

第5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
Hiromu Takubo

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～20kHz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)から大容量では電車のモータ駆動装置など、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5-1に代表的なIGBT製品の種類・回路構成・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1in1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1in1(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。

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

スクリーン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。

ピン端子型の場合は、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～20A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、2MBI150SC-120(富士電機デバイステクノロジー、1200V/150A 2in1モジュール)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

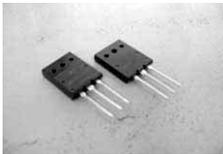
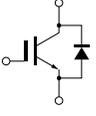
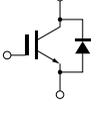
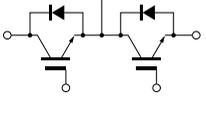
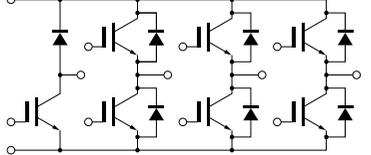
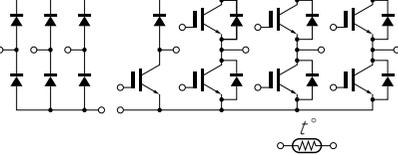
絶対最大定格には、IGBTの各端子に加えることのできる電圧や電流、温度など、**いかなる場合も絶対に越えてはいけない重要な特性値**が記載されています。装置設計時にはIGBTの責務をよく検討して、絶対最大定格を超えないような使用条件とするか、逆に使用条件に対して十分に余裕のある製品を選定しなくてはなりません。

● 静特性(出力特性)

IGBTがONしているときのコレクターエミッタ間電圧 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5-1に示します。

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

表5-1 主なIGBT製品の種類と特徴(外観項目のIGBTは、すべて富士電機デバイステクノロジー製)

名称	外観	内部回路	特徴
ディスクリート (TO-3Pなど)	 1MBH50D-060	 または 	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	 1MBI400NN-120		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	 2MBI200N-060		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	 7MBI50N-120		IGBTとFWDが各6個内蔵されている。モジュール1個で三相インバータが構成できる。また、ブレーキ回路(7in1タイプ)や温度検出サーミスタが内蔵されている場合もある。
PIM	 7MBR100SB060		6in1, 7in1に加えて、コンバータ(整流ダイオード)を加えたモジュール。製品によってはサーミスタや電源充電用のサイリスタを内蔵している

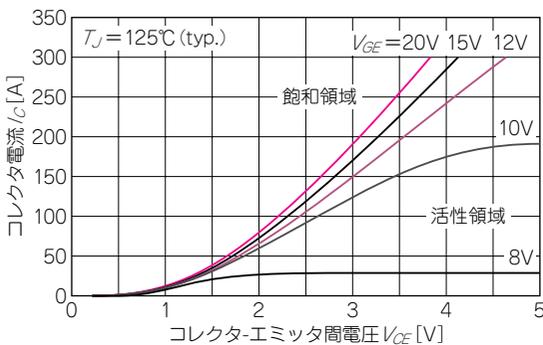


図5-1 IGBT部の出力特性

なります。活性領域(IGBTに高い電圧と電流が印加されている領域)では、IGBTで発生する損失がとて大きくなるため、このような状態で使用することは好ましくありません。

また、内蔵されているFWDについても、IGBTと同様に静特性があります。FWDの出力特性例を図5-

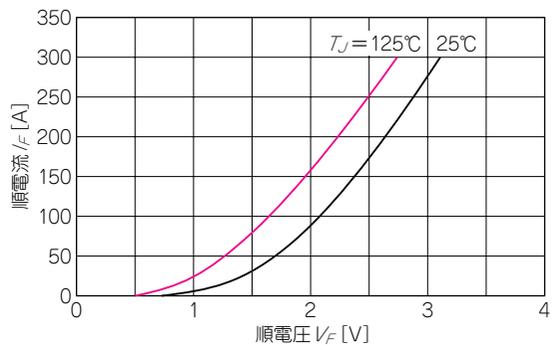


図5-2 FWD部の出力特性

2に示します。

● スイッチング特性

スイッチング用途で使用されるIGBT応用機器においては、IGBTのスイッチング特性を十分に理解しておくことが重要です。また、スイッチング特性はいろ