

絶縁ゲートバイポーラトランジスタ

追 補 1

緒 言

1. 部分改訂の経緯と要旨

本規格は 2000 年に制定された。これに対して現在 IEC では対応国際規格 **IEC 60747-9** の第 2 版を審議中である。このため JEC 規格としても特に必要な点を追補としてまとめることにした。

本改訂の原案は、パワーエレクトロニクス標準化委員会が作成し、2006 年 11 月 30 日に電気規格調査会委員総会の承認を経て制定された。

追 補 JEC-2405-2000 を次のように改訂する。

(1) 2.2.7 コレクタ電流 [11頁]

この箇条の次に、次の箇条を追加する。

2.2.7A テイル電流 テイル時間 (**2.2.24** (2)(d)参照) におけるコレクタ電流。

(2) 2.2.10 コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧 [11頁]

この箇条の次に、次の箇条を追加する。

2.2.10A コレクタ・エミッタ間降伏電圧 ゲート・エミッタ間を短絡した状態でコレクタ・エミッタ間電圧を増加させたとき、コレクタ電流が急に増加するところのコレクタ・エミッタ間電圧。

(3) 2.2.23 ゲート電荷量 [11 頁]

この箇条の次に、次の箇条を追加する。

2.2.23A 内部ゲート抵抗 IGBT のゲート内部に直列に存在する抵抗。

(4) 2.2.25 スイッチング損失 [13 頁]

この箇条の(1), (2)において、次の用語を変更する。

(1) “ターンオン損 [失]” を “ターンオン [損失] エネルギー” に変更する。

(2) “ターンオフ損 [失]” を “ターンオフ [損失] エネルギー” に変更する。

(2)において “コレクタ・エミッタ間電圧が最大振幅の 10%に上昇した時点から,” を “ゲート・エミッタ間電圧が 90%に降下した時点から,” に変更する。

(5) 4.1 定格・特性と規定項目 表 1 IGBT の定格・特性および規定する項目 [14 頁]

表 1 において、電氣的定格にある “定格コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧” を電氣的定格から削除し、 “最小コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧” として電氣的特性に追加する。

また、電氣的特性に “ゲート電荷量”, “(最大) 内部ゲート抵抗”, “最大ターンオン [損失] エネルギー” およ

び“最大ターンオフ [損失] エネルギー”を追加する。

このため、表 1 に次を追加する。

表 1a IGBT の定格・特性および規定する項目 (追加)

定格・特性		項目番号	規定項目
電氣的 特 性	最小コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧	4.5.3A	
	ゲート電荷量	4.5.7A	
	(最大) 内部ゲート抵抗	4.5.7B	
	最大ターンオン [損失] エネルギー	4.5.9A	
	最大ターンオフ [損失] エネルギー	4.5.9B	

(6) 4.3.5 定格コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧 [15 頁]

この箇条を削除する。

(7) 4.5.3 最大コレクタ・エミッタ間飽和電圧 [16 頁]

この箇条の次に次の箇条を追加する。

4.5.3A 最小コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧 指定の基準点温度、指定のゲート電圧、および指定のゲート・エミッタ間条件において、指定のインダクタンスの負荷リアクトルに通電している指定のコレクタ電流を指定の繰返し周波数でターンオフしたときに加えることができるコレクタ・エミッタ間ピーク電圧の最小値。

(8) 4.5.7 最大出力 [静電] 容量 [16 頁]

この箇条の次に次の二つの箇条を追加する。

4.5.7A ゲート電荷量 指定の基準点温度、指定のゲート・エミッタ間電圧、ならびにターンオン前の指定のコレクタ・エミッタ間電圧およびターンオン後の指定のコレクタ電流におけるゲート電荷量の代表値。

4.5.7B (最大)内部ゲート抵抗 指定の基準点温度、指定のゲート・エミッタ間電圧、指定のコレクタ・エミッタ間電圧、および指定の周波数における内部ゲート抵抗の最大値および/または代表値。

(9) 4.5.9 最大ターンオフ時間 [17 頁]

この箇条の次に次の二つの箇条を追加する。

4.5.9A 最大ターンオン [損失] エネルギー 指定の基準点温度、指定のコレクタ条件、および指定のゲート・エミッタ間条件におけるターンオン損失エネルギーの最大値。コレクタ条件は、コレクタ・エミッタ間の電源電圧、およびコレクタ電流または負荷電流 (負荷のインダクタンス) で与える。

