

パワー・モジュールは、指定の条件下での仕様、性能、使用限度が定められています。誤った仕様や性能の素子を使って回路を設計すると、損失が増え、発熱が大きくなります。大きな冷却器が必要になるので、スリム化が難しくなります。

損失を減らすには、スイッチング周波数や安全領域に応じた適切なデバイス選定が重要です。本稿では、パワー・モジュールの損失を見積もる方法を紹介し、各種特性や絶対最大定格など、適切なデバイス選びのための仕様の見方も解説します。

**小型化&高出力化のための  
キー・スペック「損失」**

IGBTを搭載したパワー・モジュールの電気的特性は、ON時、OFF時、ON/OFF切り替え時の損失がゼロであることが理想です。実際にはON時、OFF時、ON/OFF切り替え時のいずれでも損失が発生します(図1)。ON時の損失を定常損失、ON/OFF切り替え時の損失をスイッチング損失と呼びます。OFF時にもリーク損失がありますが、定常損失、スイッチング損失と比べると小さく、通常は考慮しません。ここではIGBTとフリーホイール・ダイオードを例に、それぞれの特性を解説します。

**IGBTモジュール**

● その1：ON時に発生する損失

半導体をスイッチとして使うとき、ON時に0Vで電流が流れることが理想ですが、実際のIGBTではコレクタ電流を流すときに数Vの電圧が発生します。この電圧を $V_{CEsat}$ と呼びます。 $V_{CEsat}$ のsatは飽和(Saturation)を意味し、 $I_C$ が流れるときの $V_{CE}$ を表します。

$V_{CEsat}$ と電流をかけた値がIGBTの定常損失です。 $V_{CEsat}$ は、低いほど損失を小さくできます。IGBTの性能を左右する極めて重要な特性です。

$I_C$ と $V_{CEsat}$ の関係を図2に示します。この特性は、IGBTの温度 $T_{Vj}$ や $V_{GE}$ によって変わります。

● その2：ON/OFF切り替え時に発生する損失

ON/OFFのスイッチング時は、切り替え時間と損

失がゼロであることが理想です。実際のIGBTではON/OFFの切り替え時間が必要です。切り替え時には、IGBTチップに電流と電圧が過渡的に加わるので損失が発生します。IGBTがOFF→ONに切り替わる時の損失を $E_{on}$ 、ON→OFFに切り替わる時の損失を $E_{off}$ と呼びます。

$E_{on}$ のEは損失(Energy)、onはターン・オンを意味し、IGBTのターン・オン損失を表します。 $E_{off}$ のEは損失(Energy)、offはターン・オフを意味し、IGBTのターン・オフ損失を表します。

スイッチング周波数が高くなるほど、ON/OFFの切り替え回数が増えて損失が大きくなります。高周波動作では、スイッチング損失がより重要な特性です。

IGBTにおけるON/OFFスイッチング時の損失は、図1の網掛け領域のとおりです。

● 2種類の損失、安全動作領域の3つはトレード・オフ

IGBTの性能を表す $V_{CEsat}$ 、 $E_{off}$ 、SOAの3つは、図3のように互いにトレード・オフの関係にあります。

$V_{CEsat}$ は定常損失、 $E_{off}$ はスイッチング損失、SOAは安全動作領域(Safe Operating Area)で破壊耐量(一

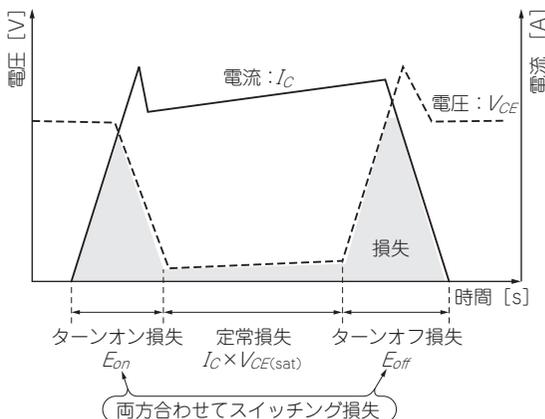


図1 IGBTモジュールに発生する定常損失とスイッチング損失  
電流が流れるとコレクタ-エミッタ間に電圧 $V_{CEsat}$ が発生する。これに電流値をかけた値が定常損失。IGBTがON/OFFするときに電流と電圧が重なる部分があり、損失が発生する。これがスイッチング損失。

【セミナー案内】PLL周波数シンセサイザのシステム設計 実践編 [講師による実験実演付き]  
—— PLLを実際に設計して位相雑音や応答特性を評価する  
【講師】小宮 浩 氏, 7/31(火) 19,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>