高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」の特殊電動機への適用例

市中　良和（いちなか　よしかず）　鉄谷　裕司（てつたに　ひろし）　山田　達也（やまだ　たつや）

1　まえがき

高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」（VG7S）は，誘導電動機の適用に応じベクトル制御，センサレスベクトル制御，V/f 制御の選択ができ，同期電動機はベクトル制御，V/f 制御（専用品）の運転が可能となった。また制御性能の向上により，電動機を駆動可能な最高速度も上がっている。

本稿では VG7S の特殊電動機（高速誘導電動機，多重巻線電動機，同期電動機）との組合せ応用技術について紹介する。

2　誘導電動機の高速ベクトル制御

近年，工作機械主軸ドライブは，超精密加工そして加工能率向上の要求から，高速ドライブ化，加減速時間の短縮化が求められている。また，回転むらの低減，機械剛性を高めること，そして冷却の優位性の観点から，機械と一体化したビルトインタイプの電動機が主流になっている。

今回，VG7S を工作機械主軸ドライブに適用し，高速誘導電動機のベクトル制御を実現したので，その概要を紹介する。

2.1　電動機の仕様

使用した電動機は，ビルトイン構造で巻線切換方式により，高速巻線（Δ結線）で速度 32,000 r/min まで駆動できる。電動機の仕様を**表1**に示す。

表1　高速誘導電動機の仕様

項目＼巻線	Y 結線	Δ結線
定格出力	14 kW	15 kW
極　　数	2 極	2 極
定格電圧	180 V	200 V
定格電流	57 A	55 A
定格速度	8,000 r/min (133 Hz)	32,000 r/min (533 Hz)

2.2　システム構成

図1にシステム構成例を示す。

NC コントローラからの要求に従い，VG7S は主軸用誘導電動機を駆動し，主軸の位置決め制御（オリエンテーション制御）を行う。制御方式は全領域ベクトル制御で

図1　工作機械主軸ドライブのシステム構成例

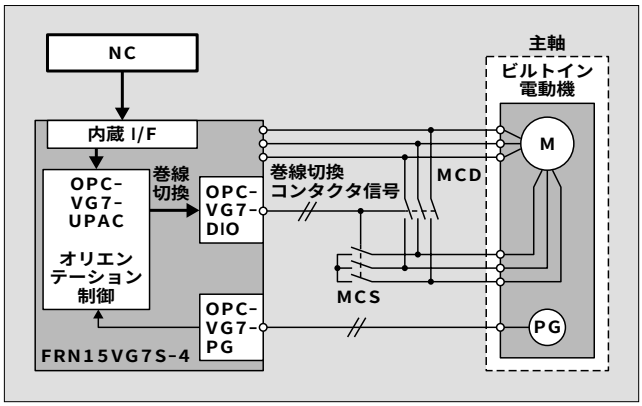
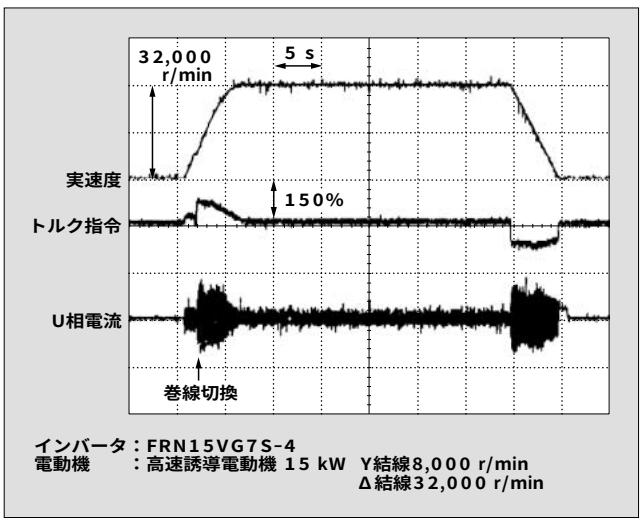