4.5.9B 最大ターンオフ [損失] エネルギー 指定の基準点温度、指定のコレクタ条件、および指定のゲート・エミッタ間条件におけるターンオフ損失エネルギーの最大値。コレクタ条件は、コレクタ・エミッタ間の電源電圧、およびコレクタ電流または負荷電流 (負荷のインダクタンス) で与える。

(10) 5.1.3 標準試験条件 [19 頁]

この箇条の(2) 注(2)において、“同等精度のデジタル計測器を使用してもよい。”の次に“オシロスコープで計測する場合も同様である”を追加する。

(11) 5.2 試験項目 表6 試験項目および試験の種類 [19, 20 頁]

表6において、電氣的定格試験にある“コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧試験”を削除し、電氣的特性試験に追加する。

また、電氣的特性試験に“ゲート電荷量試験”および“内部ゲート抵抗試験”を追加する。

このため、表6に次を追加する。

表6 試験項目および試験の種類 (追加)

	試験項目	試験項目番号	形式試験	常規試験	定格特性項目番号
電氣的特性試験	コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧試験	5.4.3A	○		4.5.3A
	ゲート電荷量試験	5.4.7A			4.5.7A
	内部ゲート抵抗試験	5.4.7B			4.5.7B

(12) 5.3.5 コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧試験 [24~26 頁]

この箇条を削除し、5.4.3 コレクタ・エミッタ間飽和電圧試験 [34, 35頁] の次に 5.4.3A コレクタ・エミッタ間サステーニング電圧試験 として移動する。

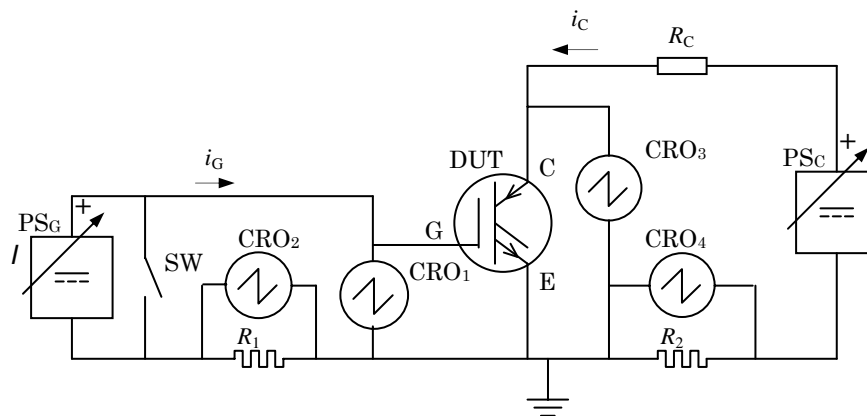
(13) 5.4.7 出力 [静電] 容量試験 [37, 38 頁]

この箇条の次に次の二つの箇条を追加する。

5.4.7A ゲート電荷量試験

(1) 目的 指定の条件で供試IGBTのゲート電荷量を測定する。

(2) 試験回路 試験回路を図32aに、試験波形を図32bに示す。



DUT : 供試 IGBT PS_G : ゲート電流用可変定電流電源
 PS_C : コレクタ・エミッタ間可変定電圧電源 R_C : 電流制限抵抗 R₁ : ゲート電流測定用無誘導抵抗
 R₂ : コレクタ電流測定用無誘導抵抗 SW : スイッチ
 CRO₁ : ゲート・エミッタ間電圧測定用オシロスコープ^(9b) CRO₂ : ゲート電流測定用オシロスコープ^(9b)
 CRO₃ : コレクタ・エミッタ間電圧測定用オシロスコープ^(9b) CRO₄ : コレクタ電流測定用オシロスコープ^(9b)

