

高効率、小型・軽量化を図った永久磁石モータ型インテリジェントアクチュエータ (IA)

Permanent-Magnet Motor Type Intelligent Actuator

望月 資康
MOCHIZUKI Motoyasu

西澤 隆志
NISHIZAWA Takashi

中村 嘉伸
NAKAMURA Yoshinobu

産業用モータに対するニーズは、地球環境保護の面から、高効率、省資源、省スペースおよび低騒音などが挙がっている。

当社はこのようなニーズにこたえるために、モータとインバータが融合した新しいドライブ装置として、高効率といつそうの小型・軽量化を目指した永久磁石モータ型インテリジェントアクチュエータ (IA : Intelligent Actuator) を開発した。このモータは、高速ドライブ用ポンプ、プロア用途などを中心に装置の小型化・高効率化をねらった 21 世紀の産業用モータとして市場に投入する。

Higher efficiency, resource conservation, reduction in size, and lower noise are primary requirements for motors in industrial use, from the perspective of environmental protection of the Earth.

Toshiba provides an innovative solution for these requirements with an integrated motor and inverter product called the intelligent actuator, abbreviated IA. The IA consists of two production series employing an induction motor and a permanent-magnet motor, respectively.

This paper describes the IA with a permanent-magnet motor. This IA features higher efficiency, smaller size and lighter weight. It will soon be launched on the market for use in pumps, blowers, and similar applications.

1 まえがき

IA は、3.7 kW 以下の小容量モータにインバータを内蔵させた新しい産業用モータである。

産業用モータの主流になっている三相かご形 IM (Induction Motor : 誘導電動機) の国内市場規模は約 1,000 万台／年で、このうち 3.7 kW 以下の小容量機種は約 80 % を占めている。三相かご形 IM は、電源周波数とモータの極数によって回転速度が決まる。このため、機械が必要な回転速度を得るために、例えばベルトとブーリ、ギアなどの機械的変速装置を使用して減速・增速するか、モータの極数を変えるか、あるいは機械の設計をモータの回転速度に合わせているのが現状である。

IA は変速装置を設けることなく機械が必要とする最適な回転速度を簡単に、しかも正確に得ることができるモータである。当社は従来の IM にインバータを融合させた商品として、0.2~3.7 kW の IM 型 IA を 1997 年度から発売した(図 1)。この IM 型 IA の後続機種として、高効率、小型・軽量の、特に高速用途をねらった 0.4, 0.75 kW の PM (Permanent-magnet Motor : 永久磁石モータ) 型 IA を開発した(図 2)。



