マシンドライブの技術動向

(株)東芝産業システム技術部 山 田 晃

Technical Trend of Paper-Machine Drive System

Akira Yamada
Toshiba Corporation

The "mill-wide system of pulp and paper industries", which improves the mill's overall efficiency, enable flexible production structure, save energy and so on, is introduced recently.

To realize it TOSHIBA developed C. I. E. Integrated system, which inter-actively combined production planning and management by Computer (C), process control by Instrumentation control system (I), and Electrical drive equipment (E).

In this paper, we describe the advanced technology of electrical drive (E) portion, and explain how conventional paper machine drive equipment has been changed to new hardware, that is adopted to C. I. E. integrated system.

Modern paper machine drive system is consist of fully digital drive equipment, high performance programmable controller based master controller, and operator interface stations for man-machine communication. This system achieves high accuracy control as well as improvement operation efficiency.

And also we explain the recent technical trend of AC drive systems, which adopt power transistor (GTR) and gate turn-off thyristor (GTO).

1. はじめに

紙パルプ産業では、高度情報化社会の進展と内需拡大基調により紙製品の需要が高まり、設備増強はもちろんのこと、多品種小量生産への移行投資、販売生産管理システムの近代化への投資が行われている。製品の多様化、高付加価値化に対応するため、ミルワイドシステムの導入が活発で、当社では生産計画から製造管理、プロセス計装制御、ドライブシステムまでの各サブシステムを有機的に統合した一貫システムであるCIE (Computer, Instrumentation, Electrical Equipment) 統合システムを提供している。

本稿では、このCIE統合システムを構成するマシンドライブシステムの動向について述べる。

2. CIE 統合システム

国内のセクショナルドライブは1951年にMG方式

の抄紙機が稼働以来、サイリスタ駆動システムの適用、マイクロコンピュータ応用システム製品、インバータ駆動システムの採用、CRT 保守監視装置などの技術変遷を経て現在に至っており、数多くのセクショナルドライブシステムが稼働している。最近では特に半導体技術とマイクロコンピュータ技術の急速な進歩を背景に、抄紙機駆動装置はCIE統合システムへの拡張性あるハードウェア製品に変わってきた。

駆動装置のキーコンポーネントとしては、ドライブ用に全デジタル形駆動装置、抄紙機ライン総括制御に高性能プログラマブルコントローラ、マンマシンコミュニケーションにプログラマブルディスプレイを採用し、かつこれらすべてを伝送装置で結合して、操業効率向上を計ったシステムとなっている。

抄紙機ドライブシステムの最近の傾向は、総合生産管理体制の導入により操業機能及び管理項目が多様化し、取り扱う情報量が増大し、かつ熟練オペレータの

減少という状況の中で、高精度の制御特性ばかりでなく、特に省力化、メンテナンスの容易性、および信頼性向上に大きく目が向けられるようになってきており、さらに銘柄別ドロウの自動設定、操業監視、用具のメンテナンスモニタなど、操業効率を向上させるための各種機能を設けたシステムの要求が強く、実用化されている。

またミルワイド化が進み生産管理、生産計画、製造プロセスの自動化、エネルギー・原料の管理など、トータルの視野からの合理化を進めていく動向にあるため、情報伝送のためのネットワークシステムが不可欠であり、機械設備に直結したドライブ装置はミルワイド化への拡張性が要求される。

これを実現するため、当社は情報処理・計装・ドライブ電気制御をプロセス制御幹線 LAN を用いて結合し、ミルワイド化への拡張を可能とした。

図 1 は CIE 統合を実現する製紙プラント総合管理システムの 1 例で、計装 (I)・電気 (E)・計算機 (C) を高速伝送ライン (IEEE 802.4 MINI-MAP (Manufacturing Automation Protocol) に準拠した LAN) “ADMAP” で初めて密結合させた紙パ業界最新鋭の CIE 統合システムである。

調成・抄紙工程では計算機が I・E のプロセスデータを随時、かつ同一時刻のデータとして収集できるため、生産実績データや他の接続機器データとも紐づけて一元管理することが可能となった。こうしたデータ管理精度の向上は、操業の安定化の面で大きなプラスとなっている。

3. 最新鋭デジタル制御技術を駆使したドライブシステム

3.1 システムの主幹制御機能

CIE 統合システムを構成する最新鋭の抄紙機ドライブのシステム構成を図 2 に示す。主幹制御コントローラと各セクションの全デジタル形制御盤、および現場操作機間は相互をデータ伝送網で結合したシステムであり、さらにビジュアル化して操作や保守が容易に行えるシステムである。また主幹制御部は上位 CPU と結合可能な構成をとっており、拡張性のあるシステムとなっている。

抄紙機のライン総括制御用の主幹コントローラでは

- ・ライン速度演算
 - ラインドライブシーケンス
 - ・各セクションドロウ基準演算機能 (連動ドロウ演算を含む)
 - ・張力制御演算
 - たるみとり、たるみ付け演算機能
 - ・ドロウメータ機能
 - リール巻取長演算
 - ・マンマシンインターフェイスサポート
- といった基本機能のほかに
- ・塗工機の伸び率制御
 - 銘柄別ドロウ設定・変更制御
 - ・自動紙切り制御
 - 通紙速度自動設定制御
 - ・リール自動枠替シーケンス
 - リール加圧演算
 - ・保守監視
 - 用具管理