図2　工作機械主軸ドライブの実機運転データ



市中　良和

可変速駆動装置の開発・設計に従事。現在，神戸工場可変速設計部。

鉄谷　裕司

可変速駆動装置の開発・設計に従事。現在，神戸工場可変速設計部担当課長。電気学会会員。

山田　達也

可変速駆動装置の開発・設計に従事。現在，神戸工場可変速設計部。

行っている。位置決め制御は，電動機に取り付けられたエンコーダのパルス信号から，制御オプション OPC-VG7-PG〔ラインドライバ PG（Pulse Generator）インタフェースカード〕と OPC-VG7-UPAC（User Programmable Application Card）を使用したオリエンテーション制御システムを用いて行っている。

2.3　実機運転データ

図２は実機システムでの加減速運転時の動作チャートである。加減速時間短縮の要求から 0 ～ 32,000 r/min の加減速を約５秒で行った。加速時は，速度 8,000 r/min から約 200 ms で巻線切換（Y 結線→Δ結線）を行っている。減速時は停止までΔ結線で減速している。

③　同期電動機の高速ベクトル制御

今回，VG7S と高速同期電動機の組合せによる PG 付きベクトル制御を実現したので，その概要について紹介する。

3.1　電動機の仕様

使用した電動機は，他社製の表面磁石形同期電動機である。磁気軸受構造で 50,000 r/min まで駆動できる。電動機の仕様を**表２**に示す。

3.2　制御改良点

高速同期電動機のベクトル制御実現のために改良，追加した内容を以下に記す。

(1)　電流検出の位相補償を追加
(2)　電流制御系ゲインの低速と高速領域での切換
(3)　磁束弱め制御追加
(4)　電源投入初回始動時の磁極引込み制御を追加

3.3　実機運転データ

図３は実機システムでの加減速運転時の動作チャートである。0 ～ 50,000 r/min を加速 30 秒，減速 20 秒で行っている。

④　大容量２巻線電動機のセンサレスベクトル制御

インバータユニット単機容量を超える電動機を駆動する場合は，電動機巻線を多重巻線とし，巻線ごとにインバータを設ける多重化システム（最大６多重まで）が適用できる。

今回，450 kW の２巻線電動機を 220 kW ２台の VG7S で駆動する２巻線システムで大容量押出機に適用した。制御方式はセンサレスベクトル制御で実現した。

表３に電動機の仕様を示す。

押出機は定トルク負荷特性で，始動時のロスも大きいため，ゼロ速度から高始動トルクが要求される。**図４**は押出機に適用した 450 kW 電動機のセンサレスベクトル制御による速度ートルク特性である。低速域でも十分にトルクを出力できており，零回転でも最大 140 %のトルクを出している。

表２　高速同期電動機の仕様

定格出力	11 kW
極　　数	2 極
定格電圧	200 V
定格電流	53 A
定格速度	28,000 r/min（466 Hz）
最高速度	50,000 r/min（833 Hz）

表３　2巻線電動機の仕様

定格出力	450 kW
極　　数	6 極
定格電圧	370 V
定格電流	415 A
定格速度	1,150 r/min
最高速度	1,495 r/min

図３　高速同期電動機の実機運転データ

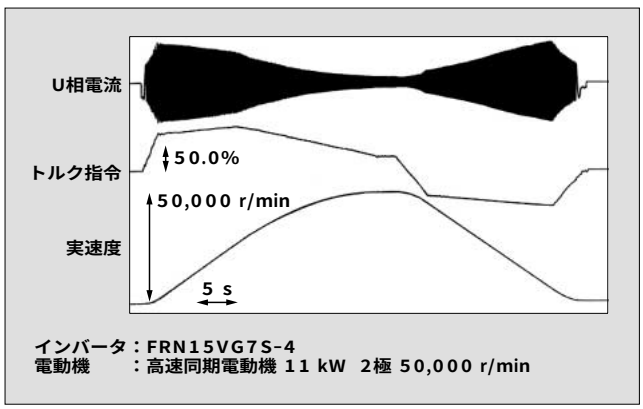
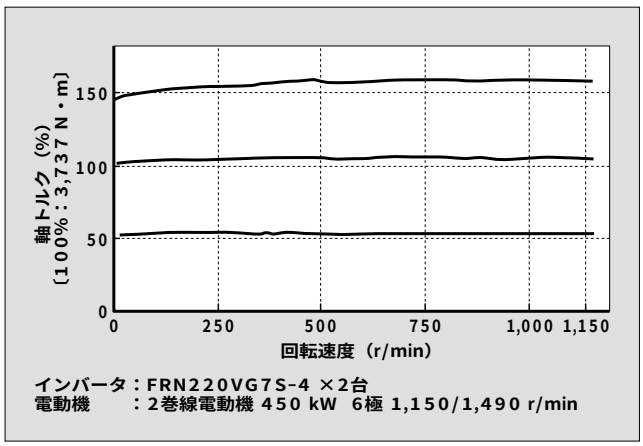