図 1. IM 型 IA　IM とインバータを一体化した IA である。

Induction motor type intelligent actuator

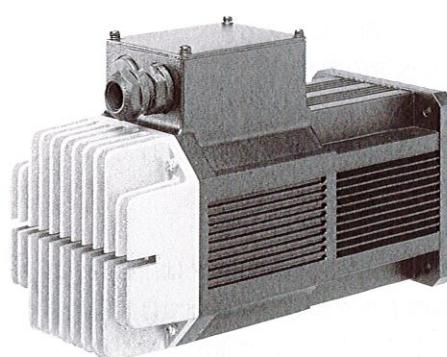


図 2. PM 型 IA　永久磁石モータとインバータを一体化した IA である。

Permanent-magnet motor type intelligent actuator

2 IA の適用例とメリット

IA は図 3 に示すような産業用途を中心に、いろいろな機

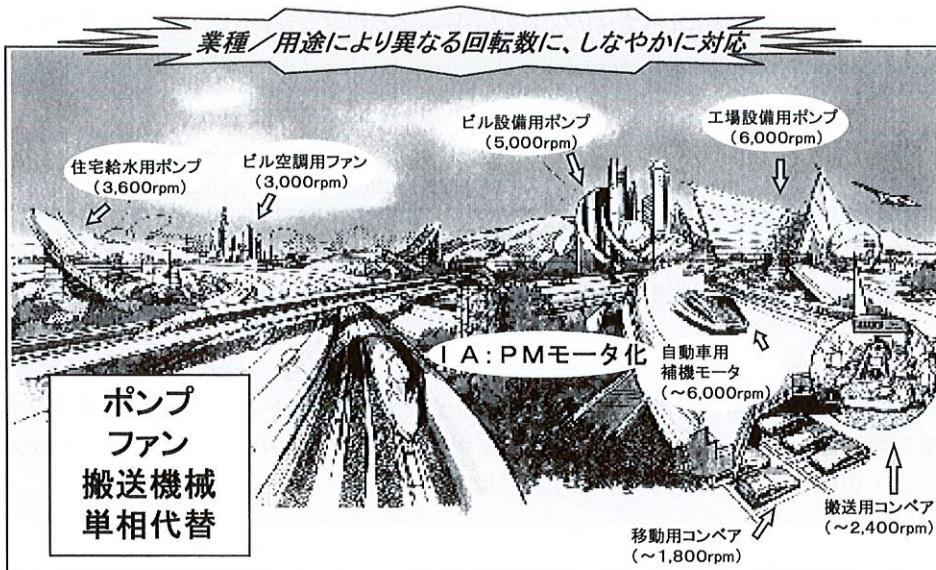


図3. IAの用途例 IAは機械装置に応じた最適な回転数を提供できるので、ポンプ、ファン、搬送機械、単相電源で三相IMを駆動する単相代替など、幅広い用途への適用が期待できる。

Examples of application of intelligent actuator

械への適用ができる。以下に適用例と適用した場合の利点を述べる。

2.1 ポンプの場合

IAは可変電圧・可変周波数を発生するインバータを内蔵しているので、電源周波数に関係なく回転速度が設定した値となり、機械の標準化が図れる。

高速型のIAでは特別な周辺装置なしで、従来の2極モータの2倍速に相当する7,200 rpmが得られるので、装置をコンパクトにすることができる。

2.2 ファンの場合

ファンやプロアでは多くの場合ベルトとブーリで变速しているが、これらの機械式变速部分を使用しない直結運転ができるので、装置をコンパクトにすることができる。

従来、ブーリ径を変えていた現地・現場での風量調整もIAの場合には内蔵ボリュームによる速度調整となるので短時間に、かつ、簡単に実行できる。

2.3 コンベアの場合

複数台のコンベアを組み合わせて使用する用途に使うと、コンベア間の速度の微調整が簡単に実行できるので、据付け・調整時の省力化が図れる。

2.4 単相電源の場合

単相電源で使用する単相モータは、始動トルクが小さいので始動時のトルクが必要な場合では始動できないことがある。始動電流も大きいので電源容量が小さい場合には容量不足で始動できないことがある。

IAはインバータを内蔵しているので、始動トルクをモータ定格トルクの100%～120%，始動電流をモータ定格電流

の約1.5倍以内に抑制するソフトスタート機能があり、単相モータの始動時の問題がなくなる。

3 PM型IA

3.1 仕様

PM型IAのモータ部、インバータ部の仕様を表1に示す。

表1. PM型IAの仕様

Specifications of permanent-magnet motor type intelligent actuator

項目		仕 様
共 通 部	電源電圧・周波数	三相 200～230 V-50/60 Hz
	外被構造	全閉形
	保護方式	IP44 (JP44と同等)
	設置場所	屋 内
	周囲温度	-10～40°C
モ ー タ 部	定格出力	0.4, 0.75 kW
	回転数範囲	3,600～7,200 rpm
	取付方式	フランジ
	磁石材料	希土類系焼結磁石
	絶縁種別	B種
	時間定格	連 続
	制御方式	正弦波 PWM 制御
イン バ ータ 部	回転数設定	内部ボリュームで調整
		過電流, 過電圧
	保護機能	不足電圧, 過熱, 過速度 電子サーマルリレーによる過負荷

IP44 (JP44): IPはIEC(国際電気標準会議)に準拠する保護方式の記号、JPはJISに準拠した記号。

PWM: Pulse Width Modulation

3.2 特長

PM型IAの特長は以下のとおりである。

3.2.1 高効率 モータ部は、高磁力の永久磁石をロータに用いる永久磁石モータである。IMはステータ、ロータともに電流が流れトルクを発生している。一方、永久磁石モータはステータの電流とロータの永久磁石でトルクを発生させるため、ロータに電流が流れないので、IMよりも発生損失が少ない。PM型IAと従来の商用電源駆動のIM(1,800 rpm)との消費電力の比較を図4に示す。PM型IAはインバータを含んだ状態の総合効率でIMより10%以上の高効率を達成している。また、IMをインバータ駆動した場合では、さらに効率の向上を図ることができる。

