

産業用動力システムのスマート化に貢献する 高機能インバータ TOSVERT™ VF-AS3シリーズ

TOSVERT™ VF-AS3 Series High-Performance Inverters Contributing to Realization of Smart Industrial Drive Systems

細川 雅則

計良 尚志

■ HOSOKAWA Masanori

■ KERA Takashi

石油や、ガス、鉱石などの採掘、更には上下水道の監視や制御など、プロセスやユーティリティに適用される産業用動力システムの中で、主に工場などの大型プラントを対象としたものでは、Ethernet^(®)を使用したシステムのスマート化が進められているとともに、アプリケーションごとに必要とされる機能が多様化している。

こうした要求に応じて、今回、産業用の高機能インバータTOSVERT™のラインアップに、海外市場向けに限定したVF-AS3シリーズを追加した。VF-AS3シリーズは、従来よりいっそう充実した機能安全に加え、Ethernet^(®)及び特定のアプリケーションへの対応など多くの新機能を標準搭載している。これによって、産業用動力システムのスマート化に貢献するとともに、電源高調波の抑制や、電磁両立性(EMC)、周囲環境への耐性などの優れた対環境性能も実現している。

Accompanying the ongoing introduction of smart operations applying Ethernet^(®) in large-scale industrial plants using drive systems for processes and utilities, such as oil and gas, mining, and water supply and sewerage applications, customer requirements for inverters with dedicated functions to be used in such drive systems have become increasingly diversified in recent years.

Under these circumstances, the VF-AS3 series for overseas markets has been released as a new addition to the TOSVERT™ high-performance inverter lineup for industrial use. The features of this series include various functions for achieving enhanced functional safety, Ethernet^(®) ports as a standard network interface, and dedicated functions for each application to contribute to the construction of a smart industrial drive system. These inverters also offer superior environmental performance including the suppression of power supply harmonic current, measures to secure electromagnetic compatibility (EMC), and robustness in various ambient environments.

1 まえがき

近年、動力システムに用いられる産業用インバータに必要とされる機能はアプリケーションごとに異なり、システムのスマート化のためのIoT (Internet of Things) や、ポンプなどの特定のアプリケーション向け機能に加え、EMCなど周囲環境への配慮や耐環境性の向上など、様々な要求がある。これらの要求に応えるため、産業用インバータTOSVERT™のラインアップに、海外市場向けに限定したフラッグシップモデルである高機能インバータVF-AS3シリーズを追加した(図1)。

VF-AS3シリーズは全機種にEthernet^(®)を標準装備し、動力システムのスマート化に貢献できる。更に、周囲環境への影響を低減するため、電源高調波の抑制や、480 Vクラス機種の欧州EMC指令への適合をインバータ単体で実現している。容量範囲としては、次のクラスのモータを駆動できる二重定格仕様である。

- (1) 重負荷(過負荷耐量150%-1分)設定時
 - (a) 三相240 Vクラス 0.4 ~ 55 kW
 - (b) 三相480 Vクラス 0.4 ~ 280 kW
- (2) 軽負荷(過負荷耐量120%-1分)設定時 1クラス

大きい容量まで駆動可能

 - (a) 三相240 Vクラス 75 kW まで



図1. VF-AS3シリーズ — 従来よりいっそう充実した機能安全に加え、Ethernet^(®)及び専用のアプリケーションへの対応など多くの新機能を標準搭載した、当社産業用インバータのフラッグシップモデルである。

TOSVERT™ VF-AS3 series inverters

(b) 三相480 Vクラス 315 kW まで

2 VF-AS3シリーズの特長

2.1 つながるインバータ

VF-AS3シリーズではEthernet^(®)用に2ポートを標準装備しているため、産業用では一般的なバスプロトコルのネットワークをハブなどの機器を使わずに構築でき、産業用Ethernet^(®)プロトコルのMODBUS^(®)/TCP (Transmission Control Pro-

