TOSHIBA

センサレスかつ低騒音ながら高効率なモータ駆動を実現する

新たな磁極位置検出技術を備えたモータ制御マイコンを開発

家電やOA機器、産業機器などの多くは、何らかの動作のためにモータを搭載している。このモータの消費電力は、機器全体の消費電力の半分以上を占めることも少なくない。そこで、これまでにもモータ駆動を効率化する技術が実用化されてきたが、高価なセンサを必要としたり、ノイズが発生するなどの課題があった。そうした中、低コストかつ低騒音の高効率モータ駆動技術が新たに開発され、その技術を容易に使えるマイコンが商品化された。

モータの省電力化を実現するためにこれまで開発されてきた数々の技術

機器の消費電力を削減することは、エネルギーコストが上昇し続ける中でのコスト削減のための省エネ化や、地球温暖化対策のためのCO2排出削減などの上で重要度が高まってきている。その消費電力削減に大きく影響するのがモータだ。家電から産業機器までさまざまな機器においてモータ消費電力の割合は大きく、中には全体の半分以上にも及ぶものもある。それだけに、モータの効率を改善することは機器の省電力化に大きく寄与する。

モータ効率の改善策としては、より高効率なモータを選択することや、モータの駆動方式や制御方式を工夫することで余分な電力消費を減らすことの2点が主なポイントだ。前者について言えば、誘導モータより高効率とされる永久磁石同期モータ（PMSM：Permanent Magnet Synchronous Motor）を採用する機器が近年増加している。そして後者の駆動方式に関しては、インバータなどの技術が取り入れられ、効率化が進んできた。

さらに、PMSMをより高効率に駆動する制御方式として、ベクトル制御が有効とされている。ベクトル制御では、低速から高速まで幅広い回転数で高効率を得ることが可能だ。その一方で、比較的高度な演算処理を行う必要があり、モータを制御するマイコンにとって少々荷が重いものでもある。そのため、以前は処理能力の高い（つまり価格も高い）マイコンを使うか、ASICやFPGAなどを追加する必要があり、コストと効率のトレードオフ関係となっていた。この課題に対し、東芝デバイス＆ストレージ（以下、東芝）では、ベクトル制御の一部を担いCPU負荷を低減する専用コプロセッサ「ベクトルエンジン」を開発、モータ制御マイコン「TX03」「TX04」シリーズに搭載し、ベクトル制御を以前より容易に導入できるようにしている。

モータ起動時の位相検出に課題

PMSM、インバータ駆動方式、ベクトル制御方式を採用することで、従来のモータや駆動方式・制御方式に比べ、かなりの高効率を得られるようになってきている。とはいえ、まだ一部に課題が残っていた。

ベクトル制御では、モータ回転子の位相にきちんと同期した形で電流を与えることが不可欠だ。同期できなければ、投入する電力のかなりの部分が無駄になってしまうことは言うまでもない。そこで何らかの方法で位相を正確に検知しなければならない。

特に大きな課題だったのは、モータの回り始めだ。回転数が高ければモータの誘起電圧から位相を把握できるようになるが、停止～低速域での検知が難しかった。位置センサで回転軸の位相を直接把握すれば確実だが、この方式はコストやメンテナンス性、小型化などの要求がシビアな用途では採用しづらく、センサレスで検知する方法が模索されてきた。

最近では、PMSMの突極性（PMSMの構造により、磁極位置により磁気抵抗およびインダクタンスが変化する特性）を応用して磁極位置を推定する方法が普及している。しかし、この方法ではインダクタンスを検知するための高周波テスト電圧（通常は数百Hz程度）を印加するため、騒音を気にするアプリケーションには採用が難しい。

そこで、回り始めの問題を半ば強引に乗り切る方法も使われている。最初に強い電流を与えて強制的にモータの位相を合わせ

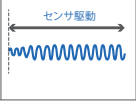
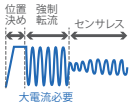
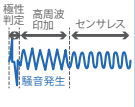
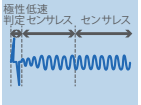
る位置決め動作や、「強制転流」と呼ばれる動作を行い、回転数が上がってきたら通常の制御に切り替えるというものだが、起動時の電力消費が非常に大きい点が課題だ。

