

モータ制御技術の紹介

1. はじめに

当社はこれまで業務用空調機、冷凍冷蔵用圧縮機などに組み込まれる永久磁石同期モータ(以下、PMSMと呼称する)の駆動用インバータを開発し、顧客へ販売してきた。用途と出力のラインアップは表1に示す通りである。冷凍冷蔵庫、空調機器などには温度調節機構の要である圧縮機が組み込まれており、この内部にはPMSMが存在する。圧縮機には自社だけでなく他社PMSMが組み込まれることもあり、自社、他社を問わず、様々なPMSMを制御するソフトウェアを開発し、当社製インバータに実装してきた。

近年の環境・エネルギー問題に起因する高効率・省エネルギー化はPMSMだけでなく、PMSMを制御するインバータやソフトウェアにも強く求められている。特に民生用途などではこれらの要求の他に、小型化、低価格化も求められており、スペースを最小にしつつ出力を最大限に大きくした高出力密度なPMSMおよび同モータ性能を引き出すインバータ、モータ制御ソフトウェアの開発が課題となっている。

また、PMSMの制御には磁極位置および電流情報を必要とし、通常これらの情報を得るには位置センサ、電流センサなどを設けなければならない。モータ同様、製品の小型化はこれらセンサ類にも影響する。また、センサの保守性、信頼性への懸念から、製品のセンサレス化が求められ、モータ制御もセンサレス化への対応が必要となる。

これらの課題解決には、運転範囲の拡大とモータ制御のセンサレス化を両立する技術が必要である。当社ではこの課題に対し、過変調領域の利用および磁極位置と電流のセンサレス化を両立する技術の確立に取り組み、これを実現している。

本稿では、当社が保有するPMSMの制御技術と運転範囲拡大に関する取り組みについて紹介する。

2. 当社が保有するモータ制御技術

当社が保有するPMSMの制御技術は、モータ本体とそれを駆動するインバータおよびソフトウェアによる制御の複合技術である。

当社では、前章にて述べた要求から高性能化、センサレス化に対応するため、図1に示すような様々な技術を駆使している。次節に当社での取り組みを示す。

2.1 高性能化

PMSMの運転性能は制御法に大きく依存しており、適切な制御を施すことにPMSMがもつ性能を最大限に引き出すことができる。

当社では、従来の120度通電方式、正弦波通電方式の電流ベクトル制御を基本として研究開発を進めている。近年の開発では、周知となっているMTPA制御、高速運転を可能とする弱め磁束制御を磁極位置センサレス手法と組み合わせることで簡略化し、低価格マイコンでの実装と制御性能の向上の両立を実現した。

表1 当社の駆動用インバータの製品ラインアップ

用途	最大出力[kW]
ファン	0.4
ポンプ	0.25
	0.4
	0.75
冷凍冷蔵庫(圧縮機)	0.2
空調機器(圧縮機)	0.2
	0.4
	7.5
	12

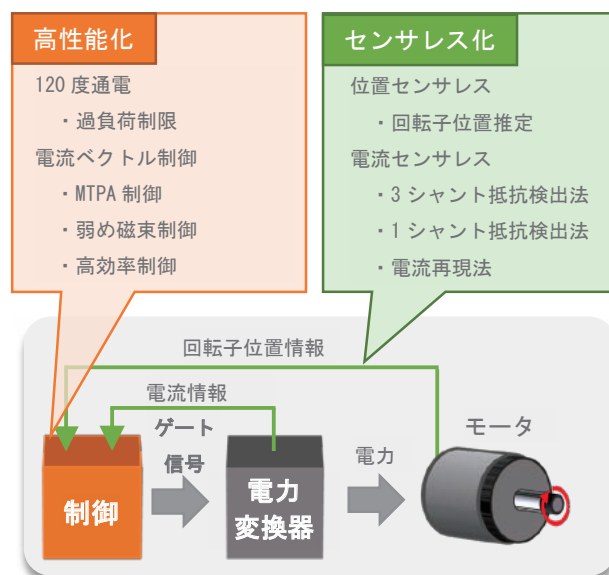


図1 モータ制御技術の基本構成と関連技術

2.2 センサレス化

PMSMの制御には回転子の磁極位置、モータ電流といった情報のフィードバックを必要とする。この情報を得るにはモータおよびインバータ基板上にセンサ類を取り付ける必要があるが、センサ類に対しても小型化、低価格化が求められている。

