

IGBT

IGBT モジュール アプリケーションノート

要旨

本資料では、IGBT モジュール製品の実装時の注意事項等について説明します。

目次

1. イントロダクション	2
2. 対象モジュール構造	2
3. データシートパラメータについて	4
3.1 IGBT	4
3.1.1 絶対最大定格について	4
3.1.2 各種特性について	4
3.2 FRD	5
3.2.1 絶対最大定格について	5
3.2.2 各種特性について	5
3.3 サーマスタについて	6
3.4 モジュールパラメータについて	6
4. 使用上の注意事項	7
4.1 ゲート抵抗, R_g の選定	7
4.2 デッドタイム設定について	9
4.3 ディレーティングについて	11
4.4 モジュール保護について	11
改訂記録	12

1. イントロダクション

本ドキュメントは、IGBT モジュールを使用する xEV 用インバータ開発等パワーエレクトロニクスエンジニアを対象に、データシートの各パラメータの理解を助けること、モジュール使用（実装、ゲートドライブ等）上の注意点を説明することを主目的としています。

対象モジュールは、片面冷却の 6 in 1 モジュールであり、モジュール耐圧は 750 V、1200 V、電流レンジは数 100 A クラスです。

2. 対象モジュール構造

対象としているモジュールは、U、V、W、3 アーム分の IGBT と FWD (Free Wheeling Diode) である FRD (Fast Recovery Diode) を一つのハウジングに搭載した 3 相インバータ用 6 in 1 モジュールです。

等価回路図を 図 1-1 に示します。IGBT、FRD 以外に、U、V、W 各相に温度測定のためのサーミスタを搭載しています。

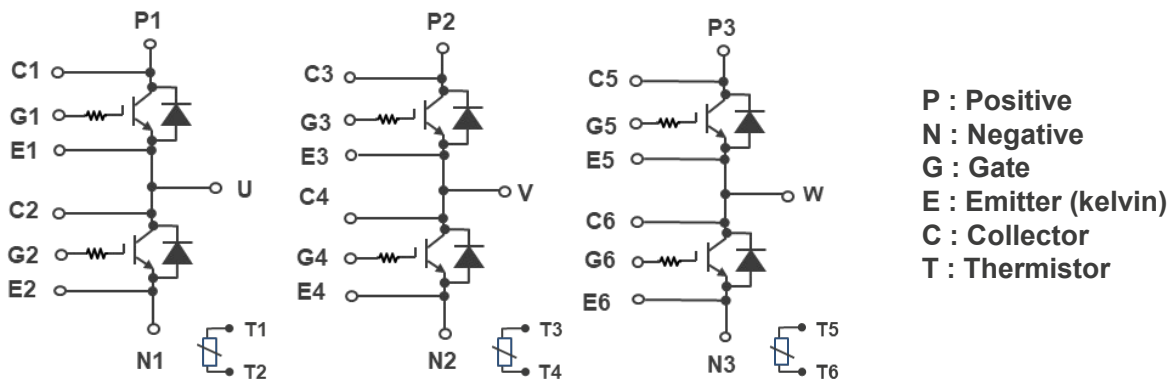


図 1-1 等価回路

モジュール外観図を 図 1-2 に示します。裏面のヒートシンク（銅ベース）は平板、及び、ピンフィン付きの 2 種類です。ピンフィン付き銅ベースモジュールは、LLC (Long Life Coolant : エンジン冷却に使用される不凍液、主成分はエチレングリコール) 水溶液を銅ベース裏面に直接当てて冷却する直接水冷タイプです。尚、一般に、水溶液は水 50%/LLC50% です。一方、平板銅ベースモジュールは、高熱伝導グリースで冷却器に固着して冷却することを基本とします。この 2 種類のモジュールは、裏面銅ベースが平板であるかピンフィン付きであるかの違いのみで、他のモジュール構成材料は基本的に全く同じです。ピンフィン付き銅ベースモジュールは、平板銅ベースモジュールと比べて、グリース熱抵抗、及び、冷却器の熱抵抗が無い場合、大幅に熱抵抗を低減できることが特徴です。

モジュール断面構造模式図を 図 1-3 に示します。平板銅ベースの場合を示しています。Si チップ (IGBT, FRD) は、表裏面に 0.5 mm 程度以下の厚さの銅板が接着されたセラミックス基板表面にはんだ等で接着されます。セラミックスの材質は、一般に 0.数 mm 厚のアルミナ、又は、窒化ケイ素です。セラミックス基板は、高電圧が印加される Si チップを絶縁する目的です。この Si チップ搭載セラミックス基板は銅ベースにはんだ等で接着されます。Si チップ表面電極からセラミックス基板電極（基板表面の銅パターン）は、Al ワイヤ、Al リボン等で接続され、セラミックス基板電極とモジュール端子は、銅等導体のはんだ接着、超音波接合等で接続されます。以上の構造で、IGBT、FRD はモジュール端子と電氣的に接続されます。

Si チップの電流駆動時の損失(導通時の定常損失、スイッチング時のスイッチング損失)による発熱は、放熱板である銅ベースを経由して放熱されます。従って、Si チップの温度をコントロールするために、ピンフィンタイプであれば、LLC 水溶液の温度、及び、熱伝達率の主要決定因子である冷却水流量を調節します。一方、平板タイプであれば、前述に加え、高熱伝導グリースの材質、厚さ、及び、放熱器の材質、フィン形状を調節します。

