

パワーエレクトロニクス、マイクロエレクトロニクスの技術発展とともに汎(はん)用インバータの高性能化も進み、新たな市場への展開が進んでいる。この市場は、主に小容量レンジが中心で、簡単な操作(適用)、小型化、低価格化を要求されている。当社では最新のマイクロエレクトロニクスと新しく開発した専用パワーモジュールを使用し、ユーザフレンドリなソフトウェアを搭載することにより、“とても使いやすいインバータ VF-S7/S7e”を開発した。これらの製品は加減速、トルクアップ、環境設定についての“おまかせ機能”を搭載している。また、VF-S7は普及タイプであるがトルクアップ技術の“センサレスベクトル演算制御”を採用している。

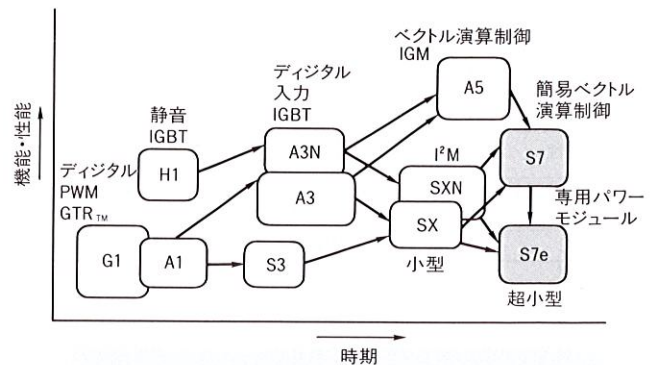
The performance of general-purpose inverters has improved with the technological progress made in the fields of power electronics and microelectronics. The development of new markets has also advanced, centering around products in the small-capacity range. Such products are required to offer easy operation/application, miniaturization, and low price.

Toshiba has developed the “very easy-to-use VF-S7/S7e inverter” by installing user-friendly software and employing the latest microelectronics as well as a special proprietary power module. This paper introduces the features of this product, including sensorless vector operation control and setup-free function.

1 まえがき

産業用普及タイプインバータはパワーエレクトロニクス、マイクロエレクトロニクスの技術発展とともに、高性能化、高機能化、小型化を進めてきた。ここ数年では特にマイクロコンピュータの高速化と制御技術の進歩により、多彩なシーケンス機能と、従来システム用途に適用が限られていたセンサレスベクトル演算制御が普及タイプインバータにまで採用されるようになった。これらにより、高度な制御と始動トルク、速度制御精度が向上し、新たな市場を開拓しつつある。一方こうした高性能化・高機能化の動向とは別に、最近小型で単機能のインバータ市場が急激に拡大しはじめた。これは普及タイプインバータの価格低下により、従来インバータを採用できなかった単純可変速市場に採用されるようになったためである。この市場は多くの機能を要求せず、単にモータを可変速する、または商用電源周波数以外の固定周波数で運転する用途である。代表的なアプリケーションとして健康・医療関連機器、アミューズメント機器、環境生活関連機器などが挙げられる。

当社としてはこの新市場開拓のため、“とても使いやすいインバータ”をコンセプトに“おまかせ3機能(おまかせ加減速、おまかせトルクアップ、おまかせ環境設定)”を搭載した TOSVERT™ VF-S7(簡易センサレスベクトル演算制御搭載機種)、TOSVERT™ VF-S7e(当社従



PWM: Pulse Width Modulation
GTR™: Giant TRansistor IGM: Intelligent GTR™ Module
IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor I²M: Integration IGBT Module

図1. 汎用インバータシリーズ TOSVERT™ の技術動向 当社の汎用インバータシリーズと代表的な技術ポイントの変遷を示す。

Technical points of TOSVERT™ series general-purpose inverters

来機種容積比 60%の超小型機種)を開発した。図1に当社インバータの機種とその位置付けを示す。

2 TOSVERT™ VF-S7 の概要

汎用インバータは大きく高性能タイプと普及タイプに分類できる。VF-S7は後者のタイプに分類される製品であり、使いやすさが重要なポイントとなる。使いやすさとしては、①操作が簡単である、②基本性能が高い、が重要で

あるが VF-S7 では、以下のような特長をもっている。

- (1) ベクトル演算制御とオートチューニングを採用し、低速域から 150 % の始動トルクを確保
- (2) 周波数設定専用ボリュームをパネル面に採用
- (3) 電源オンで即運転可能な“おまかせ機能”