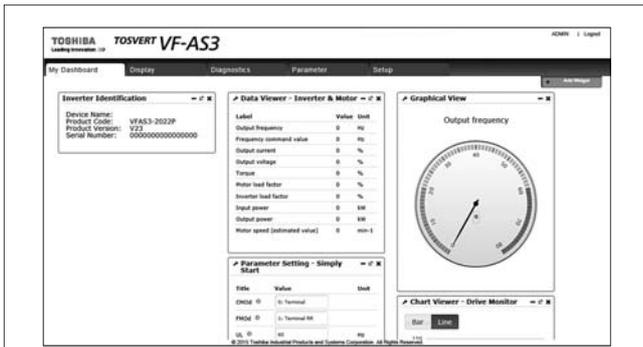


図2. Webサーバー PCの標準ブラウザを使用して、VF-AS3シリーズインバータの稼働状況のモニタやパラメータの設定が容易にできる。

Example of Web-server function display

to col) などを使用して、上位装置からの制御及び運転状態のモニタが容易にできる。更に、運転時の状態データを定期的に外部サーバに保存することで、詳細モニタや故障診断ができる。将来的には、外部サーバやPC（パソコン）上に保存したデータの解析、及び最適運転ソリューションの提供も検討している。

産業用ネットワークを使用しないユーザーのためにも、簡単な設定・モニタツールとして、Webサーバ機能を準備した。Webサーバ機能は、PC上で標準のブラウザを使用して、ネットワークを通じてVF-AS3シリーズにアクセスすることで、稼働状況のモニタ、パラメータ設定、及び管理をするツールである（図2）。更に、ネットワーク上に無線アクセスポイントを準備すれば、タブレットやスマートフォンなどの携帯機器からのアクセスも簡単にできる。このように、LANケーブル1本でPCとVF-AS3シリーズを直接接続することができるので、様々な場面で使うことができるツールである。

従来のPCツールについても、Ethernet^(*)へ対応することで、PC上で詳細な運転状態のモニタや故障診断をできるツールとしての提供を計画している。

2.2 わかりやすいGUI (Graphical User Interface)

VF-AS3シリーズは高性能モデルであることから、パラメータ数が多く、より複雑な設定をするケースも増える。そのため、VF-AS3シリーズでは操作系を一新し、パラメータ設定の煩わしさを解消するための機能を装備している。

2.2.1 多言語表示 小型液晶ディスプレイの採用によって、パラメータ、モニタ、及びメニューを、7セグメントLED（発光ダイオード）ディスプレイで主に使用されている記号や数字ではなく、文字と図形で表示できる。また、英語、ドイツ語、中国語をはじめ、7種類の言語に対応しているため、国や地域を問わず多くのユーザーが、母国語又は自分の理解しやすい言語を選択できる。

2.2.2 Webによるヘルプ機能 主要なパラメータ及び故障表示ごとにQRコード^(*)の表示ができる（図3）。該当



図3. QRコード^(*)の表示 — QRコード^(*)をスキャンしてWebサイトにアクセスすると、取扱説明書やビデオ映像によるインストラクションなど、詳細な情報を閲覧できる。

QR codeTM display screen for browsing detailed information



図4. タッチホイールを採用した操作パネル — 静電容量式タッチセンサを採用して、機械式ダイヤルに比べて滑らかな操作を実現した。

Touch wheel on control panel

するパラメータ及び故障表示の詳細情報が必要な場合は、このQRコード^(*)をスキャンしてWebサイトにアクセスすると、スマートフォンなどの携帯機器上で取扱説明書やビデオ映像によるインストラクションなどの詳細情報を閲覧できる。

2.2.3 滑らかな操作性 VF-AS3シリーズの操作系における最大の特長はタッチホイールである（図4）。従来機種（VF-S15シリーズ他）に装備されている、機械式の設定ダイヤルの機能をタッチホイールに置き換えている。タッチホイールには静電容量式タッチセンサを採用しているため、機械式ダイヤルに比べて操作が滑らかになり、操作性が向上している。また、機械式ダイヤルでは埋めることができない隙間を埋められるので、粉じんの侵入を防ぐ役割も果たしている。