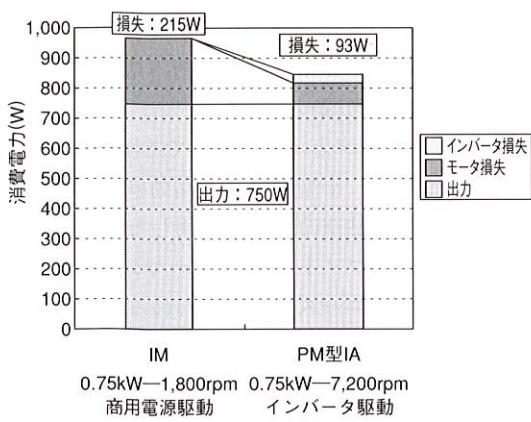


図4. 損失の比較グラフ PM型IAはインバータ駆動であるにもかかわらず、商用電源駆動のIMよりも損失が低く、高効率である。

Loss of permanent-magnet motor type intelligent actuator and induction motor

3.2.2 小型・軽量、高速運転 従来のIM(1,800 rpm)に比べて、永久磁石モータを採用すること、モータ

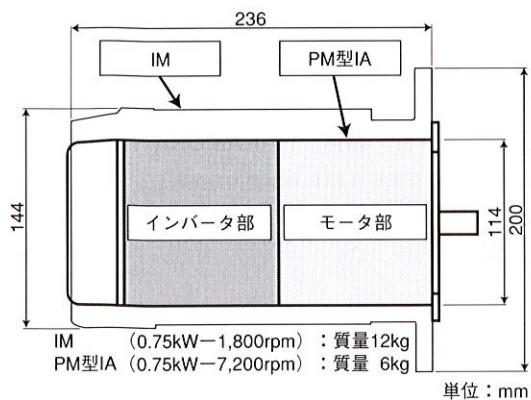


図5. 寸法の比較 PM型IAはインバータを内蔵しているにもかかわらず、IM単体に対して、小型・軽量である。

Dimensions of permanent-magnet motor type intelligent actuator and induction motor

回転速度の高速化(7,200 rpm)で、モータ部の大幅な小型・軽量化を実現している。IMとPM型IAの大きさ・質量の比較を図5に示す。モータ部だけでは、大きさ・質量とも1/3を達成している。インバータを含んだIA全体としてもIM単体と比較して、大きさ・質量とも1/2を実現している。また、最高回転速度を7,200 rpmに設定しているので、駆動する機械の特性・構造によっては機械側の小型・軽量化ができる。

3.2.3 低騒音 7,200 rpmという高速回転で駆動する場合、モータの冷却用ファンから騒音を発生する。PM型IAではモータおよびインバータの冷却設計の最適化を図り、冷却ファンの不要な全閉自冷構造を実現することができた。ファンレス化により、従来の1,800 rpmのIM(全閉外扇形)とほぼ同等の騒音に抑えることができる。

3.2.4 運転速度の最適化 このPM型IAはインバータを内蔵しているので、機械式の変速装置を用いないで、機械の必要とする最適速度へ簡単に調整することができる。これにより、機械の最適化・高性能化・高効率化を図ることができる。

3.2.5 省スペース 永久磁石モータを駆動するためにはインバータが必要であるが、モータとの一体化構造としたため、インバータの設置・収納場所が不要となった。別置きインバータとの組合せに比べて約50%の省スペースを実現している。

3.2.6 電源周波数・極数・相数フリー 電源周波数はもちろん、極数および相数の違いをまったく意識しないで、用途に応じた回転速度を得ることができる。電源周波数の異なる地域向けに機械の仕様を変更する必要もなくなる。

3.2.7 保護機能の充実 モータ保護用のサーマルリレーを内蔵しているので、周辺保護装置を必要としない。

3.3 技術ポイント

以下にPM型IAの差別化技術ポイントを述べる。

3.3.1 最適なモータ磁気設計 有限要素法^(注1)による磁界解析で、モータ磁気回路の最適化を図り、ステータ構成、ロータ構成と磁石の形状と配置を決定した。ステータコイルには巻線を有効に活用できる集中巻方式、ロータには強力な希土類系焼結磁石を採用することで、モータ効率の向上を実現している。

3.3.2 正弦波電圧駆動方式 一般に永久磁石モータで用いられる120°矩(く)形波電圧駆動に対して、PM型IAは180°正弦波電圧駆動方式を採用した(図6)。矩形波電圧駆動と比較して、正弦波電圧駆動では電流の高調波成分が少なく、モータのよりいっそうの効率の向上と騒音の低減を