表 1 に TOSVERTTM VF-S7 の代表的な特長を示し、図 2 に TOSVERTTM VF-S7 シリーズの外観を示す。

表 1. TOSVERTTM VF-S7 の特長
Features of TOSVERTTM VF-S7 general-purpose inverter

要求ポイント	特 長	
基本性能	高始動トルク	・ベクトル演算制御(3 Hz-150%トルク) ・オートチューニング(モータ定数自動設定)
	高周波出力	・最大 320 Hz 出力
	トリップレス	・瞬時停電ノンストップ制御 ・瞬時停電再始動 ・高性能カレントリミット
	低振動	・出力電流波形補正
	静音	・高キャリア PWM 制御(12 kHz)
操作性	調整レス	・おまかせ加減速度(負荷に合わせた最適加速/減速時間自動調整) ・おまかせトルクアップ(トルクアップに必要なパラメータを自動設定) ・おまかせ環境設定(50 Hz, 60 Hz 運転に必要なパラメータを自動設定)
	パラメータ編集	・使用頻度の高いパラメータだけの表示で簡単編集
	容易な操作	・6 キー+周波数設定専用ボリューム ・パネル表示(見やすい LED 表示) ・運転状態を LED で表示
	保守性	・冷却ファン運転停止制御(ファンの長寿命化) ・型式自動認識(制御基板予備品の統一)
その他	外部インタフェース	・I/O カスタマイズ機能(多機能入出力選択) ・RS485, RS232C 対応(オプション)
	環境	・電源高調波対策用直流リアクトル取付端子標準装備

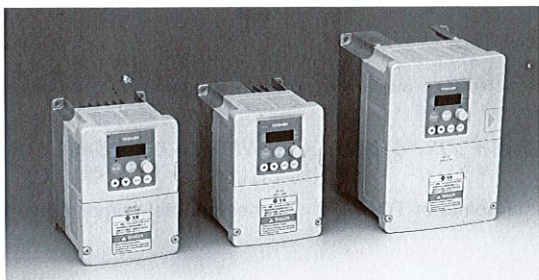


図 2. 汎用インバータ TOSVERTTM VF-S7 簡単操作で高性能をコンセプトに商品化した普及型汎用インバータ VF-S7 の外観。
TOSVERTTM VF-S7 general-purpose inverter

3 VF-S7 高性能化技術

VF-S7 のトルクアップ技術であるセンサレスベクトル演算制御について紹介する。

従来、センサレスベクトル演算制御は、高速処理が必要であり、コスト高となっていた。しかし、1チップマイクロプロセッサの進歩により、安いコストで高速処理ができるようになり、普及タイプのインバータにも搭載できるようになった。

図 3 に VF-S7 ベクトル演算制御の構成を示す。検出されたモータ電流を励磁分電流とトルク分電流に変換し、各指令値に追従するよう電圧指令を補正し、制御を行っている。図 4 はこの方式でのトルク-速度特性である。低速域から 150 % 以上のトルクが出ており、従来の V/f(電圧/周波数)制御に比較し、飛躍的に性能が向上している。また、高性能タイプに搭載されているベクトル演算制御と比較しても、遜(そん)色のない特性となっている。

センサレスベクトル演算制御に必要なモータ定数は、オートチューニング機能により、自動的に設定され、非標準モータでも簡単に使用できる特長をもっている。

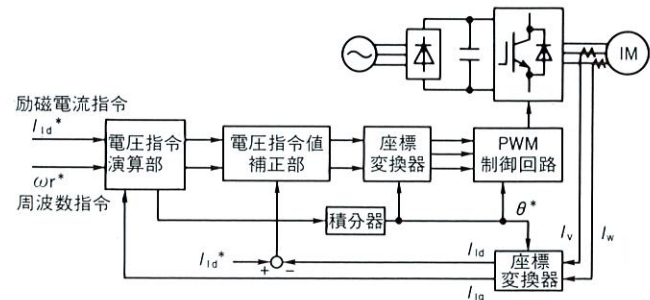


図 3. ベクトル演算制御の構成 簡単な構成で飛躍的にトルク特性の改善を実現したベクトル演算制御方式。
Block diagram of vector control

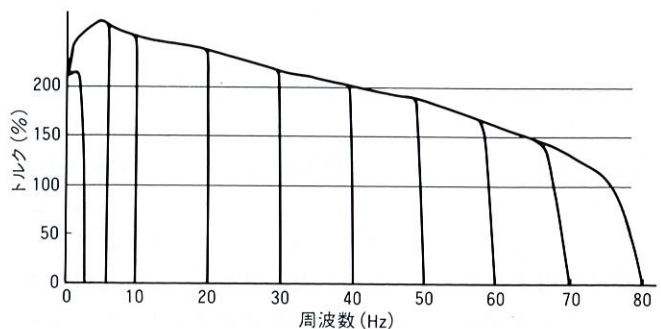


図 4. トルク-速度特性曲線 4P-200V-3.7kW の標準モータを使用。低速領域から 150 % 以上のトルクを出すことができる。
Torque-speed characteristics curve