図 1 CIE 統合システム構成

図 2 抄紙機ドライブシステム構成

などの特殊制御機能が用意され、豊富な実績から得たノウハウを基にプロセス・マシン特性や操作方法にマッチしたシステム機能を標準化して、紙切れ頻度の非常に少ない抄紙機ドライブシステムを提供している。

仕上設備（ワインダ、リリーラ、コータ、スーパーカレンダーなど）のラインドライブでも主幹制御コントローラは

- ・ドライブシーケンス
張力制御
- ・速度基準設定（Sカーブ）
高精度の定尺制御
- ・シート補修制御
残径制御
- ・トルク差制御
テーパ張力制御
- ・リールセンタドライブ制御（自動界磁制御、加減速補償・メカロス補償制御）

などライン全体のシステム機能を受けもち、品質向上に必要な張力変動の少ない高精度の制御を実現している。

また産業用コンピュータ G 200 V と結合することにより、ワークステーション機能を充実した CE 融合の仕上げ管理システム（図 3）も構築できる。

一方、マンマシンコミュニケーション用として中央操作室に設置された CRT では、運転状態の表示・監視、各種機械データの表示、およびタッチスクリーンによる各種データの設定が可能であるばかりでなく、

各種のトレンド表示、アラームサマリー機能により、紙切れ発生時の原因究明や故障発生時の早期対策を可能としている。

CRT 機能の 1 例は次のとおりである。

- ①各セクションの起動条件、運転条件の成立、不成立を表示
- ②各セクションの運転状態表示
- ③各セクションの設定ドロワー、実ドロワー表示
- ④各ロールの負荷率、マスタ／ヘルパの負荷分担率表示
- ⑤抄速、抄速変更率、および銘柄別ドロワーパターンの登録と設定
- ⑥各ドライブロールのロール径、ギア比を表示させ、ロール径変更時には周速表示、回転数指令値を自動的に修正する。
- ⑦ドライブ装置の故障時のトレースバックデータ表示
- ⑧リアルタイムトレンド表示
- ⑨ヒストリカルトレンド表示／ヒストリカルデータ表示
- ⑩アラームサマリー表示
- ⑪アラームイベント表示

そのほか、主機ドライブと補機を中央操作室から集中的に運転・停止操作する機能をもたせることも可能で、操作性を高めている。また AI 機能と結合させプロセスの分析、診断化へと発展していくことができる。

図3 ワインダー仕上げ管理システム

3.2 最新鋭ドライブ装置

従来の可変速ドライブの全デジタル化は制御の高精度化を主眼として図られてきたが、最近では、特にプロセスラインにおいて、CIM化の要求から上位CPUとの制御データの迅速な受渡しの必要性が高まり、またダウンタイムミニマム化のためのRAS機能強化の要求等から、さらに高性能の可変速ドライブ装置の出現が望まれていた。

当社ではこれらの要求に応えるため直流・交流共通のコンセプトでシステムの拡張性に富み、操作性・保守性を強化した可変速ドライブ装置をμ/Hシリーズとして製品化したのでその特徴を紹介する。

(1) ロータ機能

ロータは組込み形のキーボード（24キー）と液晶（LCD）表示器より構成され、経験の少ない人でも簡単に操作できるよう次のような工夫をとっている。

- ・キーボードの操作手順を表示
- ・データやアドレスのコメントを表示
- ・各種データを工学単位で取り扱える

(2) メモリーカード機能

設定データや故障発生前後の各種制御データ（基準、フィードバック等）のセーブ・ロードがメモリーカードを用いて簡単に、かつ高速に出来る。

(3) サポートシステム

メンテナンスツールとしてラップトップパソコンで試験・調整・保守をサポートするシステムを用意した。

このツールはローカルでパソコンとドライブ装置を通信回線（RS-232C）で結び故障時のセービングデータの波形表示が可能で、万一の故障発生時の復旧・解析にも威力を発揮する。

またオートチューニング機能も用意されており、ステップ応答表示機能とあわせて試運転時の早期立ち上げが可能で調整レスを指向している。

(4) 設置スペースミニマム化

制御盤をフロントサービス化し、電気室の設置スペースを大幅に削減した。（30%～60%削減…当社従来比）

(5) 制御性能の向上

μ/Hシリーズではブラシレスレゾルバによる高精度デジタル制御に加えてシミュレータ追従制御を装備しており、負荷のインパクトドロップや軸振動に強い制御性能を発揮する。

またオフコータマシンなど揃速性を要求される用途向けに慣性補償制御も装備しており優れた加減速揃速特性を有している。

3.3 その他の構成要素

抄紙機駆動システムを構成するその他の要素として以下のものがある。

(1) μPD

操業現場に設置される操作机には、パネルディスプレイとしてμPD（ELディスプレイ 有効表示エリア192mm×120mm）を装備し、操作機のインテリジェント化、コンパクト化を図り表示器の機能をもたせて