2.2.4 パラメータ設定の複製 ディスプレイ、タッチホイール、及び操作キーを含む操作パネルは着脱式としているため、操作パネルだけを取り外して、筐体（きょうたい）以外の場所や他のVF-AS3シリーズの筐体に取り付けることができる。このため、操作パネルにパラメータ保存用メモリを搭載することで、オプションなどを使用せずに同じ設定を複数台のVF-AS3シリーズに複製できる。

2.3 対環境性能の向上

VF-AS3シリーズは周囲環境への影響を低減するため、480 V

クラスの機種にEMCフィルタを内蔵している。また、37 kW以下の機種ではインバータ単体で、IEC 61800-3 (国際電気標準会議規格 61800-3)⁽¹⁾に規定されるカテゴリー C2の機器で要求されるEMC性能に、45 kW以上では同カテゴリー C3の機器で要求されるEMC性能に適合している。

更に、従来外付けオプションとしていた直流リアクトルを内蔵し、電源へ流出する高調波を抑制できる。5.5 ~ 22 kW (軽負荷時)の機種はIEC 61000-3-12⁽²⁾ (16 ~ 75 Aの機器における電源高調波の限度値)に適合している。その他の機種についても、THD (総合電流ひずみ率)が48%以下となる設計により、電源への影響を小さく抑えられる。従来は外付けしていた大きなリアクトルをインバータに内蔵することで、システムを大幅に簡素化すると同時に従来以上のEMC性能を実現した。

一方で、VF-AS3シリーズは厳しい周囲環境の中でも使用できるように、内部基板コーティングなどを施すことで耐環境性も向上させた。粉じんに対してはIEC 60721-3-3⁽³⁾ (環境条件の分類)の3S3、化学物質に対しては同3C3に分類される環境下で使用できる。

3 VF-AS3シリーズの新機能

VF-AS3シリーズは、従来機種 (VF-AS1シリーズ) に比べて、特定アプリケーションへの対応や、機能安全に関わるシステムをスマート化するため、以下に述べる多くの新機能を搭載している。

3.1 時計機能

RTC (Real Time Clock) を搭載しているため、年月日、時間、曜日を認識できる。それに基づいてトリップ時のタイムスタンプが記録されるので、稼働状況の分析が容易である。このカレンダー機能によって、日時や曜日を指定して信号を出力させたり稼働させたりできる。パターン運転や“My機能” (簡易プログラミング機能) と組み合わせると、更に複雑な運転パターンも実現できる。また、休日や夏時間 (海外で施行されている、夏季に標準時を進める制度) の設定もできるので、祝日を除いて、毎週月曜日から金曜日に機器を稼働させるような、一般的な工場の稼働に合わせた運転ができる。

3.2 マルチPID制御

従来機種のVF-AS1と同様に、プロセス型、速度型、簡易位置決め、及びダンサ制御^(注1)の4種類のPID (比例、積分、微分) 制御機能を搭載している。VF-AS3シリーズではそれらに加えて、この4種類を選択できるインバータ制御用のPID制御機能を2系統、及びインバータ制御と独立したPID制御機能を2系統の、合計4系統を装備している。インバータ制御用

(注1) 紙などの原反 (ロール状の原材料) を送る際に、送る側と巻き取る側それぞれでモータの回転速度差で、紙の張力が変動する。これを吸収するためにダンサロールの位置を一定にして張力を安定させる制御。

では、2系統のPID制御機能を条件によって切り替えて使用できる。例えば、通常状態では圧力監視のPID制御で運転し、緊急状態になると温度監視のPID制御に切り替えるというようなフレキシブルなPID運転ができる。インバータ制御と独立したPID制御機能に関しては、指令やフィードバック信号をVF-AS3シリーズに入力し結果を得ることで、外部PIDコントローラのように使用できる。

