

製品事例

センサレスサーボの特徴と活用法

三菱電機 河原 邦宏*

*かわはら くひろ：名古屋製作所
インバータシステム部インバータシステム開発課

はじめに

これまで、インバータと AC サーボは可変速駆動機器という共通性を持ちつつ、産業界でそれぞれ固有の適用範囲を拡大している。しかし、近年の産業界のグローバル化に伴い、装置を構成する駆動システムでも一層の競争力向上が求められており、従来は安価な AC サーボのラインアップなどでコスト低減を実施していた。当社は、さらなる価値向上を図るため、まったく異なるアプローチとして既存のインバータ・AC サーボという機種種の枠を超えた“三菱電機センサレスサーボ”をラインアップしている(図 1)。センサレスサーボは、インバータと AC サーボの中間領域に適用できる駆動機器であることに加えて、従来なかったセンサレス化固有の特徴もあることから、駆動機



図 1 ドライブユニット FR-E700EX、センサレスモータ MM-GKR 外観図(0.1 kW)

器選定の新たな選択肢となる機器として位置づけている(図 2)。本稿では、センサレスサーボの概要、センサレス制御技術、センサレス適用の指針および用途事例について述べる。

センサレスサーボの概要

1. センサレスサーボとは

センサレスサーボとは、永久磁石同期モータを、PM センサレスベクトル制御にて、位置センサレスで高精度に制御するドライブシステムである。PM センサレスベクトル制御とは、ドライブユニット内部に仮想モータモデル(適応磁束オブザーバ)を持ち、当社独自のアルゴリズムで速度/磁極位置を推定し、ベクトル制御を行うものである。適応磁束オブザーバは、実際のモータに印加される電圧と、それによって流れる電流から、モータ内部磁束などの状態を求め、速度/磁極位置を推

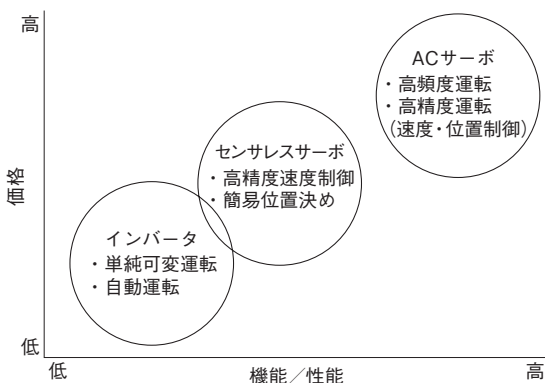


図 2 センサレスサーボの位置づけ

定する。位置センサの代わりに、その値を用いるため、センサレスで高精度な制御が可能である。

2. センサレスサーボの製品構成

センサレスサーボのモータは、AC サーボモータタイプのMM-GKRシリーズ(低慣性)、MM-CFシリーズ(中慣性)、ギヤードモータタイプのGV-Sシリーズ、高速タイプのMM-BFシリーズ(最高10,000r/min)から成る。ACサーボモータタイプは、位置センサレスで位置制御が可能である。すべて、永久磁石同期モータである。ドライブユニットは、対応モータタイプ、容量、インターフェイスによって、FR-E700EX、FR-D700-G、FR-A800の3種類がある。以下では、センサレスサーボの代表機種として、FR-E700EXとMM-GKRについて述べる(表1)。

表1 FR-E700EX、MM-GKRシリーズの仕様

容量・機能	モータ容量	200V	0.1kW~0.75kW
		400V	—
	減速機対応		減速機なし/付き
	減速比ラインアップ		4種(1/5~1/30)
	電磁ブレーキ対応		電磁ブレーキなし/付き*1
	制御		速度制御/位置制御
性能	通信対応		RS485/RS422、CC-Link*2、FLリモート*3
	定格速度/最高速度		3,000/3,000 r/min
	速度制御範囲		1 : 1,000
	速度変動率		±0.05%
	速度応答		100 Hz*4
	位置制御指令分解能		5,120 pulses/rev
	位置決め精度		±1.8°
	最大トルク		200% 3s
	始動トルク		200%

*1 0.1kWは電磁ブレーキなしのみ対応。

*2 内蔵オプションが必要。

*3 FLリモート通信対応品で可能。

*4 0.1kWモータ単体、定格速度運転時。

センサレスサーボのセンサレス制御技術

1. 位置推定方式

以下に、センサレスサーボの位置推定方式について説明する。

一般に、永久磁石同期モータにおける位置は、永久磁石のN極の方向、すなわち永久磁石磁束の方向であると定義される。したがって、何らかの方法で永久磁石磁束の方向を推定できれば、位置の推定が可能である。センサレスサーボは、永久磁石磁束などのモータ磁束の方向を適応磁束オブザーバと呼ばれる方法を用いて推定することで、位置推定を行っている。

(1) 適応磁束オブザーバ

適応磁束オブザーバは、モータ磁束とモータ電流をモータの仮想モータモデル、すなわち数式モデルから推定するものである。図3に、適応磁束オブザーバの構成を示す。図3に示すように、適応磁束オブザーバは磁束/電流/位置推定部と、速度推定器から成る。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \hat{\phi}_s \\ \hat{\phi}_r \end{bmatrix} = \hat{A} \begin{bmatrix} \hat{\phi}_s \\ \hat{\phi}_r \end{bmatrix} + B v_s - H (\hat{i}_s - i_s) \quad \dots \text{式①}$$

$$\hat{i}_s = C \begin{bmatrix} \hat{\phi}_s \\ \hat{\phi}_r \end{bmatrix} \quad \dots \text{式②}$$

$$\hat{\omega}_r = k_{ap} \frac{(\mathbf{J}\hat{\phi}_r)^T (\hat{i}_s - i_s)}{|\hat{\phi}_r|^2} + k_{ai} \int \frac{(\mathbf{J}\hat{\phi}_r)^T (\hat{i}_s - i_s)}{|\hat{\phi}_r|^2} dt \quad \dots \text{式③}$$

但し、 $\hat{\phi}_s$: 推定一次磁束、 $\hat{\phi}_r$: 推定二次磁束(永久磁石磁束)、 v_s : 一次電圧、 \hat{i}_s : 推定一次電流、 i_s : 検出一次電流、 \hat{A} 、 B 、 H 、 C : いずれも定数行列、 \mathbf{J} : 回転行列、 $\hat{\omega}_r$: 推定速度、 k_{ap} : 速度推定比例ゲイン、 k_{ai} : 速度推定積分ゲイン

式①にモータ磁束を、式②にモータ電流を推定する数式を示す。式①における右辺第3項は、推定電流と検出電流の差がなくなるように、推定磁