

インテリジェント化が進むプラントドライブ装置

AC Variable-Speed Drives Becoming More Intelligent in Industrial Plant Applications

中村 利孝
NAKAMURA Ritaka阿部 喜九雄
ABE Kikuo宮崎 聖
MIYAZAKI Satoshi

産業用プラントドライブ装置は、高機能化、高性能化、コンパクト化などが達成され、プラントの省エネルギーや製品品質の向上だけでなく、多品種・少量生産における生産性向上にも大きく貢献している。当社では、数kWから数十MWまでの範囲にわたる製品ラインアップを持っており、今後のユーザーニーズにこたえるオートチューニング、速度センサレスベクトル制御、リモートメンテナンスなどの機能向上を図っている。

AC variable-speed drives for industrial plant applications have become more functional and compact with higher performance. As a consequence, they are not only supporting energy saving in plants and the improvement of product quality, but also greatly contributing to improved productivity in small-lot, large-variety manufacturing.

Toshiba has a product lineup of AC variable-speed drives covering the range from several kW to several tens of MW. We are making efforts to further improve the functions of these drives such as automatic tuning, speed sensorless vector control, and remote maintenance, in order to respond to users' future needs.

1 まえがき

近年、鉄鋼や紙パルプ産業のプラントでは、全交流(AC)ドライブの適用が拡大している。当社では、これまでにプラントドライブ用途に、数kWの小型インバータから数十MWの大型のサイクロコンバータまでの全範囲にわたり、他社に先駆けて高性能のACドライブの適用実績を拡大してきた。

2 プラントドライブ装置の概要

プラントドライブ装置用高性能ACドライブシリーズの容量と出力電圧範囲を図1に示す。

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) インバータ TOSVERT_{TM}-μ/S250Wは、電圧型PWM (Pulse Width Modulation) ベクトル制御インバータで、鉄鋼圧延設備の補機ドライブとして、また、紙パルププラントのドライブとして数多く使われている。TOSVERT_{TM}-μ/S350Wは、3レベルのIGBTインバータで、準主機ドライブへの適用が増えている。TOSVERT_{TM}-μ/S650Wは、最新の電力用半導体素子 IEGT (Injection Enhanced Gate Transistor) を用いた3レベルインバータで、今後の適用拡大が期待される。サイクロコンバータ TOSCYCLO_{TM}-μ/S850Wは、鉄鋼圧延設備の主機ドライブとして多数の実績がある。

プラントドライブ装置のマイコン性能面の主要諸元の推移を図2に示す。1980年代初頭のデジタル化に始まり発展を遂げてきており、近年では32ビット化への移行、速度制御サンプリングの高速化を達成している。

プラントドライブ装置は、汎用インバータに比べて、高い性

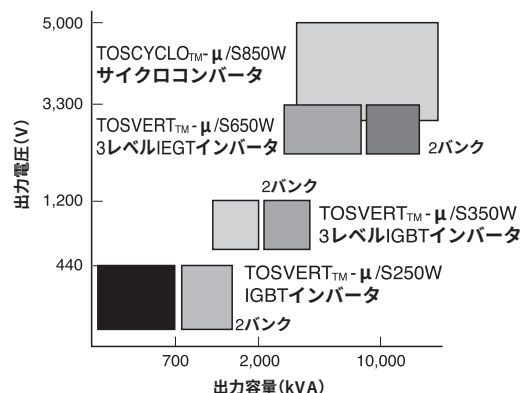


図1. プラントドライブシリーズ 小容量の補機ドライブから大容量の主機ドライブまで、ACドライブシリーズをラインアップした。
AC variable-speed drive series

年代	1980	90	2000
使用マイコン (ビット数)		汎用マイコン (16)	汎用マイコン (32) 専用マイコン (PP7, 32)
速度制御サンプリング		8 ms	4 ms 1 ms
電流制御サンプリング		2.7 ms	1 ms 0.25 ms
メンテナンスツール			DOS版 Windows (注1) 版

PP7: パワーエレクトロニクス専用マイコン

図2. プラントドライブ装置の主要諸元の推移 近年、32ビット化への移行、速度制御サンプリングの高速化が達成されている。
Evolution of main specifications of AC variable-speed drives

(注1) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。

能と信頼性、及び調整・保守のしやすさが要求されている。また、産業プラントでは多くのドライブ装置が使用されており、操業中のトラブルについてはドライブ装置複合事象について解析を行う必要がある。以下、現在進めているプラントドライブに対応した、オートチューニング、速度センサレスベクトル制御、及びリモートメンテナンスについて述べる。

3 オートチューニング

産業プラントで用いられる高性能ベクトル制御インバータは、一般に汎用インバータに比べ高精度・高速応答が要求され、制御パラメータの感度も高い。これに対応して、高精度の調整、調整時間の短縮、調整品質の均一化が可能なオートチューニングが実用化しつつある。