図32a ゲート電荷量試験回路

注(9b) CRO₁およびCRO₂, またはCRO₃およびCRO₄は、2現象オシロスコープで代用してもよい。

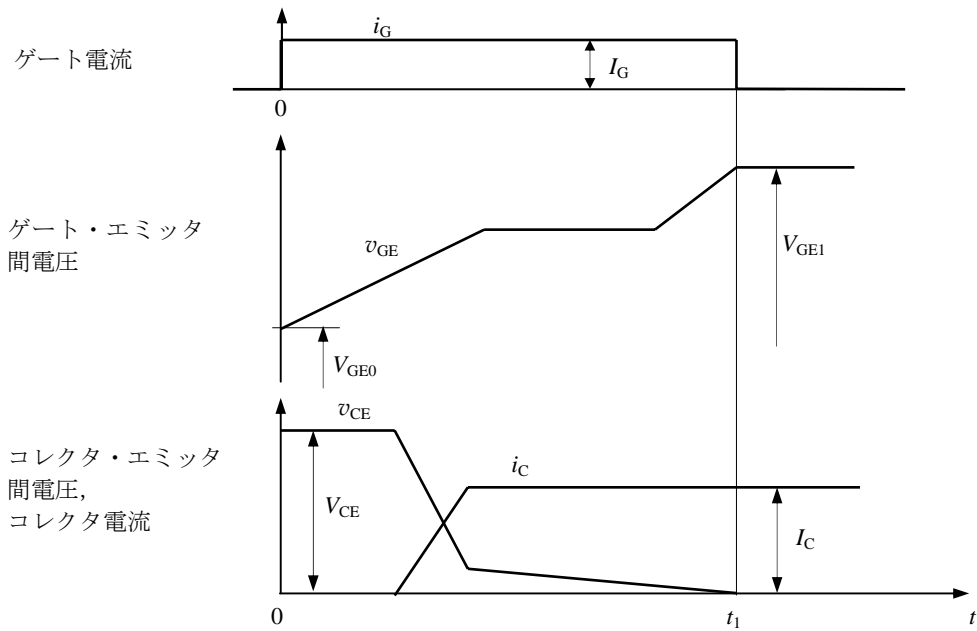


図32b ゲート電荷量試験波形

(3) 試験手順

- (a) 指定のコレクタ電流が流れるように電流制限抵抗 R_C を設定する。
- (b) $t = 0$ でスイッチ SW を開き，ゲート・エミッタ間電圧 v_{GE} が指定値 V_{GE1} に達する時点 t_1 までゲートに一定電流 I_G を供給する。
- (c) 時刻 0 から t_1 までの間の v_{GE} ，コレクタ・エミッタ間電圧 v_{CE} およびコレクタ電流 i_C を観測する。
- (d) 全ゲート電荷量 Q_G を次式によって計算する

$$Q_G = \int_0^{t_1} i_G(t) dt = I_G t_1$$

(4) 試験条件

- (a) コレクタ電流 I_C 指定の値
- (b) コレクタ・エミッタ間電圧 V_{CE} 指定の値
- (c) $t = 0$ および t_1 におけるゲート・エミッタ間電圧 V_{GE0} ， V_{GE1} 指定の値
- (d) 基準点温度 指定の値

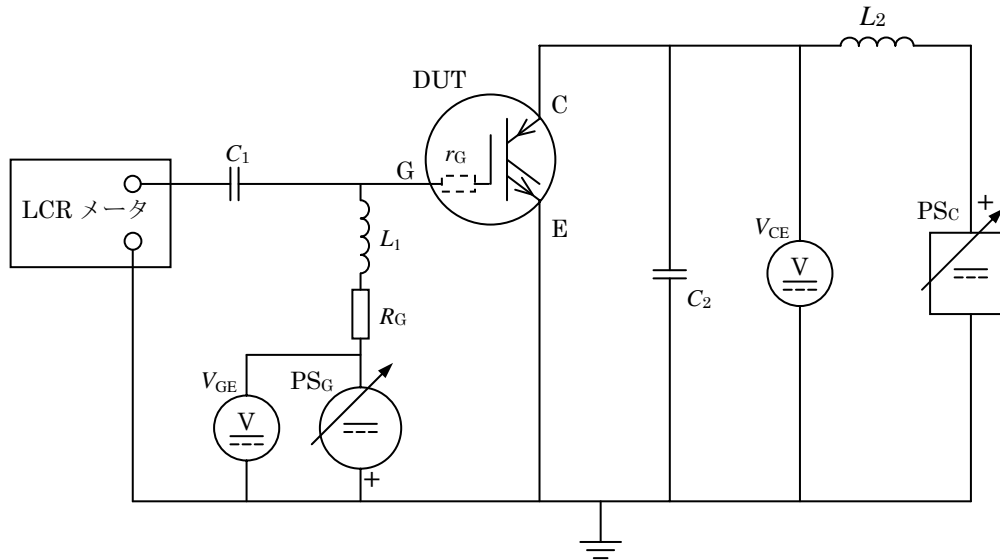
5.4.7B 内部ゲート抵抗試験

- (1) 目的 指定の条件で供試IGBTの内部ゲート抵抗を測定する。
- (2) 試験回路 試験回路を図 32c に示す。
- (3) 試験手順 供試パワーIGBT (DUT) のコレクタ・エミッタ間電圧 V_{CE} およびゲート・エミッタ間電圧 V_{GE} を指定の値に保つ。