(注1) 対象を細かな要素に分割して、それぞれの要素ごとに隣り合う要素との関連を含めて計算を行い、詳細な部分まで把握する解析手法。

矩形波電圧駆動 → 正弦波電圧駆動

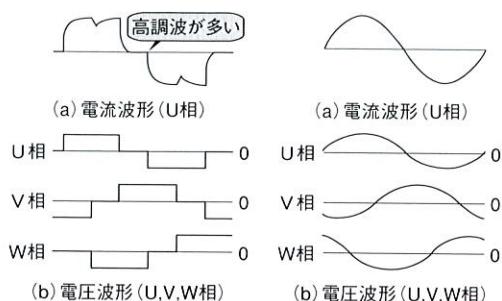


図6. インバータ制御波形の比較 正弦波電圧でモータを駆動することにより、高調波電流を低減し、モータの効率向上、騒音低減が可能である。

Inverter control waves

達成している。

3.3.3 モータ、インバータ一体化技術 PM型IAでは、モータとインバータの一体化構造を達成するために、モータとインバータを小型にすることが必要である。モー

タ部では高磁力の永久磁石を採用し、インバータ部では基板を小型にし、最適配置をすることにより、モータとインバータを一体構造にしている。

3.3.4 最適な冷却方式 一般的のインバータはモータとは別置きであり、構造も全閉構造ではない。PM型IAでは、モータ部およびインバータ部の全閉構造を目標とした。CAE(Computer Aided Engineering)解析を駆使した最適冷却設計を行い、モータとインバータの両者を自然空冷とし、ファンレスにより低騒音化を実現している(図7)。

4 あとがき

IAは従来のモータの常識を変える商品である。今後、ファンやプロアなどの風力機械、ポンプなどの水力機械用途を中心に適用が広がると予想されるが、さらにいろいろな用途に幅広く適用できるように、技術の見直しを行い、いっそうのコスト低減を図っていく。

PM型IAは、モータとインバータでそれぞれ培ってきた技術を継承しながら、小型・軽量・高効率を実現した。加えて、冷却方式に自然空冷方式を採用したことにより、高速回転でも低騒音でコストパフォーマンスに優れたモータとして、ユーザーニーズにこたえられるものと期待している。

今後はさらに、容量拡大を含めて、機種の拡大を図り、さまざまな分野で対応できるよう努力を続けていく所存である。

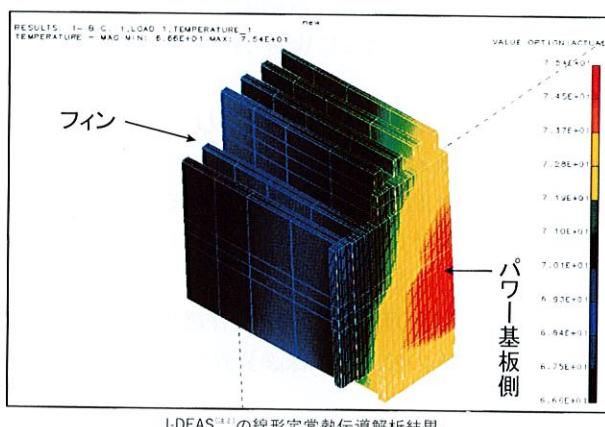


図7. インバータ冷却用フィンの温度解析 インバータ冷却用フィンの最適化をCAEを駆使して実施し、モータ、インバータの自然空冷を実現している。

Thermal analysis of inverter cooling fin

(注2) CAE/CAD/CAMの統合システムの商品名で汎(はん)用有限要素法ソフトウェアであり、Structural Dynamics Research Corporationの商標。

望月 資康 MOCHIZUKI Motoyasu

産業機器事業部 新事業推進担当主査。
産業用モータの開発・設計に従事。電気学会会員。
Industrial Electric Equipment Div.

西澤 隆志 NISHIZAWA Takashi

産業機器事業部 新事業推進担当主査。
産業用モータの開発・設計に従事。精密工学会、電気学会会員。
Industrial Electric Equipment Div.

中村 嘉伸 NAKAMURA Yoshinobu

産業機器事業部 新事業推進担当。
産業用インバータ開発・設計に従事。電気学会会員。
Industrial Electric Equipment Div.