TOSVERT_{TM}-μ/S250Wのオートチューニングシステムの構成を図3に示す。TOSVERT_{TM}-μ/S250Wの調整ツールとして、パソコン(PC)を使用した専用メンテナンスツールがある。オートチューニング機能は、インバータ制御ソフトウェア内に組み込み、調整ツールの1メニューにオートチューニング用のモニタ画面を用意した。

主な特長は次のとおりである。
(1) 使いやすさの追求 調整完了後のデータ保存操作

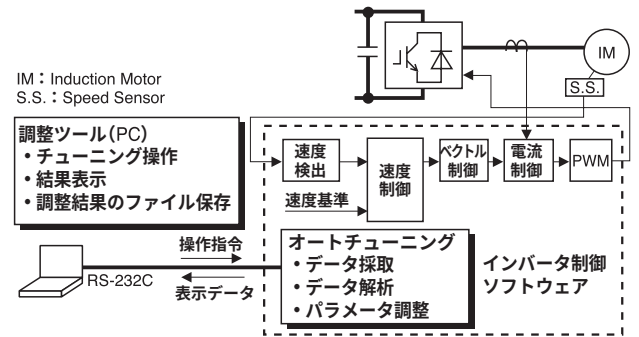
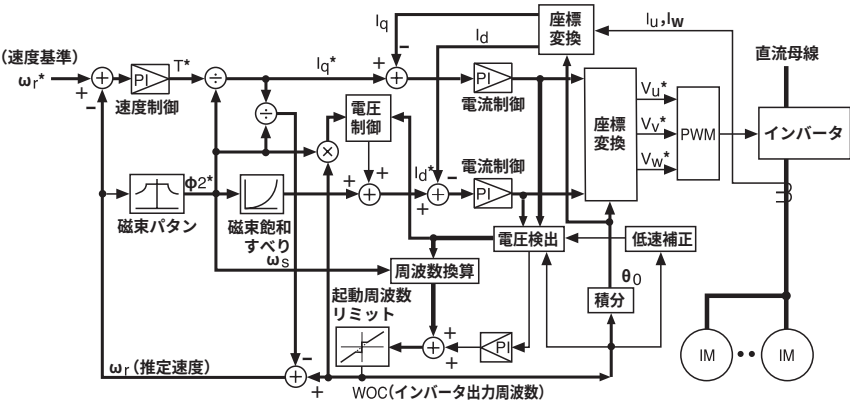


図3．オートチューニングシステムの構成 ドライブ装置内部にチューニング機能がある。
Configuration of automatic tuning system



PI : 比例・積分アンプ T* : トルク基準
ωs : すべり周波数 φ2* : 2次磁束基準
Iq : Q軸電流帰還 Id : D軸電流帰還
Iq* : Q軸電流基準 Id* : D軸電流基準
Iu : U相電流帰還 Iw : W相電流帰還
θo : 電動機位相 Vu* : U相電圧基準
Vv* : V相電圧基準 Vw* : W相電圧基準

図4．速度センサレスベクトル制御の構成 速度センサレスベクトル制御により、電動機の複数台駆動や切換え運転が可能。
Configuration of speed sensorless vector control system

や、パラメータの確認操作などは、調整ツールの1機能として使える構成とした。

- (2) チューニング時間短縮 ドライブ装置内部にチューニング機能を持たせることで、ツールとやり取りするデータ数を削減し、チューニング時間短縮を図った。
- (3) 安全性の追究 ドライブ装置内部にチューニング機能を持たせることで、ドライブ装置が持つ保護機能を生かした調整運転ができる。
- (4) 豊富なチューニング項目 電流応答調整、速度応答調整、電動機2次時定数調整、界磁弱め磁束飽和関数調整、励磁電流調整、センサレス駆動用定数調整(単一駆動/複数台駆動)が可能である。

4 速度センサレスベクトル制御

産業プラントでは、表1に示すような用途で速度センサレスベクトル制御が適用されている。速度センサレス制御の構成を図4に示す。

表1のように、速度センサ取付けが困難な場合や、電動機複数台を1台のインバータで駆動する場合に、速度センサレスベクトル制御が適用される場合が多い。プラントドライブでは、低速度領域での安定性や、高トルク出力、急速可逆運転、インパクト負荷など、厳しい使用条件が要求される。

また、速度センサレスベクトル制御は下記用途にも適用できるため、システム構築のうえでの応用範囲が広く、安価なシステムが簡単に構築できる制御方式である。

表1．速度センサレスベクトル制御の適用例
Example of application of speed sensorless vector control

分野	適用機械	備考
鉄鋼	搬送テーブル駆動	複数台駆動
	ロール組替え台車	単一駆動(センサ取付け困難)
紙パルプ	ペーパーロール駆動	複数台駆動
コンテナクレーン	走行装置	複数台駆動
その他	ファン、ポンプ	単一駆動(低コスト化)