LCRメータによって内部ゲート抵抗 r_g を測定する。

(4) 試験条件

- (a) コレクタ・エミッタ間電圧 V_{CE} 指定の値
- (b) ゲート・エミッタ間電圧 V_{GE} 指定の値



DUT : 供試IGBT P_{SG} : ゲート・エミッタ間可変直流電源
 P_{Sc} : コレクタ・エミッタ間可変定電圧電源 R_G : ゲート抵抗
 C₁, C₂ : 測定用コンデンサ L₁, L₂ : 測定用リアクトル
 V_{GE} : ゲート・エミッタ間電源電圧測定用電圧計 V_{CE} : コレクタ・エミッタ間電圧測定用電圧計

図32c 内部ゲート抵抗試験回路

備考 測定用コンデンサの静電容量 C_1 および C_2 は、測定周波数 f において以下の式の条件を満たして短絡回路とみなせるようにすることが望ましい。また、測定用リアクトル L_1 および L_2 のインピーダンスは、測定に影響を与えないよう測定周波数において十分に大きくすることが望ましい。

$$2\pi f C_1 \gg |y_{is}|, \quad 2\pi f C_2 \gg |y_{os}| \quad \text{かつ} \quad 2\pi f L_1 \gg 1/|y_{is}|, \quad 2\pi f L_2 \gg 1/|y_{os}|$$

ここに、 y_{is} : DUTの入力アドミタンス、 y_{os} : DUTの出力アドミタンス

- (c) 測定周波数 f 指定の値
- (d) 基準点温度 指定の値

(14) 5.4.9 誘導負荷スイッチング試験 [39～42 頁]

この箇条(1), (2)において、次の用語を変更する。

- (1) “ターンオン損 [失]”を“ターンオン [損失] エネルギー”に、“ターンオン損失”を“ターンオン損失 エネルギー”に変更する。
 - (2) “ターンオフ損 [失]”を“ターンオフ [損失] エネルギー”に、“ターンオフ損失”を“ターンオフ損失 エネルギー”に変更する。
- (2)(c)手 順 の 8 行目からの“ここで、積分時間 t_i は、 v_{CE} が $V_{CE(clamp)}$ からコレクタ・エミッタ間電圧を差し引いた電圧 $V_{CE(clamp)}$ の 10%まで上昇した時点から、”を“ここで、積分時間 t_i は v_{GE} が V_{GE} からその 90%まで降下した時点から、”に変更し、図 38 のターンオフ損失の t_i の範囲も $90\%V_{GE}$ の時点からに修正する。

(15) 解説 1. 冷却方式の種類とその定義 [48 頁]

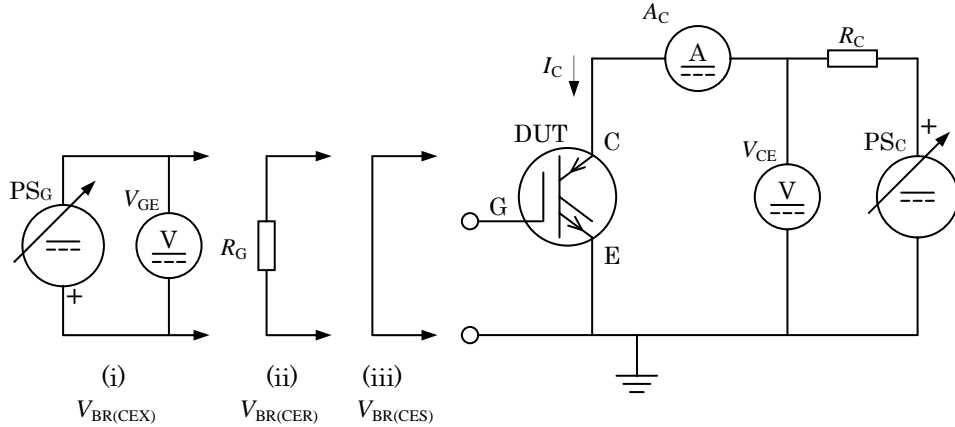
この解説の次に次の解説を追加する。

解説 1a. コレクタ・エミッタ間降伏電圧試験

IGBT の限界を評価するためにコレクタ・エミッタ間降伏電圧を測定することがある。ここではその試験方法を解説する。この試験は、IGBT の定格を超える可能性があり、試験後に供試 IGBT の特性が変化する、ま