4 TOSVERTTM VF-S7e の概要

VF-S7e は VF-S7 がもつ仕様を取捨選択し、さらに

ハードウェア構成を変えることにより、コンパクト化した製品である。当社従来製品に比較し、容積が40%(0.75 kWの例)も小型化され、寸法制約のあった半民生用用途の幅広い分野にも適用可能である。

ハードウェアにおける小型化のポイントは新開発の専用パワーモジュールである。このパワーモジュールには、インバータのパワー部として必要な機能がすべて盛り込まれている。

VF-S7eの主な特長を表2に示し、図5にTOSVERT™ VF-S7eシリーズの外観を示す。

表2. TOSVERT™ VF-S7eの特長
Features of TOSVERT™ VF-S7e general-purpose inverter

要求ポイント	特長	
基本性能	高周波出力	・最大 320 Hz 出力
	トリップレス	・瞬時停電ノストップ制御 ・瞬時停電再始動 ・高性能カレントリミット
操作性	静音	・高キャリア PWM 制御(12 kHz)
	調整レス	・おまかせ加減速度(負荷に合わせた最適加速/減速時間自動調整) ・おまかせトルクアップ(トルクアップに必要なパラメータを自動設定) ・おまかせ環境設定(50 Hz, 60 Hz 運転に必要なパラメータを自動設定)
	パラメータ編集	・使用頻度の高いパラメータだけの表示で簡単編集 ・パラメータ表をユニット正面扉内側に表示(基本操作は説明書なしで可能)
	容易な操作	・6キー+周波数設定専用ボリューム ・パネル表示(見やすいLED表示) ・運転状態をLEDで表示
	保守性	・全シリーズ自冷(ファンレス) ・制御基板共通化(予備品の統一)
	取付スペース	・当社従来型インバータ容積比約40%小型化(省スペース)
その他	外部インタフェース	・I/Oカスタマイズ機能(多機能入出力選択) ・RS485, RS232C対応(オプション)
	環境	・電源高調波対策用直流リアクトル取付端子標準装備

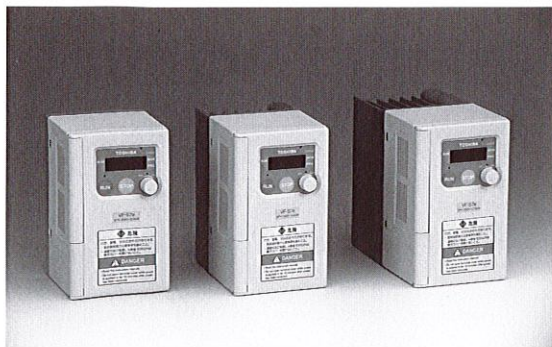


図5. 超小型汎用インバータ TOSVERT™ VF-S7e 専用パワーモジュールの開発により当社従来製品に比べ約40%の小型化を実現したVF-S7eシリーズの外観。

TOSVERT™ VF-S7e ultra-mini general-purpose inverter

5 最新の小型化技術

VF-S7eの小型化技術である専用パワーモジュールについて紹介する。図6にパワーモジュールの機能構成を示す。構成要素は、コンバータ、インバータ、DC-DCコンバータ、ゲートドライブ、電流検出、温度検出、保護回路、モータ速度サーチである。インバータ部には、600V 15 A IGBTを使用し、高キャリアに対応している。

パワーモジュールの概略外形寸法は、120 mm(H)×70 mm(W)×20 mm(D)とコンパクト化されており、これを実現するために、DC-DCコンバータにはプレーナトランスを使用、ゲートドライブはHVIC(Height Voltage Integrated Circuit)を用いた非絶縁方式になっている。