- (1) 電動機切離し／後追い投入 電流検出精度の制約から台数の制約はあるが、システムの運転状況に合わせて電動機の切離し／後追い投入が可能。
- (2) 電動機切換え機能 2台の電動機を交互に使用するシステムでは、電動機をコンタクトで切り換えて使用する場合がある。速度センサレス制御では、速度センサとの接続ケーブルを切り換える必要がなく、より安価なシステムが構築できる。一方をセンサ付き単一駆動、他方をセンサレス複数台駆動の用途にも適用できる。

5 リモートメンテナンス

産業プラントでは、電動機の駆動装置として多くのドライブ装置が使用されているため、操業中に何らかのトラブルが発生した場合、迅速に原因を追究して生産設備が長時間停止するのを防ぐ必要がある。また、近年、プラントの保守要員の削減や、技術の高度化の傾向があり、トラブル時の解析が難しくなっている。このような状況のなかで、トラブルに迅速に対応する一手段として、当社ではドライブ装置のリモートメンテナンスシステムの製品化を進めている。

マイコン化されたドライブ装置では、故障前後の制御データなどがデジタル量として保存されている。また、PCとシリアル伝送(RS-232Cなど)で接続し、このデータをPC画面上に表示することが一般に行われている。リモートメンテナンスは、遠隔操作によりこのデータを表示する。

リモートメンテナンスの構成を図5に示す。

この構成では、操作側PCとドライブ装置とをモデム・電話回線を介して接続し、データの送受信を行う。

ここで、特に海外のユーザーと接続する場合問題となるのは、電話回線使用料金である。次の対策をとっている。

- (1) モデムどうしを直接接続するのではなく、いったんインターネットを介して接続することで、電話回線の使用量を減らし、国内と同等のレベルに抑えることができる。

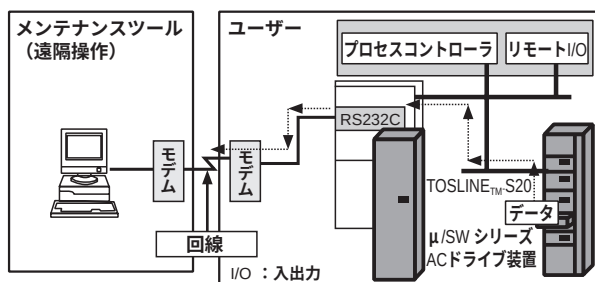


図5 リモートメンテナンスの構成 電話回線で遠隔操作を行う。
Configuration of remote maintenance system

(注2) DeviceNetは、The Open Device Net Vendor Associationの商標。北米を中心にデファクトスタンダード(DFS)化している伝送方式。

(注3) DIN19245：欧州を中心に、DFS化している伝送方式。

- (2) ドライブ装置の構成、制御方式、発生した故障の種類により、伝送するデータを自動的に選択する機能をドライブ装置に設ける。

(1)については、ヨーロッパのプラントと、東京との接続で実施した。(2)については、電氣的な故障では電流の動きがわかるような高速サンプリングのデータを主に伝送し、過負荷のようなプラント操業全体に起因する故障では、長時間分のデータを伝送する方式とした。リモートメンテナンスにより採取した模擬故障データ(トレースバック)を図6に示す。

これらリモートメンテナンスの採用により、遠隔調整なども可能ではあるが、本格運用に際してはセキュリティや安全面の配慮が必要である。

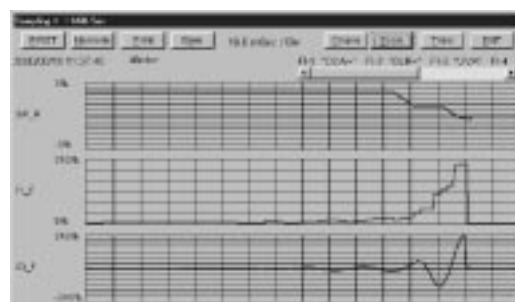


図6 トレースバック画面例 モータの速度、電流などの制御信号を故障前後のタイミングで記録しておき、これを再生表示することにより故障の原因を調査する。

Trace-back display

6 あとがき

ここでは紹介できなかったが、DeviceNet^(注2)やPROFIBUS^(注3)などの上位プロセスコントローラとの伝送のオープン化、環境問題を考慮した省エネルギードライブの効率化、環境に優しい冷媒の採用、配線・構造部材の環境負荷低減などの課題にも取り組んでおり、ユーザーニーズや市場動向にマッチした製品を供給していく。



中村 利孝 NAKAMURA Ritaka

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 ドライブシステム部グループ長。モータドライブ装置の設計・開発に従事。電子情報通信学会会員。

Fuchu Operations — Information and Industrial Systems & Services



阿部 喜九雄 ABE Kikuo

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 ドライブシステム部主務。モータドライブ装置の開発に従事。電気学会会員。

Fuchu Operations — Information and Industrial Systems & Services



宮崎 聖 MIYAZAKI Satoshi

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 ドライブシステム部主務。モータドライブ装置の開発に従事。電気学会会員。

Fuchu Operations — Information and Industrial Systems & Services