図４　押出機用 2 巻線電動機の速度ートルク特性



5　同期電動機の高速 *V*/*f* 制御

高効率化の観点から同期電動機の駆動が注目されており，最近では，回転子位置センサを持たないセンサレス制御による同期電動機駆動技術の開発が進められている。

VG7S では同期電動機のベクトル制御（PG 付き制御）機能を内蔵しており，富士電機のサーボモータ，ES モータなどと組み合わせて使用されている。それに加えて，VG7 S を使用し，*V*/*f* 制御を主体とした同期電動機センサレス制御を新たに開発した。

本章では，VG7S の高速同期電動機センサレス駆動の概要について紹介する。

5.1　同期電動機の仕様

今回テストを行った試作品の高速中容量同期電動機の仕様を**表 4** に示す。

5.2　制御方式の概要

V/*f* 制御を主体として下記の特長がある。

(1)　十分な始動トルクを得るために低速領域では，電流制御〔ACR（Automatic Current Regulator）制御〕を採用。

(2)　*V*/*f* 制御の安定性を保つための制御を追加。

(3)　ACR 制御と *V*/*f* 制御との切換時のトルクの変動を低減する機能を追加。

(4)　無効電流を低減する高効率制御機能を追加。

(5)　負荷レベルの制限を設定できるよう電流制限機能を追加。

(6)　万が一脱調した場合の電動機保護機能を追加。

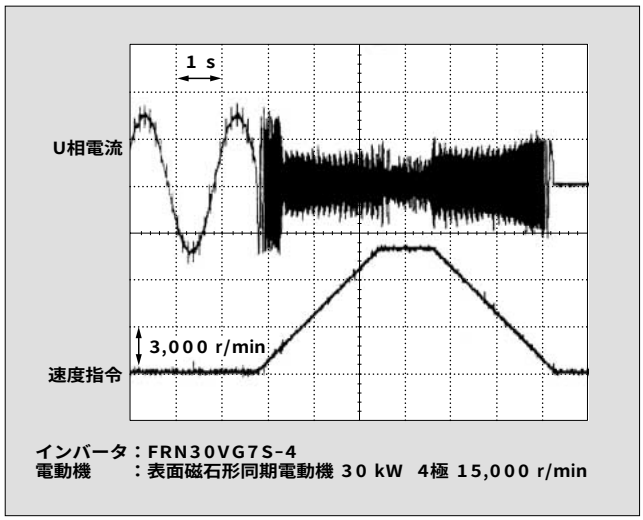
5.3　運転特性

図 5 は，この *V*/*f* 制御で加減速運転を行った結果である。始動は，0.5 Hz で数秒間引き込ませてから低速まで ACR 制御している。その後，*V*/*f* 制御へ移行して最高速度まで加速しているが，ACR 制御と *V*/*f* 制御の切換時のつなぎ制御が行われており，トルク変動の低減する制御を行っている。減速は *V*/*f* 制御のままで停止まで制御している。

表 4　表面磁石形同期電動機の仕様

定格出力	30 kW
極　　数	4 極
定格電圧	400 V
定格電流	56 A
定格速度	15,000 r/min（500 Hz）

図 5　*V*/*f* 制御による加減速運転データ



6　あとがき

以上，高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000 VG7S」の特殊電動機への適用例を紹介した。

同期電動機駆動，高速電動機駆動など幅広い電動機との組合せにより，より広い分野に適用されることを期待している。

今後もパワーエレクトロニクス，マイクロエレクトロニクスならびに新しい制御技術を駆使し市場ニーズにこたえるべく，インバータの開発に努力していく所存である。

最後に，本稿へのシステム事例の記載に際し，快くご承諾いただいたユーザー各位に感謝申し上げる次第である。

参考文献

(1)　鉄谷裕司ほか．汎用ベクトル制御インバータ．富士時報．vol.73，no.11，2000，p.589–594.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。