonctionnement en blocage	115
Figure C.6 – Caractéristique I-V en blocage.....	115
Tableau 1 – Caractéristiques définissant la réception	76
Tableau 2 – Caractéristiques définissant la réception pour les essais d'endurance et de fiabilité.....	104
Tableau 3 – Essais de type et essais individuels de série minimaux pour les transistors bipolaires à grille isolée si applicables	107

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS DISCRETS –****Partie 9: Transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de 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.

Cette deuxième édition de la CEI 60747-9 annule et remplace la première édition (1998) et son amendement 1 (2001).

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- a) L'Article 3 a été modifié par l'ajout de termes qu'il convient d'inclure.
- b) Les Articles 4 et 5 ont été modifiés par les ajouts et les suppressions appropriés qu'il convient d'inclure.
- c) Les Articles 6 et 7 de l'Amendement 1 ont été regroupés dans l'Article 6 avec les ajouts et les corrections appropriés qu'il convient d'inclure.
- d) L'article 8 de l'amendement 1 a été renuméroté Article 7.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47E/333/FDIS	47E/341/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 600747, sous le titre général: *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets*, est disponible sur le site web de la CEI.

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

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

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, la vérification des valeurs limites ainsi que les méthodes de mesure pour les transistors bipolaires à grille isolée (IGBT, *insulated-gate bipolar transistors*).

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60747-1:2006, *Semiconductor devices – Part 1: General*

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

CEI 60747-6, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 6: Thyristors*

CEI 61340 (toutes les parties), *Electrostatique*