



第10章 20 kHz以下のスイッチング・ パワー回路に最適なデバイス

IGBTの基礎とトラブル対策

田久保 拓

本章ではIGBTの現行デバイスを概観したあと、デバイスの一般的な特性として、絶対最大定格、スイッチング特性、容量特性、熱抵抗特性、逆バイアス安全動作領域などを理解したうえで、IGBTの選定法について検討する。そしてトラブルを起こさないためのドライブ回路の設計、保護回路の設計、放射線EMIノイズ対策について解説する。
(編集部)

モータ可変速駆動装置や産業用ロボット装置、コンピュータの無停電電源装置(UPS)など、**スイッチング周波数が数k ~ 20 kHz程度の中容量装置に、IGBTが主に使われます。**

最近では小容量(家庭用・業務用エアコン、冷蔵庫のコンプレッサ駆動など)から大容量では電気自動車やハイブリッド自動車、新幹線など、私たちの周りのいろいろな電気機器にIGBTが使われるようになってきています。

本章では主にブリッジ回路を構成してハード・スイッチング動作を行うIGBTについて、その種類と使い方、注意点やトラブル対策について説明します。

IGBTのいろいろ

インバータ回路では、ブリッジ接続したIGBTで、モータなどの誘導性負荷の電流をON/OFFすることにより負荷を制御します。したがって、**IGBTのほかに、負荷電流を転流させるためのダイオード(FWD: Free Wheeling Diode)が必要**となります。市販されているIGBT、特にモジュール・タイプの製品では、**FWDを内蔵させたものが一般的**になっています。

表1に代表的なIGBT製品の種類の回路構成と特徴を示します。ディスクリート・タイプの製品は、IGBTが1素子、またはIGBTとFWDが逆並列に接続されたlin1タイプです。

モジュール型IGBTの基本構成は、銅などの金属ベース上に絶縁層を介してIGBTおよびFWDチップを回路パターン上に実装し、アルミニウム・ワイヤで端子などに配線した後、ケースを接着したものです。これらモジュール型は、ディスクリートと同じくlin1(1個入り)のシンプルなタイプから、整流ダイオード、直流回路充電用サイリスタや温度検出サーミスタまでが内蔵されたPIM(Power Integrated Module)など、いろいろな製品があるので、定格や用途に合わせた選

定ができるようになっています。

また、IGBTモジュールの応用製品として、IGBTの駆動回路や過電流保護機能などを内蔵した**インテリジェント・パワー・モジュール(IPM)**と呼ばれる製品が開発されています。

IPMによって回路設計時間が短縮できたり、IGBTの保護が確実にできるようになり信頼性が向上するという利点から、家電を始め、最近注目されている電気自動車(EV)にもIPMが積極的に応用されるようになっています。

モジュール・タイプのIGBTは、IGBTチップと金属ベース(底面)とが内部で絶縁されているので、ディスクリート製品のように電気回路と冷却フィンとの絶縁を気にすることなく使いやすい形状となっています。また、モジュール内部でIGBTチップを多数並列接続する、または**モジュール自体を並列使用することにより大容量化が比較的容易**です。

ピン端子型のもは、モジュールの上にプリント板を直接はんだ付けできるので、**回路構造が簡単・小型化**できるメリットがあります。

小容量分野(数A ~ 20 A程度)ではディスクリート製品が中心となり、モジュール・タイプに比較すると**低コストで、回路実装をコンパクトにまとめる**ことができます。

IGBTの特性

IGBTメーカーで発行されているカタログや仕様書には、その製品のさまざまな特性が記載されています。ここでは、7MBR100VN120-50[富士電機株, 7in1 PIMタイプ]の特性や波形を例にとり、仕様書に記載されている項目の内容や注意すべき点について説明します。

● 絶対最大定格

絶対最大定格には、IGBTの各端子に加えることの

表1 主なIGBT製品の種類と特徴 [外観項目のIGBTは、すべて富士電機(株)製]

名称	外観	内部回路	特徴
ディスクリート (TO247など)	 FGWシリーズ		ディスクリート型のパッケージ。IGBT単体またはIGBTとFWDが1個ずつ内蔵されている。小容量タイプ(～50A)で応用装置の範囲も広い
1in1	 1MBI600V-120-50		モジュールの中に、IGBTとFWDが各1個内蔵されている。定格電流が大きい製品に多いタイプで、並列使用によりさらに大容量化できる
2in1	 2MBI200U4B-060-50		IGBTとFWDが各2個内蔵されている。これを2個または3個1組でブリッジ回路を構成できる。並列での使用も比較的容易
6in1 7in1	 7MBRI00VN120-50		IGBTとFWDが各6個内蔵されている。ブレーキ回路(7in1タイプ)や温度検出サーミスタ、整流ダイオードが内蔵されたPIM(Power Integrated Module)もある
インテリジェント パワー モジュール (IPM)	 6MBP50RA060-50	保護機能付きドライブ回路 	6in1や7in1の回路構成で、IGBTのドライブ回路や保護回路を内蔵し、回路設計や調整が不要で、壊れにくく扱いやすい

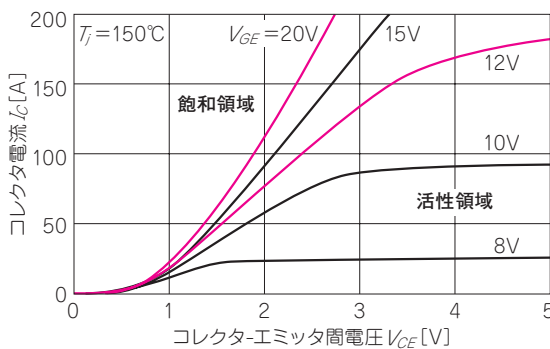


図1 IGBT部の出力特性

できる電圧や電流、温度など、いかなる場合も絶対に越えてはいけない重要な特性値が記載されています。装置設計時にはIGBTの責務をよく検討して、絶対最大定格を超えないような使用条件とするか、逆に使用条件に対して十分に余裕のある製品を選定しなくてはなりません。

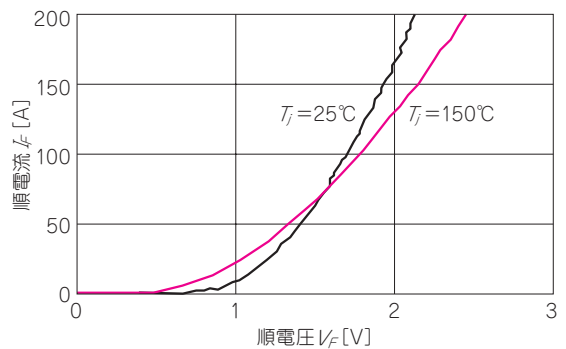


図2 FWD部の出力特性

● 静特性(出力特性)

IGBTがONしているときのコレクタ-エミッタ間電圧 V_{CE} (ON電圧)とコレクタ電流 I_C との関係を示す特性です。出力特性を図1に示します。

ON電圧はゲート-エミッタ間電圧 V_{GE} によって変化する、図では V_{GE} が12V程度以上でほぼ飽和状態と