図 4 μ /H 制御盤外観

いる。

(2) MCC 伝送装置

抄紙機の補機に使われる電動機の開閉制御装置であるコントロールセンタなどの補機盤あるいは機側盤においても、主駆動装置に対応したデジタル化が図られている。MCC 伝送装置によりシーケンサと接続し運転監視の合理化ができ、さらに ADMAP 上にデータをのせれば中央監視も可能となる。

4. AC ドライブ装置の動向

マシンドライブを構成するドライブ装置自体に目を向けると交流ドライブ化への大きな流れが見えてくる。

1970 年にサイリスタモータ、1979 年にベクトル制御採用のサイリスタインバータを適用した抄紙機（いずれも世界初）に始まり、最近の GTO インバータ適用の抄紙機に至るまで、当社は常に最新の技術開発に力を入れ、パイオニアの役割を果たしてきた。自己消弧形電力用半導体素子の大容量化（高電圧・大電流）・高速化は近年急速に発展したもので、特に 1986 年に全デジタル型インバータを納入以来、電気品の技術革新と相まって AC ドライブ化が飛躍的に普及した。このように最近の AC ドライブは自己消弧素子の進歩とマイクロコンピュータ技術の普及により、電流形インバータ→電圧形インバータ、PAM→PWM 制御、アナログ制御→デジタル制御への移行が顕著である。

以下では最新のベクトル制御を採用した GTO による抄紙機ドライブを紹介する。

図 5 1,000 kVA GTO インバータ盤構造

4.1 GTO インバータの抄紙機ドライブへの適用

GTO（ゲートターンオフサイリスタ）はゲート電流の極性を切り換えるだけでターンオフを行える素子で、自己ターンオフ機能を保有しないサイリスタの最大の欠点を補う素子として注目を集めていた。

当社では、国内最大級の高速新聞抄紙機にこの GTO を適用したインバータ装置を製作中である。GTO インバータを適用したメリットを以下に示す。

(1) インバータ機種種の統一が可能

小容量機に GTR インバータ、中、大容量機に GTO インバータを適用することにより、小容量から大容量までを電圧形 PWM インバータで統一でき、このためにモータ設計上の制限が少なくエンジニアリングが容易となる。

(2) インバータ供給電源はグループ単位の共通直流電源が適用可能

従来の電流形サイリスタインバータでは、インバータとコンバータが 1 対 1 で対応しているため、インバータの数だけコンバータが必要となる。

それに対して電圧形 PWM インバータでは、グループ単位でコンバータを共通にでき、かつ直流電源は単独にエンジニアリングできる。

5. マシンドライブの将来の動向

AC ドライブにはベクトル制御を実用化してきたが、さらに高性能化のためベクトル制御の改良研究がつけられている。またセンサレスベクトル制御方式についても研究・開発し一部実用を開始している。

半導体素子としては、GTO とともに静音型インバータに利用されている IGBT (Insulated Gate Bipolar Transister) が容量的に GTR の領域に達し、ポス

ト GTR インバータとして製品化が促進されることが予想される。

各ドライブ装置機能を見ると、 μ CPU 等高速デジタル演算素子の出現は現代制御理論の具体化を容易にし、非干渉制御／モデル規範適応制御等の実用化や、自己調整機能（オートチューニング）／自己故障診断機能（RAS 機能・AI 応用）の拡充を一層進展させていく。更に伝送機能のドライブ装置への組み込みは、システム LAN との接続によりドライブ装置がシステム構成要素部品となり、伝送容量拡大・高速化はその傾向を高めつつある。

一方、主幹ドライブコントローラは、電気制御としての高速度演算・シーケンス制御と計装としてのループ制御（PID）とを兼ね備えた IE 融合コントロールステーションとマンマシンインターフェイス（MMI）が実現され、中小規模システムでは 1 台のコントローラで IE 制御が可能となり、MMI も一元化される方向にある。

こうした情報の一元化に伴い、下位制御機器とのデータ授受が増加するため、フィールドネットの充実

化が進み、またプロセス周りの各メーカ機器との接続の必要性から、MAP の採用によるオープンシステム化が加速されるであろう。

6. む す び

抄紙機駆動システムとして、交流可変速ドライブ制御装置及び最新鋭デジタル制御を駆使した新システムを紹介した。デジタル化、伝送化により高信頼性のシステムであることはもちろん、ミルワイド化への拡張性を持ち、また操業効率向上を目指したシステムである。今後は操業支援機能の拡大、AI 技術の適用などの付加価値を更に高めたシステムの供給に努める所存である。

このような技術の進歩は、いずれも紙パルプ産業の設備を計画、施行、維持、運用されるユーザ各位の貴重な各種ノウハウをベースとする暖かいご指導と新しい技術のご採用により初めて実現したものであり、この機会に厚くお礼申し上げるとともに、本稿が今後の新しい設備計画の一助となれば幸甚である。