3.3 位置決め制御

PID制御の簡易位置決め機能を拡張し、多段ポイント設定、及びパルス列入力設定による位置決め制御を搭載している。この機能は、ターンテーブルや搬送機械の位置決めアプリケーションへ適用できる。

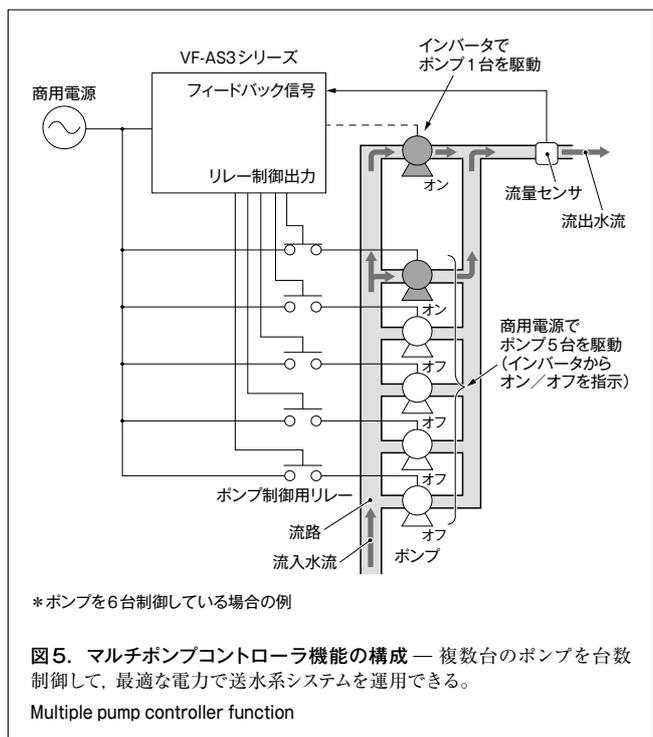
今後は、センサ付きの位置決め制御に加え、PMSM (永久磁石同期電動機) でのセンサレス位置決め制御に対応する予定である。

3.4 マルチポンプコントローラ

マルチポンプコントローラは、複数台のポンプを結合して構成される送水系システムで、複数台のポンプを台数制御し、最適な電力で送水系システムを運用する機能である。標準では、インバータでポンプ1台を駆動するとともに、商用電源でポンプ3台を駆動 (オン/オフをVF-AS3シリーズから指示) する。拡張端子台オプションを取り付けた場合には、商用電源で駆動するポンプを最大9台まで増加でき (図5)、送水系システムはいっそうスマート化される。

3.5 My機能の拡張

My機能は、以前は装置外部にリレーや、場合によってはPLC



(Programmable Logic Controller)などを追加してユーザーのニーズに応えていた部分を、装置内部で実現する機能である。この機能は従来機種(VF-AS1シリーズ)に既に搭載されているが、VF-AS3シリーズでも継承している。VF-AS3シリーズの入出力信号にプログラミング機能を付加することで、様々な出力をプログラミングでき、システムのスマート化を実現できる機能として、ユーザーにも好評である。

VF-AS3シリーズでは、従来7モジュールであったMy機能を13モジュールまで拡張するとともに、4ステップであったステップ数の制限を24ステップまで広げた。これまでステップ数の制限から複数モジュールに分けて設定していたプログラムを、1モジュールで簡単に実現できる。また、四則演算機能を追加し、プログラミングの可能性を大幅に広げている。これらの改善によって、My機能を駆使した多様なスマートシステムが構築できるようになった。

3.6 PMSM駆動(センサレス及びセンサ付き)

VF-AS3シリーズは、従来機種(VF-AS1シリーズ)に搭載されているPMSMのセンサレス駆動に加え、速度センサ及び位置センサを備えているPMSMを、センサ付きベクトル制御によって駆動できる。センサレス制御及びセンサ付き制御ともモータ定数のオートチューニング機能を備えているので、高性能な駆動ができる。センサレス制御の速度トルク特性の一例を図6に示す。