モジュールの構成部材であるアルミ、Si、はんだ、銅、セラミックは、各々線膨張係数が異なるため、電流駆動による発熱、冷却時に部材間に応力、歪が発生します。この歪が繰り返されることで、アルミワイヤ/Si チップ接続界面、及び、はんだにクラックが発生、進展します。これらのクラックは、導通抵抗、熱抵抗増大を引き起こします。これがモジュールの熱疲労です。熱疲労は最終的に Si チップの破壊を引き起こすため、モジュール使用にあたっては、熱疲労寿命を考慮したシステム設計をしなければなりません。

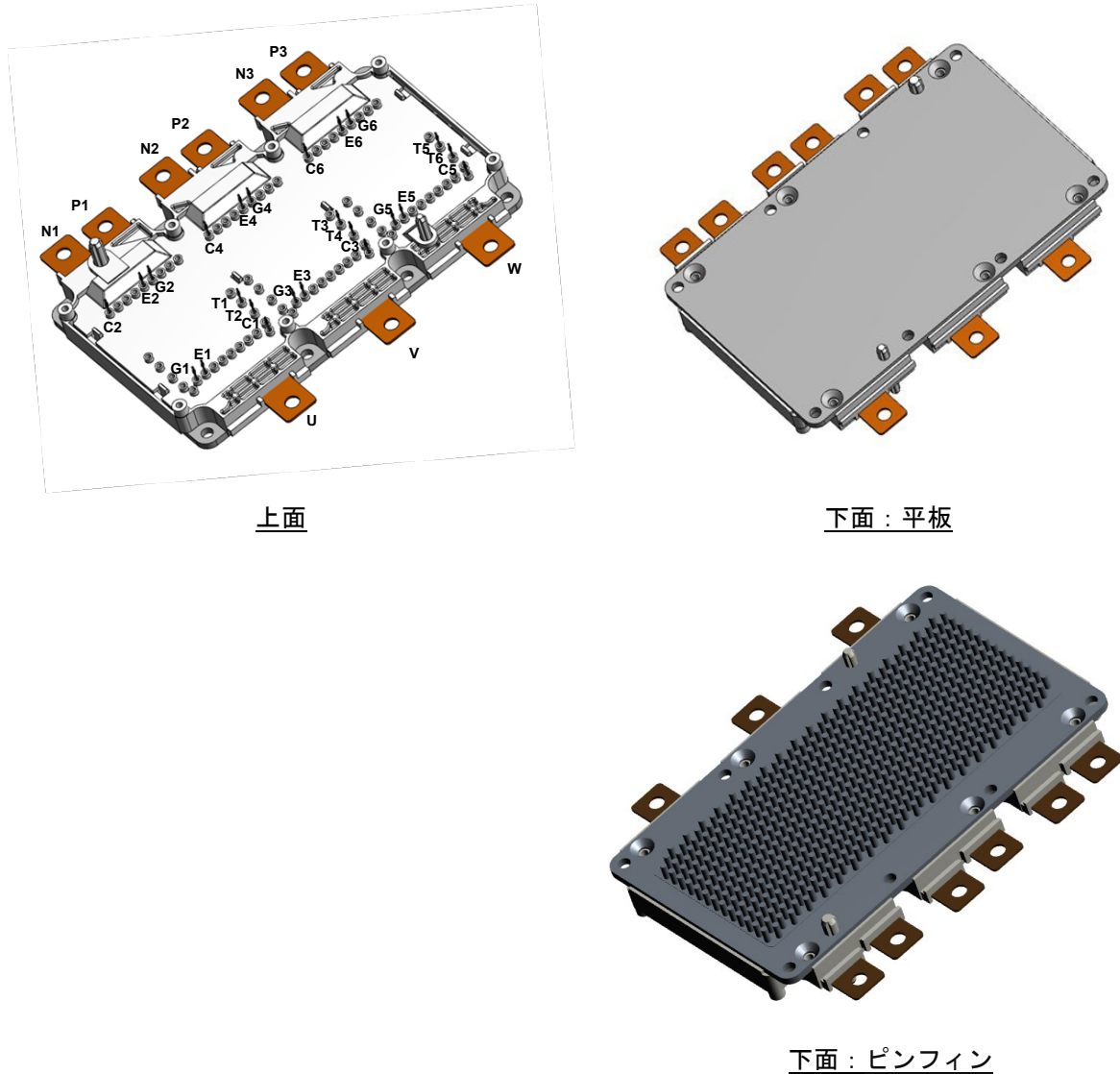


図 1-2 外観図

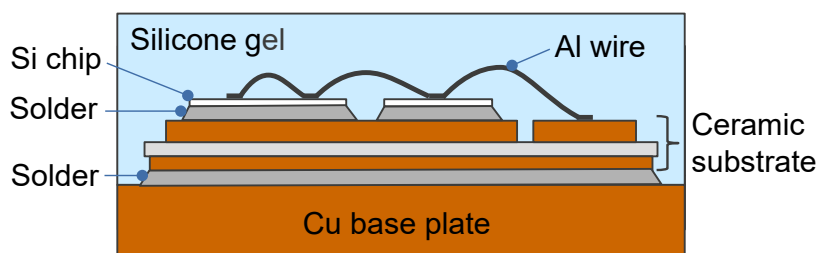


図 1-3 断面構造模式図（平板）

3. データシートパラメータについて

3.1 IGBT

3.1.1 絶対最大定格について

絶対最大定格とは IGBT を安全に使用するために規定された定格値です。この絶対最大定格を瞬時でも超えると劣化や破壊に至る可能性がありますので必ず最大定格以内での使用をお願いします。