「A-PMD」機能を搭載 騒音・消費電力などでメリット

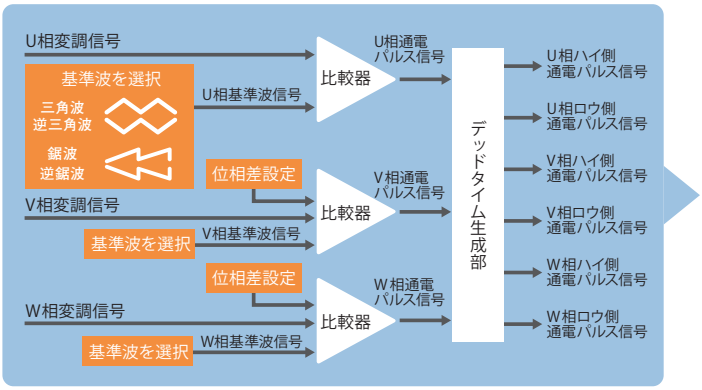
近年、この課題を解決する新たな制御方式を東芝が考案した。それは、3つの相にそれぞれ異なるパターンの基準波信号を投入して通電パルス信号を生成し、そのパルス通電中の電流の変化量から磁極位置を検知するという方法だ。相ごとにパルス信号を変えることで、より短時間の電流情報から磁極位置をより高精度に認識できるようにしたのである。既存方式と比較すると、高周波を印加しないことから騒音は大幅に低減され、回り始めの位置決めや強制転流も不要だ。起動時には、極性判定のためのパルスを短時間流すのみで、すぐに軸と同期した制御が可能になり、消費電力も抑えられている。

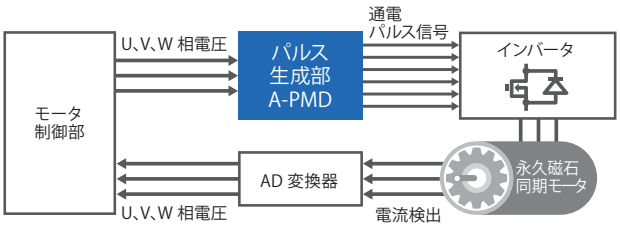
これは東芝の独自技術であり、本技術を使いやすくする機能をモータ制御マイコンに組み込んで商品化した。それが、新モータ制御マイコン「TXZ4シリーズ（TMPM4K）」である。

TXZ4シリーズのラインアップは、計画品を含め全41製品だ。CPUには最大クロック周波数160MHzのArm® Cortex® -M4コアを搭載し、高速な演算処理が可能だ。また、TX03、TX04シリーズと同様にベクトルエンジンも搭載、ベクトル制御時のCPU負荷も軽減されている。さらに、新たな「A-PMD」（Advanced Programmable Motor Driver）機能を搭載した点が、本製品の大きな特徴だ。従来のPMDでは、3相とも同じ基準波信号しか設定できなかったのに対し、新しいA-PMDは3相それぞれ異なる基準波信号を設定でき、これにより東芝が開発した磁極位置検知方法を実現できるようになった。騒音や消費電力、起動の迅速さなど、多くのメリットをユーザーにもたらし、かつ機器開発に携わる技術者にとっても容易に実装できる、これまでにないモータ制御マイコンが誕生したといえるだろう。

	レゾルバやエンコーダ	強制転流方式	高周波パルス印加方式	低速センサレス制御方式（新方式）
概要	モータ内蔵のセンサにより磁極位置を検出	起動・低速時は強制的にモータを駆動、誘起電圧が検出できる回転数からベクトル制御	起動・低速時に高周波パルスを印加し磁極位置を検出しベクトル制御	起動・低速時にモータ電流微分値から磁極位置を検出しベクトル制御
センサ（○不要、×要）	×	○	○	○
起動時電流	小	大	小	小
起動時騒音（○無し、×有り）	○	○	×	○
電流波形（イメージ）				

PMSM ベクトル制御における各方式のメリットとデメリットの比較





TXZ4 シリーズのブロック図。パルス生成部に新たなA-PMD を採用することで、低騒音かつ高効率な新開発の制御方式を活用することが可能となった

東芝デバイス&ストレージ株式会社

http://toshiba.semicon-storage.com

すべての製品名、サービス名、会社名、ロゴは、各社の商標、または登録商標です。製品の仕様・性能は予告なく変更する場合がありますので、ご了承ください。
ArmおよびCortexはArm Limited（またはその子会社）のUSまたはその他の国における登録商標です。

2018-11

Copyright © 2018 TOSHIBA ELECTRONIC DEVICES & STORAGE CORPORATION, All Rights Reserved.