VF-AS3シリーズは、高効率なPMSMを使用することで省エネ効果を期待できる、稼働率の高いファンやポンプなどのアプリケーションをはじめ、起動時から定格トルク(100%のトルク)出力が必要になる定トルク仕様のアプリケーションへ適用できる。

3.7 機能安全

従来機種(VF-AS1シリーズ)から、システムの想定外動作を停止する機能として、IEC 61800-5-2⁽⁴⁾準拠のSTO(Safe Torque Off)機能を標準装備している。VF-AS3シリーズでは

安全性をいっそう向上させるため、従来機種のSIL(Safety Integrity Level)2を上回るSIL3に適合したSTO機能を搭載した。1oo2構成(1 out of 2構成:2系統の独立したハードウェアによるSTO信号によって信頼性を高める構成)を採用しているため、同等の機能安全システムを備えた2系統のSTO信号をそのままVF-AS3シリーズの二つの端子に接続できる。更に、STO以外の様々な安全機能をオプションとして追加できるように設計されている。オプションは、SS1(Safe Stop 1)、SS2(Safe Stop 2)、SOS(Safe Operating Stop)、SLS(Safety-Limited Speed)、SDI(Safe Direction)、及びSBC(Safe Brake Control)の追加機能を組み込んで開発している。これらによって、機能安全を備える動力システムのスマート化に貢献できる。

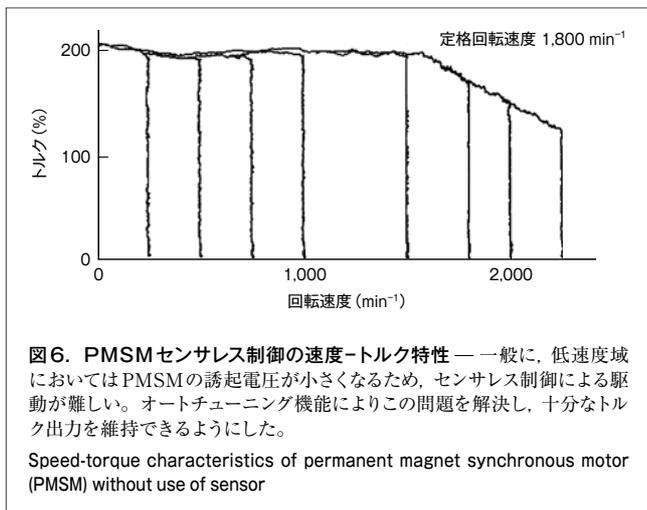
4 あとがき

産業用動力システムのスマート化に貢献する多くの機能を搭載した高機能インバータTOSVERT™ VF-AS3シリーズの主な特長と新機能について述べた。今後も、優れたモータ制御特性はもちろん、Ethernet^(®)の活用や市場のアプリケーションに合わせた専用機能の搭載など、標準搭載機能のいっそうの充実を図り、動力システムのスマート化に貢献していく。

文献

- (1) IEC 61800-3 Amd.1 Ed.2.0: 2011. Amendment 1 - Adjustable speed electrical power drive systems - Part 3: EMC requirements and specific test methods.
- (2) IEC 61000-3-12 Ed.2.0: 2011. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-12: Limits - Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤75 A per phase.
- (3) IEC 60721-3-3 Ed.2.2: 2002. Classification of environmental conditions - Part 3-3: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Stationary use at weatherprotected locations.
- (4) IEC 61800-5-2 Ed.1.0: 2007. Adjustable speed electrical power drive systems - Part 5-2: Safety requirements - Functional.

- Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。
- MODBUSは、AEG Schneider Automation International S.A.S.の登録商標。
- QRコードは、(株)デンソーウェーブの登録商標。



細川 雅則 HOSOKAWA Masanori

東芝シュネデール・インバータ(株) 開発・設計グループ主務。
産業用インバータの開発に従事。
Toshiba Schneider Inverter Corp.



計良 尚志 KERA Takashi

東芝シュネデール・インバータ(株) 開発・設計グループ主査。
産業用インバータの開発に従事。
Toshiba Schneider Inverter Corp.