表 1-1 絶対最大定格一覧

用語	記号	定義	
コレクタ・エミッタ間電圧	V_{CES}	コレクタ・エミッタ間に印加できる最大電圧。	
コレクタ電流	公称電流	I_{CN}	型名に用いられる電流値。出力のたまかなクラス分けに使用される。
	連続 DC 電流	I_{Cnom}	連続 DC 通電時に許容される電流の最大値。最大ジャンクション温度 (T_{vj}) 以下を満足する熱特性 (損失 × 熱抵抗) で決定される。
	繰り返しピーク電流	I_{CRM}	パルス動作時に許容される電流の最大値。スイッチング信頼性 (RBSOA)、及び、最大 T_{vj} 以下を満足する条件で決定される。
コレクタ損失	P_{tot}	最大 T_{vj} を満足するために許容される最大の損失。	
ゲート電圧	V_{GES}	ゲート・エミッタ間に印加できる最大電圧。	

3.1.2 各種特性について

以下の表 1-2 に IGBT に関するパラメータ、及び、その定義を示します。

表 1-2 IGBT パラメータ

用語	記号	定義	
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	V_{CEsat}	指定のゲート・エミッタ間電圧において、指定のコレクタ電流におけるコレクタ・エミッタ間電圧。	
ゲート・エミッタ間しきい値電圧	V_{GEth}	指定のコレクタ・エミッタ間電圧において、指定のコレクタ電流となるゲート・エミッタ間電圧。	
ゲート電荷量	Q_G	ゲート・エミッタ間を指定の電圧とするために必要なゲート電荷量。	
内蔵ゲート抵抗	R_{Gint}	内蔵されているゲート直列抵抗値。	
寄生容量 ¹⁾	入力容量	C_{ies}	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、及び、指定の周波数におけるゲート・エミッタ間の静電容量。
	帰還容量	C_{res}	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、及び、指定の周波数におけるゲート・コレクタ間の静電容量。
	出力容量	C_{oes}	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、及び、指定の周波数におけるコレクタ・エミッタ間の静電容量。
コレクタ・エミッタ間遮断電流	I_{CES}	ゲート・エミッタ間を短絡し、コレクタ・エミッタ間に指定の電圧を印加した時のコレクタ電流。	
ゲート・エミッタ間漏れ電流	I_{GES}	コレクタ・エミッタ間を短絡し、ゲート・エミッタ間に指定の電圧を印加した時のゲート電流。	

1) 寄生容量の説明図 図 2-1 に示します。

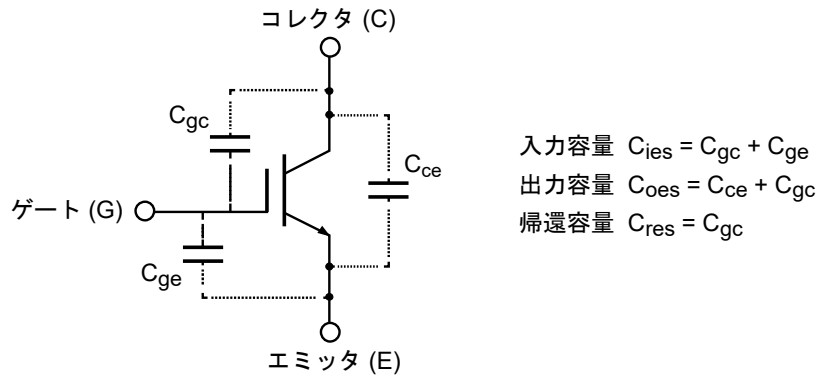


図 2-1 ゲート容量説明図

3.2 FRD

3.2.1 絶対最大定格について

絶対最大定格とは IGBT 同様、FRD を安全に使用するために規定された定格値です。この絶対最大定格を瞬時でも超えると劣化や破壊に至る可能性がありますので必ず最大定格以内での使用をお願いします。

表 2-1 絶対最大定格一覧

用語	記号	定義	
繰り返し逆方向ピーク電圧	V_{RRM}	逆並列ダイオードのカソード・アノード間に印加できる最大電圧。IGBT の V_{CES} と同じ値。	
順方向電流	公称順電流	I_{FN}	IGBT の I_{CN} 同様、出力のたまかなクラス分けに使用される。
	連続 DC 電流	I_F	連続 DC 通電時に許容される電流の最大値。最大ジャンクション温度 (T_{vj}) 以下を満足する熱特性 (損失 × 熱抵抗) で決定される。
	繰り返しピーク電流	I_{FRM}	スイッチング動作時に許容される電流の最大値。スイッチング信頼性 (SOA)、及び、最大 T_{vj} 以下を満足する条件で決定される。
I^2t 値	I^2t	ダイオードが許容する過電流のジュール積分値。商用正弦半波 (50、60 Hz)、1 サイクルで規定する。	