例えば電動圧縮機では、圧縮機内部にPMSMが組み込まれている構造から、PMSMに位置センサを設けることが困難である。この観点から市場では位置センサを無くした製品構成が主流となっており、これを実現するモータ制御技術が多く用いられている。この技術は信頼性の向上、低価格化にも寄与している。

当社では、電流値をCPUにフィードバックし誘起電圧、磁束を推定することにより、位置、速度情報へ変換していく手法を用いている。

さらに低価格化の観点から、電流センサの代替として3シャント抵抗および1シャント抵抗による電流検出方式も実用化しており、位置および電流検出のセンサレス化を多くの製品に施している。

3. 運転範囲拡大に対する取り組みとその成果

電流センサレス化のための1シャント抵抗による電流検出方式は、低価格化に大きく寄与するものの、特定のスイッチングパターン、特に過変調時では2相分の電流が検出できない点から、運転範囲が限られる問題がある。

一方、近年、製品の小型化、省エネルギー化に伴いモータにも高出力密度化が求められており、モータ制御の運転範囲の拡大が課題になっている。

これらの観点から、当社においても運転領域拡大に組み込み、近年では過変調領域の利用と1シャント抵抗による電流検出値を用いた3相電流の再現の両立を実現した。前述の通り、過変調領域では2相分の電流が検出できず、モータ制御性能が低下する。この問題に対し、検出可能な1相から他相の電流を推定し3相の電流の再現に成功した。

この実現により、過変調領域を利用しない現行制御に対しに約8%の運転範囲の拡大が図2のように見込めている。

今後、さらなる運転範囲拡大を狙い、始動性能の向上などを検討していく。

4. おわりに

近年のモータ制御には、従来の省エネルギー化・高性能化の観点以外にも、小型化、低価格化といった要求が加わっている。スペースを最小にしつつ出力を最大限に大きくした高出力密度なPMSMに対し、PMSMの性能を引き出しつつセンサ類を最小限の構成として低価格化を図ったインバータおよびモータ制御ソフトウェアの開発が、近年の課題である。

当社のモータ制御技術の研究、開発では、この要求に応えるべく制御の高性能化、センサレス化への対応、またこれらを両立する技術の確立などに取り組み、過変調領域の利用および磁極位置と電流のセンサレス化の両立に成功している。

今後も変わっていく情勢、要求に対し、モータとインバータ、ソフトウェアとを機電一体として実現し、持続可能な社会への貢献を目指していく。

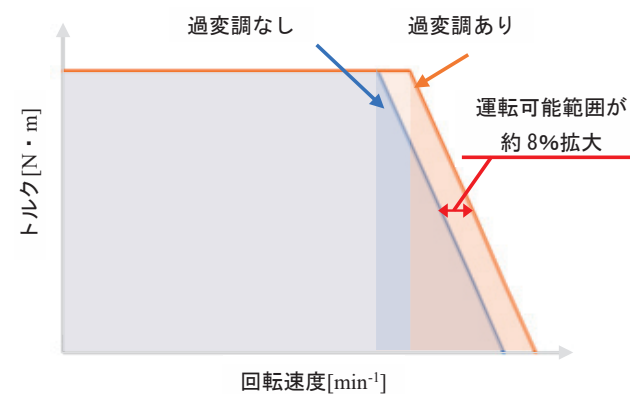


図2 運転範囲拡大に対する取り組み結果

参考文献

- (1) 新製品紹介：「冷蔵庫用インバータ」 愛知電機技報 No.41 (2019)
- (2) トピックス：「12 kW コンバータ内蔵インバータモジュールの開発」 愛知電機技報 No.43 (2021)
- (3) 電気学会・センサレスベクトル制御の整理に関する調査専門委員会 編：『ACドライブシステムのセンサレスベクトル制御』（オーム社 2016）115-119
- (4) 森本：「モータ技術の動向と展望」 パナソニック技報 No.55 (2009)
- (5) 福本、渡邊、ほか：「三相PWMインバータの直流電流検出による交流電流演算の一手法」 電気学会論文誌D No.2 Vol.127 (2007)