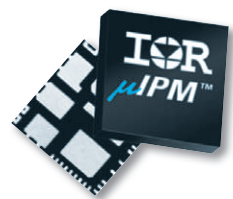


こうして使おうパワーデバイス：応用編

第9回 最新モータ向けに進化する モータ・アプリケーション



モータ駆動は、パワーデバイスの主要なアプリケーションの一つです。最近では、ブラシ付きDCモータやACインダクション・モータに代わって、より高効率で使いやすいBLDCモータ(ブラシレスDCモータ)やPMACモータ(永久磁石型ACモータ)が広く普及し、それに合わせてモータ駆動回路やパワーデバイスも進化しています。今回は、家電用途で広く用いられるIGBTモジュールや、バッテリー動作や産業機器に最適なMOSFETを紹介します。

モータと駆動回路の進化

以前はモータというと、DC電源で直接駆動するブラシ付きDCモータや、AC電源で直接駆動するインダクション・モータが主流でした。

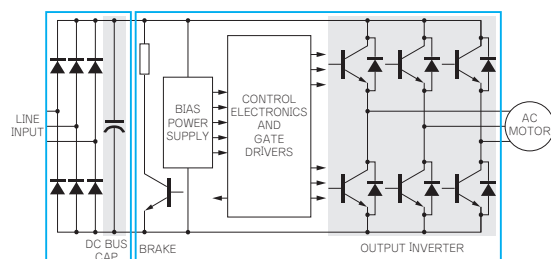
ブラシ付きDCモータは、ブラシ接点の寿命が短く、放射ノイズも大きいなどの難点があります。一方、電源極性で回転方向を、電源電圧で回転数を容易に制御できるので、駆動回路は単純にできます。単方向回転なら1素子、双方向回転でも4素子(Hブリッジ)で簡単に実現できる手軽さが大きな利点で、チョップ方式のPWM電圧制御が用いられます。

ACインダクション・モータは、モータ自体の構造が簡単でブラシもないため、広く用いられてきました。また、以前は回転数の制御が難しかったのですが、3相インバータ駆動の普及により容易に可変速制御ができるようになりました。ただし、最近では家庭用や小型の産業用モータでは、永久磁石を使用しより小型で高効率を得られるPMACモータやBLDCモータが主流になっています。

BLDCモータは、元々はブラシをもたない改良型のDCモータとして、DC電源で駆動するように作られたものです。しかし、3相インバータ駆動の普及により、構造も駆動方法もPMACモータとほとんど同じになっています。

3相インバータは、6素子のブリッジを使用して、

120°ごとに配置された3相のコイルを順次駆動することにより、回転方向と回転数を自由に制御できます。



CONVERTER INVERTER
ACインダクション、BLDC、PMACすべて同じトポロジを使用
図1 3相インバータ

パワーデバイスの選択

3相インバータを構成するパワーデバイスは、耐圧によって使い分けられます。

家庭用機器や小型の産業用機器には、コンセントから給電する機器(AC100～200V電源)と、バッテリーから給電する機器(DC12～48V電源)があります。3相インバータ駆動では、コンセント給電の場合はダイオード整流回路(図1のConverter)でDC化しますが、元の電圧が高いため、パワーデバイスにも高耐圧のものが必要になります。

代表的なパワーデバイスにはIGBTとMOSFETがありますが、飽和電圧の損失があるIGBTは高電圧・大電流の用途で効率が良く、低電圧・小電流の用途ではMOSFETが高効率です。スイッチング速度の点では、一般にIGBTでもMOSFETでもモータ駆動には十分です。

エアコン、冷蔵庫、洗濯機などコンセントから給電される家電機器では、150V以上の耐圧が必要なため、主にIGBTが用いられます。一方、電動工具、電動カートなどバッテリーで動作する機器や、小型の産業用機器では150V以下の耐圧ですむため、主にMOSFETが用いられます。