3.2.2 各種特性について

以下の表 2-2 に FRD に関するパラメータ及びその定義を示します。

表 2-2 FRD パラメータ

用語	記号	定義
ダイオード順方向電圧	V_F	FWD に指定の順方向電流を流したときの順方向電圧値。
最大ダイオード逆回復電流	I_{RM}	FWD の順方向電流遮断時に逆方向に流れる電流の最大値。
ダイオード逆回復電荷量	Q_r	逆回復動作時に消滅する全電荷量。
逆回復損失	E_{rec}	FWD の逆回復時に発生する損失。
熱抵抗	R_{thJF}	ジャンクションから冷却水までの熱抵抗。
	R_{thJC}	ジャンクションからケース裏面(銅ベース裏面)までの熱抵抗。
連続動作時接合温度	$T_{vj\ op}$	素子を連続的に動作させることが可能な接合部の温度。

3.3 サーマスタについて

以下の表 3-1 に NTC サーマスタのパラメータ及びその内容を示します。

表 3-1 NTC サーマスタパラメータ

用語	記号	定義
サーミスタ抵抗	R ₂₅	25 °Cでのサーミスタ端子間電気抵抗値。
抵抗バラツキ	ΔR/R	指定温度における抵抗値のバラツキ。
消費電力	P ₂₅	正確な温度測定のために、サーミスタの自己発熱は避けなければならない。サーミスタが 1K 温度上昇するための発熱量（損失）。
B 値 ¹⁾	B _{25/50}	抵抗-温度特性において、任意の 2 温度間での抵抗変化の大きさを示す定数。
	B _{25/80}	25 ~ 50 °C間の定数
	B _{25/100}	25 ~ 80 °C間の定数 25 ~ 100 °C間の定数

例えば、25 ~ 50 °Cの場合、温度 T₂ のサーミスタ抵抗値 R₂ は以下の式で計算されます。

$$R_2 = R_{25} \exp [B_{25/50}(1/T_2 - 1/298.15 \text{ K})]$$

3.4 モジュールパラメータについて

以下の表 4-1 にモジュールに関するパラメータ及びその定義を示します。

表 4-1 モジュールパラメータ

用語	記号	定義
絶縁耐圧試験電圧	V _{ISOL}	IGBT モジュールの電極全てを短絡した状態で、電極とヒートシンク間に印加する電圧の実効値。
最大端子電流	I _I RMS	指定の温度条件下で熱的に許容される最大電流。
沿面距離	d _{Creep}	端子~ヒートシンク、及び、端子間において、介在物表面に沿った距離。
空間距離	d _{Clear}	端子~ヒートシンク、及び、端子間において、空間的な最短距離。
比較トラッキング指数	CTI	IEC60112 で規定された絶縁試験条件で評価された樹脂の絶縁性能指数。値が大きいほど絶縁性能に優れる。
圧力損失	Δp	モジュール冷却器に指定条件の冷却水を通流した際、インレット - アウトレット間に発生する圧力損失。
モジュール冷却器最大圧力	p	冷却水漏水他の不具合を発生させないための最大水圧。
寄生インダクタンス	L _{sCE}	1 相分の P 端子から N 端子に至る寄生インダクタンス。図 3-1 参照。
モジュール配線抵抗	R _{CC+EE'}	1 つのスイッチのパワー端子間の寄生抵抗。図 3-1 参照。
保存温度	T _{stg}	長期間保存可能な最高、及び、最低温度。
モジュール締め付けトルク	M	ヒートシンクへの適切なクランピングを実現するためのトルク。直冷タイプの場合、冷却漏水を防止するため特に重要。
重量	G	—