図7にパワーモジュールの外観を示す。

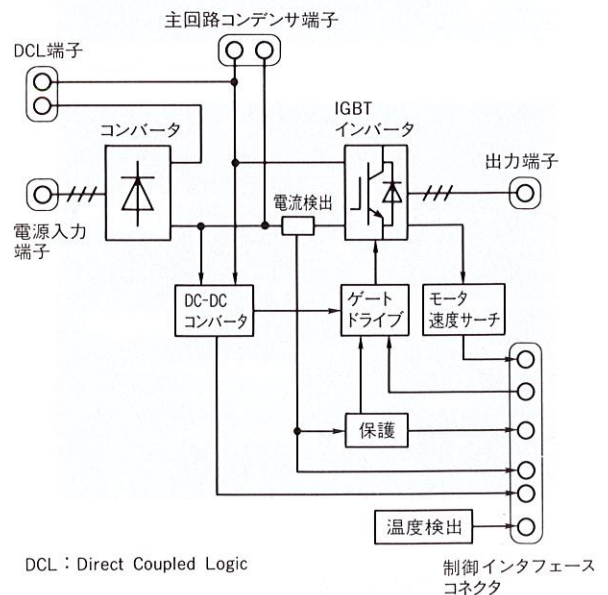


図6. 新開発パワーモジュールの機能ブロック コンバータ、インバータ以外に電源、ドライブ、保護回路を内蔵している。

Block diagram of power module functions

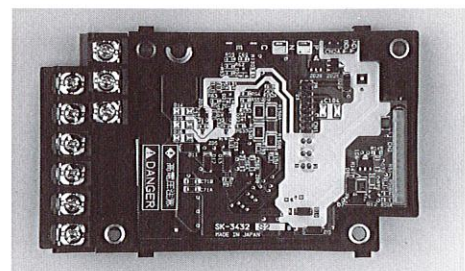


図7. 新開発パワーモジュールの外観 パワーモジュールにインバータとして必要な電源機能をすべて搭載し、小型化を実現した。

New power module for VF-S7e

6 使いやすさの技術

VF-S7/S7e シリーズには、使いやすいインバータの技術として3種類の“おまかせ機能”がある。例として“おまかせ加減速”を紹介する。

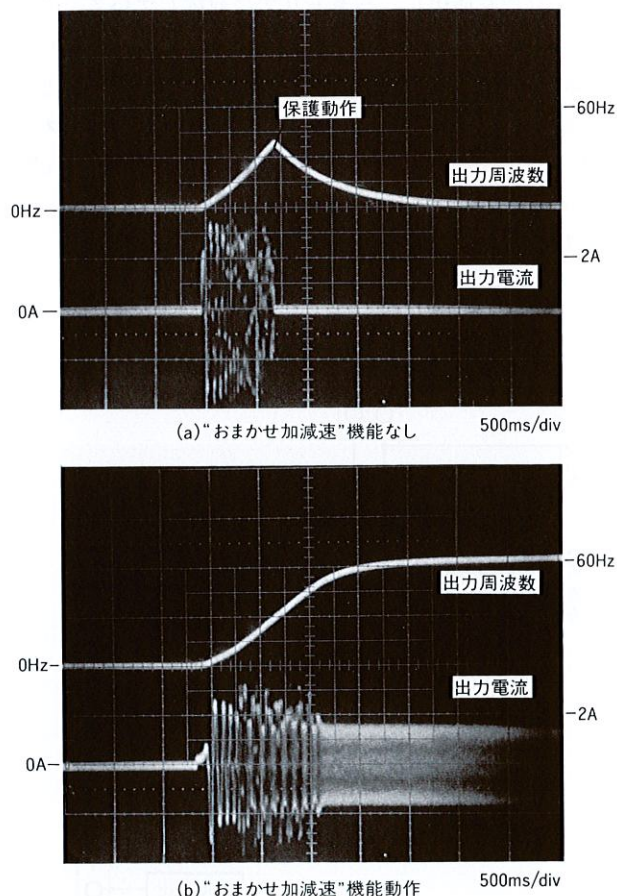


図8. “おまかせ加減速”機能特性 マニュアル設定で加速できなかった負荷に対し、“おまかせ加減速”機能によりスムーズに加速できている。

Automatic Acc/Dec function characteristics

図8はVF-S7eの“おまかせ加減速”機能あり、なしでの重負荷加速試験データである。図8(a)の“機能なし”では、負荷の重さに関係なく加速時間一定のため、重負荷のとき加速できなくなっている。これに対し、図8(b)の“機能あり”では、インバータの電流を監視しながら加速時間を変化させているので、重負荷でも短い時間で加速できている。

7 あとがき

VF-S7/S7e シリーズは数多くの最新技術を用いて基本特性の向上、操作性の向上、小型化を実現することができた。

また電源高調波の問題についても、S7/S7eでは小容量から直流リアクトル接続端子を標準装備しその低減を図っている。

今後もさらなる小型・軽量化、基本特性の改善はもちろん、電源高調波や放射ノイズに対しても改善を進めていく。

文献

- (1) 遠藤 保, 他: 汎用インバータの高性能化技術, 東芝レビュー, 49, 11, pp.835-838(1994)
- (2) 餅川 宏, 他: 誘導電動機の世界センサレス制御, 平成5年電気学会全国大会講演論文, 6-46(1993)



白井 成一 Seiichi Shirai

三重工場産業エレクトロニクス機器部主務。
産業エレクトロニクス製品の企画・開発に従事。
Mie Works



濱田 直人 Naoto Hamada

三重工場産業エレクトロニクス機器部主務。
産業エレクトロニクス技術・商品企画に従事。
Mie Works