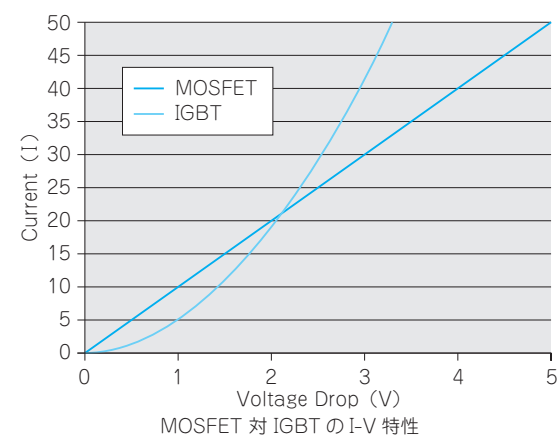


図2 MOSFETとIGBTの導通特性

モータ駆動用IGBTモジュール

モータ駆動用のIGBTとしては、3相ゲートドライバと6個のIGBTを統合したIPM(インテリジェントパワーモジュール)が用いられています。

IRでは、家庭用機器などに最適な最新IGBTモジュールとして、IRAM(IR Appliance Module)を製品化しています。高効率で経済的な新世代のトレンチIGBTを薄型SIPパッケージに搭載し、部品点数の削減、設計の簡単化、製品開発の迅速化にも大きく役立ちます。

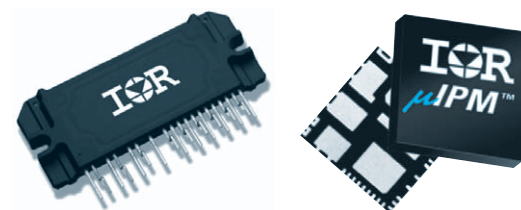


図3 IRAMとμIPM™のパッケージ

さらに、MOSFET搭載で、より小型のモジュールとして、IRSM(IR Small Module)もあります。

また、IRAMと組み合わせ使用できるモータ制御用デジタルIC、IRMCKシリーズを製品化しています。

ソフトウェア開発なしに各種の3相ブラシレス・モータを可変速制御でき、高効率、静音、小型を簡単に実現できます。

IRでは、このIRAMとデジタルICのチップセットを中核として、デジタル、アナログ、パワーの技術を統合し、誰でも簡単に最適なモータ制御ができるプラットフォームとしてIMOTION™を展開しています。

モータ駆動用MOSFET

電動工具、電動カートなどのバッテリー動作機器や、小型の産業用機器では、製品による仕様や要求の違いが大きく、限られたスペースに合わせた基板設計が必要になるため、設計自由度が高いディスクリートのMOSFETが主に用いられています。パッケージも小型で放熱性に優れたDirectFET®から、PQFN、伝統的な3端子パッケージまでさまざまなものが用いられます。

3相インバータの構成は、コンセント給電の場合とほぼ同じで、ゲートドライバと6個のMOSFETを使用します。バッテリー電圧12Vでは30～40V耐圧、24Vでは60～75V耐圧、48Vでは150V耐圧のMOSFETが用いられます。

MOSFETは、ハイサイド/ローサイドともに小型、高効率のnチャンネルMOSFETを用いることが多いのですが、特に低電圧・小電流でローコストを重視する用途では、ハイサイドにpチャンネルMOSFETを用いることもあります。低電圧でpチャンネル/nチャンネルのブリッジは、ゲートドライバを省略して、MCUから直接駆動することも可能です。

MOSFET製品は高効率化、高速化をめざして進化を続けており、IRでは第12世代(Gen12)に入っています。最新のGen12.7では、特にモータ駆動に適したStrongIRFET™、FastIRFET™が登場しています。

StrongIRFET™は、低R_{Dson}と産業用途で要求される頑丈さを備え、かつ低コストを実現したもので、従来のプレーナMOSFETの置き換えに最適です。

FastIRFET™は、低Q_gを追求した高速製品で、スイッチング損失を低減し、軽負荷で高効率を得られます。