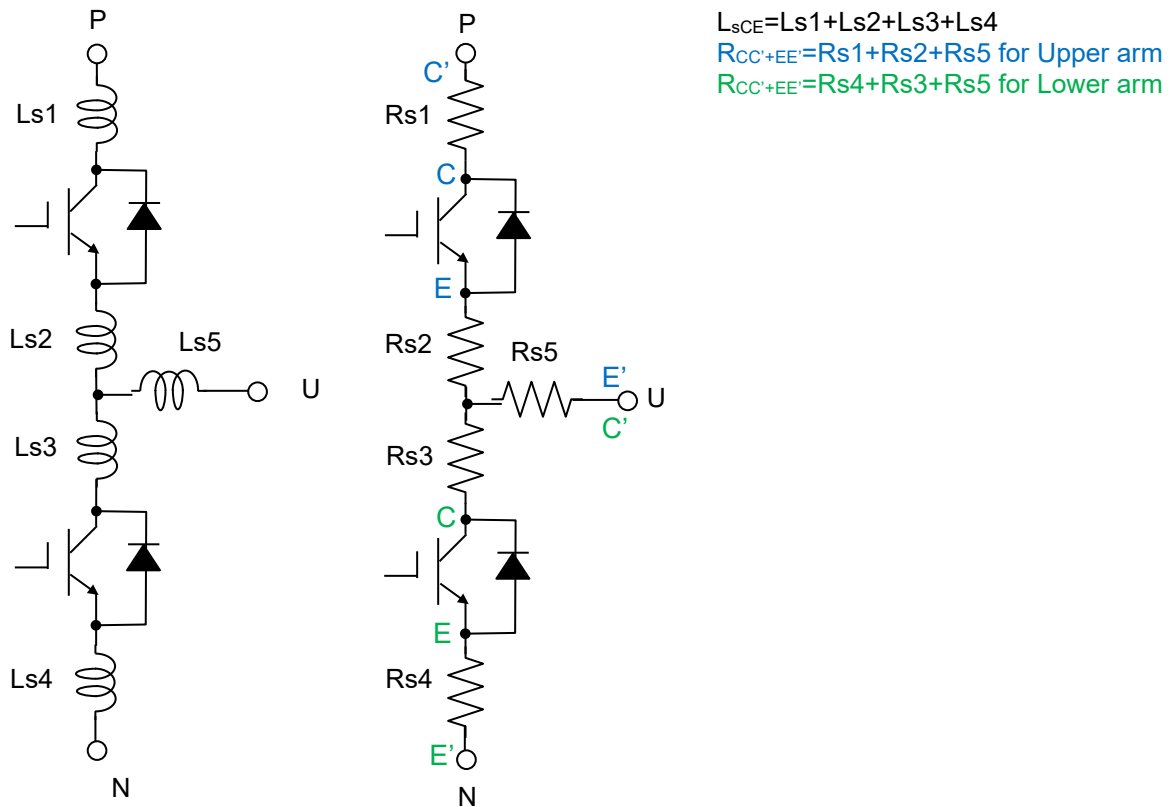


図 3-1 寄生インダクタンス、寄生抵抗の模式図

4. 使用上の注意事項

4.1 ゲート抵抗, R_g の選定

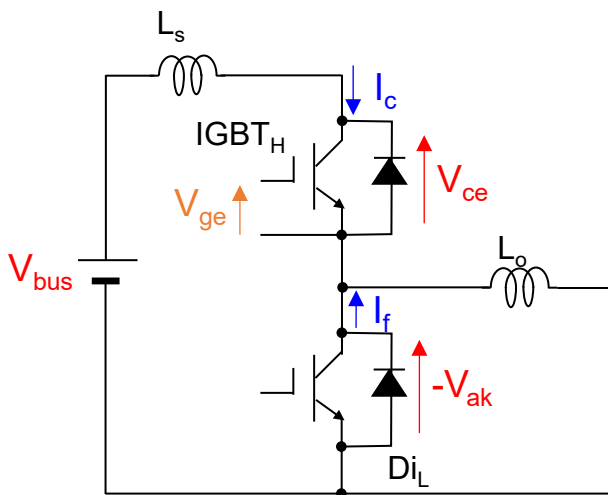


図 4-1 スイッチング回路模式図

IGBT 駆動に最も重要な因子はゲート抵抗, R_g の選定です。 R_g の選定の必要最低条件は、IGBT スイッチング時に発生するサージ電圧を定格電圧以下に抑えることです。以下、模式図を使用して説明します。

簡単のため、3 相インバータ回路の一相を抽出し、インダクタンス負荷でスイッチングする場合の回路模式図を 図 4-1 に示します。ローサイドのフリーホイールダイオード, Di_L に還流電流, I_f が流れている状態でハイサイド IGBT である $IGBT_H$ がターンオンし、その後ターンオフする場合について考察します。この場合のスイッチング波形を 図 4-2 に示します。

D_{iL} の I_f は IGBT_H のターンオンとともに IGBT_H のコレクタ電流、 I_c へ転流され減少します。そして、 D_{iL} の逆方向電圧 $-V_{ak}$ の立ち上がり時に、 D_{iL} の残留電荷によって一瞬逆方向電流 I_r が流れ、電荷消滅とともに I_r は減少します。この I_r 減少時、逆起電力による電圧、 $dI_r/dt \times L_s$ が発生し、 V_{ak} には電源電圧、 V_{bus} にこの電圧がサージ電圧として印加されます。本現象がダイオードのリバースリカバリです。

一方、 I_c が I_f へ転流開始し、 I_c が減少するターンオフ時は、 $-dI_c/dt \times L_s$ の電圧が発生し、 V_{ce} には V_{bus} にこの電圧がサージ電圧として加えられます。

以上、ターンオン、オフ時に発生するサージ電圧について説明しました。このサージ電圧には、様々なバラツキ要素が存在します。これを模式的に示したのが 図 4-3 です。典型的サージ電圧に加え、サージ電圧を増大させる主な要因として、①IGBT、FWD の特性バラツキ、②ゲート電圧、ゲート抵抗バラツキを主なものとするゲート回路のバラツキ、これらのバラツキに比べると影響度は小さいですが、③ L_s のバラツキ等その他の要因も考えられます。これら全てのバラツキ要因を考慮してもサージ電圧は定格電圧を超えないようなゲートドライブ条件にしなければなりません。尚、各種バラツキ要因の加算において、単純に加算するのは過大と考えられる場合、統計的な処理を考慮することも考えられます。重要なことは、あらゆるバラツキを考慮した上で、全ての動作温度範囲（通常、 $-40\text{ }^\circ\text{C} \sim 175\text{ }^\circ\text{C}$ ）でサージ電圧は定格電圧を超えないような条件にすることです。