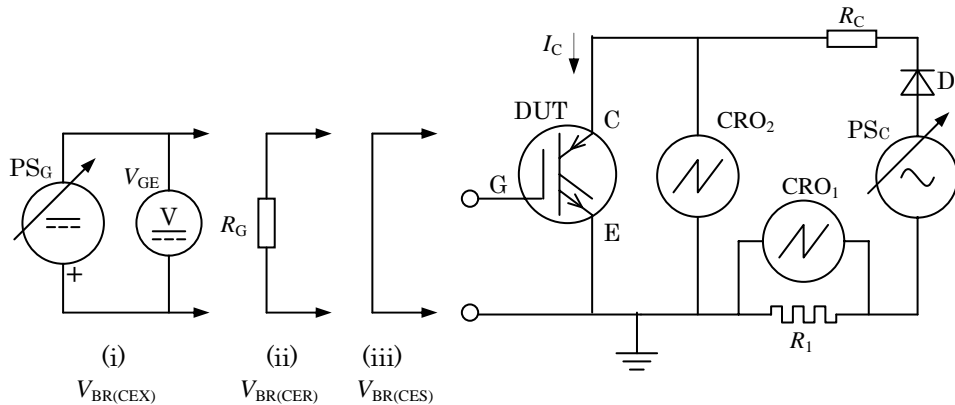
たは供試 IGBT を破損させることがある。試験データを表示する場合には試験条件を限定して実施することが望ましい。

- (1) 目的 指定の条件で供試パワーIGBTのコレクタ・エミッタ間降伏電圧を測定する。
- (2) 試験回路 直流法と交流法とがある。それぞれの試験回路を解説1a図1に示す。



DUT : 供試パワーIGBT PS_G : ゲート・エミッタ間逆バイアス用可変直流電源
 PS_C : コレクタ・エミッタ間可変直流電源 R_G : ゲート・エミッタ間抵抗 R_C : 保護用抵抗
 V_{GE} : ゲート・エミッタ間電圧測定用電圧計 V_{CE} : コレクタ・エミッタ間電圧測定用電圧計
 A_C : コレクタ電流測定用電流計

(a) 直流法



DUT : 供試パワーIGBT PS_G : ゲート・エミッタ間逆バイアス用可変直流電源
 PS_C : コレクタ・エミッタ間可変交流電源 R_G : ゲート・エミッタ間抵抗 R_C : 保護用抵抗
 R₁ : コレクタ電流測定用無誘導抵抗 V_{GE} : ゲート・エミッタ間電圧測定用電圧計
 CRO₁ : コレクタ電流観測用オシロスコープ CRO₂ : コレクタ・エミッタ間電圧観測用オシロスコープ
 D : 整流用ダイオード

(b) 交流法

解説1a図1 コレクタ・エミッタ間降伏電圧試験回路⁽¹⁾

注(1) V_{BR(CEX)}, V_{BR(CER)} および V_{BR(CES)} は、各ゲート・エミッタ間条件でのコレクタ・エミッタ間電圧を示す。4.5.3Bに従って V_{BR(CES)} を用いる。

- (2) 試験手順 供試パワーIGBT (DUT) のゲート・エミッタ間を指定の条件に保つ。
 コレクタ・エミッタ間電圧を上昇させ、コレクタ電流が指定の電流 I_C になったときのコレクタ・エミッタ間降伏電圧 V_{BR(CES)} を測定する。
 試験後、コレクタ・エミッタ間遮断電流(ゲート・エミッタ間短絡)、ゲート・エミッタ間漏れ電流(コレク

タ・エミッタ間短絡), コレクタ・エミッタ間飽和電圧, ゲート・エミッタ間しきい値電圧を測定し, 所定の値に入っていることを確認する。

(3) 試験条件

- (a) ゲート・エミッタ間条件 次の(iii)の条件とする。
 - (i) $V_{BR(CEX)}$: 指定のゲート・エミッタ間逆バイアス電圧 (PS_G の電圧)
 - (ii) $V_{BR(CER)}$: 指定のゲート・エミッタ間抵抗 (R_G の抵抗値)
 - (iii) $V_{BR(CES)}$: ゲート・エミッタ間短絡
- (b) コレクタ電流 I_C 指定の値
- (c) 基準点温度 指定の値

以上