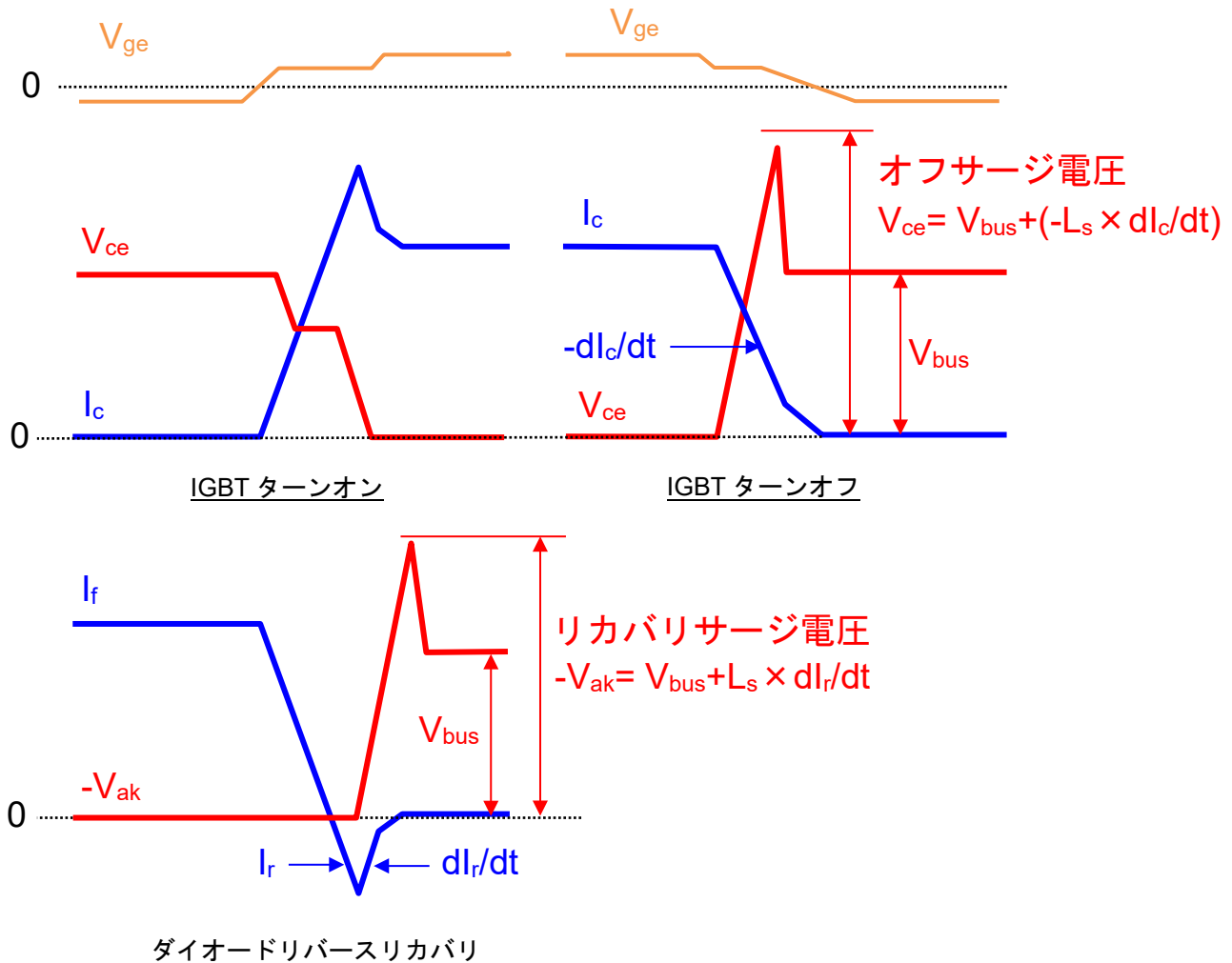


図 4-2 スイッチング波形模式図

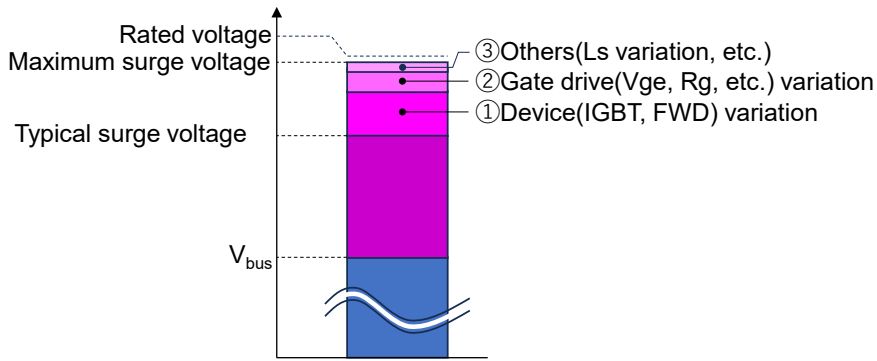


図 4-3 サージ電圧の各種バラツキ要因(イメージ)

4.2 デッドタイム設定について

インバータにおいて、上下アームの IGBT が同時にオンすると、モータ等の負荷に電流は流れることなく、IGBT は電源に直結され、上下アームに過大な短絡電流が流れてしまいます。そして、結果として IGBT は破壊に至るリスクがあります。また、IGBT 破壊のみではなく、破壊に伴うモジュール封止部材等の飛散により周囲部品に非可逆的なダメージを与える可能性があります。さらには、発火の危険もあります。以上のように、IGBT 短絡は重大事故を引き起こす可能性があるので回避しなければなりません。よって、上下アーム同時オンは避けなければなりません。

上下アームが短絡する場合のスイッチング波形模式図を 図 5-1 に示します。この例では、下アーム IGBT が完全にオフする前に上アーム IGBT がオンしてしまう場合を示しています。赤のハッチングで示した部分が上下アーム IGBT の同時オンする期間であり、この期間に上下アーム短絡電流が流れることを示しています。この期間をゲートドライブで確実に排除することが求められます。

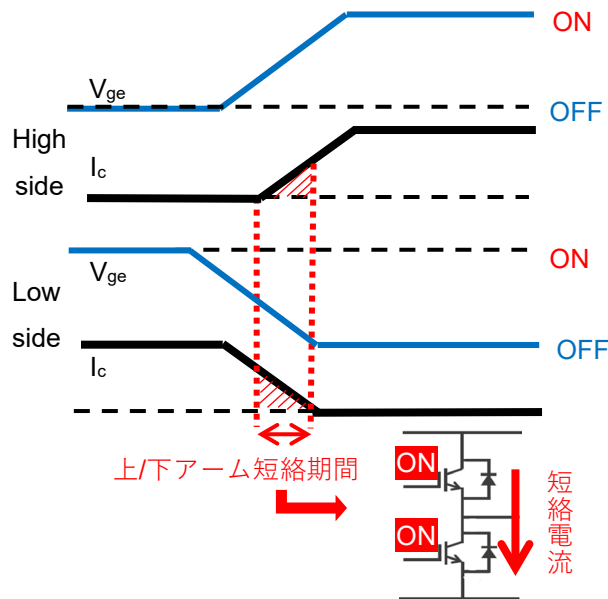


図 5-1 上下アーム短絡タイミング模式図

そこで、インバータ回路では、デッドタイムと呼ばれる上下アームともオフの期間を設け。上下アーム短絡を防止するようにします。デッドタイムのタイミング模式図を 図 5-2 に示します。図 5-2 において、期間②、④がデッドタイム期間となります。上下アーム短絡を防止するためには、デッドタイムは可能な限り大きいことが望まれます。しかし、一方で、デッドタイムが大きいと、出力される交流電流波形の歪が大きくなり、効率低下等の問題を発生させるため、デッドタイムは可能な限り小さいことも望まれます。よって、デッドタイムは、確実に上下アーム短絡を防止でき、かつ、可能な限り小さい期間である必要があります。

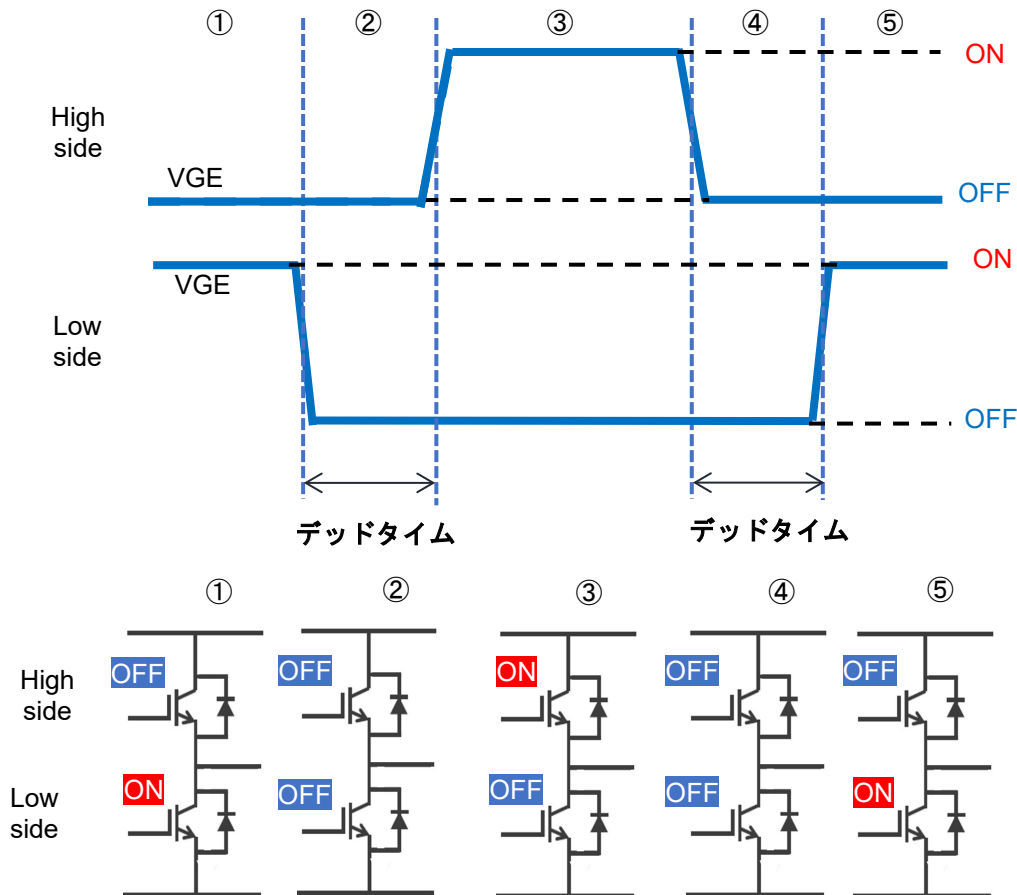


図 5-2 上下アームオン、オフのタイミングチャート

デッドタイムは、基本的に IGBT のスイッチング時間より長く設定する必要があります。

スイッチング時間に影響する R_g や他ゲート駆動条件や温度特性等を総合的に考慮ください。

4.3 ディレーティングについて

3.1.1 で説明した絶対最大定格は、半導体デバイスを破壊させないための瞬時値で、長期的な信頼性を保証するものではありません。また、他の半導体デバイス同様、IGBT, FRD は、ある確率での欠陥、故障の発生は避けられません。よって、インバータ等の装置設計の際は、装置の信頼性、寿命を延ばすために、装置の用途や想定される使用条件に応じて、モジュールのディレーティングを行う必要があります。実際に使用する電圧、電流、温度などの値を、モジュールのそれぞれの定格値に対してどの程度軽減するかは、装置の用途、使用条件、使用環境、設計寿命により異なるため一概には決められません。これらは、装置設計側のノウハウなどをもとに、装置設計者が基準を設けることが推奨されます。参考までに、一般的なディレーティング例を表 5-1 に示します。また、モジュールを並列接続する場合は、各モジュール間の電流アンバランスを考慮して、電流ディレーティングはより慎重に決定しなければなりません。

表 5-1 ディレーティング例

項目	軽減率の例
電圧	最大サージ電圧を含め定格値の 70 % ~ 80 % 以内で使用。
電流	最大サージ電流を含め定格値の 70 % ~ 80 % 以内で使用。
	平均電流は定格値の 50 % 以内で使用。
温度	サージ電圧、電流等による過渡的な温度上昇を含め、定格値の 70 % ~ 80 % 以内で使用。さらには、想定する装置寿命を考慮して定格値から軽減。

4.4 モジュール保護について

前節において、装置の設計寿命までモジュール正常動作を実現するためにディレーティングが大事であること記載しました。が、それでもなお、システム動作異常等によりモジュール破壊の可能性を根絶することはできません。従って、モジュール破壊を未然に防ぐために、モジュール保護機能を装置に導入することが必要です。

モジュール保護は、主としてゲートドライブ回路で実施するため、詳しくはゲートドライブ IC の仕様書等を参考に装置設計して頂きますようお願いいたします。ここでは、検出、保護すべき特性、及び、保護機能のコンセプトを下記します。

IGBT モジュールで発生する破壊は主として以下の破壊です。

①短絡破壊、②定格電圧以上の高電圧がコレクタ、カソードに印加される過電圧破壊、③過大な電流が IGBT, FRD へ通電される過電流破壊、④ジャンクション温度、 $T_{vj,op}$ が許容温度を超える過熱破壊です。

- ① 短絡保護：4.2 で説明しました不適なデッドタイム設定による上下アーム短絡破壊以外にも、モータ等の負荷の絶縁が破壊することによる出力短絡、同じ理由でアースと短絡される地絡等でも発生する可能性有り、デッドタイム設定のみで対処できるものではありません。
- ② 過電圧保護：本モジュールではコレクタ電流を検出せずに、IGBT オン時のオン電圧を検出する手法を用います。即ち、ゲート電圧がオン状態でコレクタ電位が高いとき、短絡状態と判断します。オン電圧モニタは、端子 C1 ~ 6 を使用します。短絡状態と判断されるとデータシートに記載された短絡耐量時間以内に IGBT をオフして破壊を防止しなければなりません。その際、過大な電流をオフすることになるので、通常のオフ動作ですとオフサージ電圧は過大となり、過電圧破壊の可能性が有ります。そこで、一般に、ソフトシャットダウンと呼ばれる、通常のスイッチングとは別の大きな R_g で遮断することで di/dt を小さくし、サージ電圧を小さくする手法が採られます。
- ③ 過電流保護：短絡電流ほど過電流ではないが、過負荷等で継続時間が長い場合が想定される場合の保護です。CT (Current Transformer) 等の電流センサでコレクタ電流を検出し、検出信号の適切なフィルタリング時間ののち電流制限、遮断を実施します。遮断時のサージ電圧に対する配慮は短絡保護と同様に必要です。
- ④ 過熱保護：モジュールの U, V, W 相に搭載されているサーミスタによる温度検出で実施します。端子 T1-T2, T3-T4, T5-T6 を使用します。IGBT, FRD 温度とサーミスタ温度は異なるため、あらかじめ両者の相関特性を取得して保護を開始する、即ち、電流制限等の開始するサーミスタ温度を決定する必要があります。また、サーミスタは、急激な IGBT, FRD 温度上昇には追従できないため、急激な温度上昇には有効に機能しないことに注意ください。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2024.09.19	-	初版

ご注意書き

- 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 - 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
 - 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
 - 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
 - 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、変更、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 - 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等
当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
 - あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
 - 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
 - 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
 - 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
 - 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 - お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
 - 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
 - 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。
- 注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。