# 高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」 用オプションカード「UPAC」の適用例

金沢 直樹(かなざわ なおき)

豊田 敏久(とよた としひさ)

||本 健(やまもと たけし)

# 1 まえがき

各種産業機械分野に適用される汎用インバータに対して、高性能、高機能、システム対応の要求が年々高まっている。富士電機では、これらの要求にこたえるためにユーザーが容易にシステム構築できるユーザープログラマブル機能を備えたオプションカード「OPC-VG7-UPAC (User Programmable Application Card)」(UPAC)を開発し、すでに市場に投入している。

高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」シリーズ(VG7S)は,エレベータ,クレーン,巻取機,印刷機などの分野で採用されているが,UPACの商品化によって,さらに幅広い分野において適用されている。

本稿では、電気自転車用試験機、検品機、搬送装置への UPAC 適用例について述べる。

## 2 UPACの特長

UPAC は富士電機の統合コントローラ「MICREX-SX」の高性能 CPU (SPH300)を VG7S に搭載したカードで,ユーザーの作成したプログラムにより VG7S を自在に制御することができるものである。この結果,中小規模システム,巻取り制御,位置制御などの用途に適用できる。

また,高速シリアルカードを用いると UPAC 搭載 VG7S をマスターとしたマスタースレーブ構成が実現でき, UP AC 1 枚に対して最大12 台の VG7S がリンク接続できる。

UPAC のプログラミングツールは MICREX-SX シリーズのプログラミング支援ツール SED300 (D300win)を VG7S 対応用にアップグレードして適用する。パソコンと UPAC 間は VG7S 内蔵の RS-485 インタフェースを経由して通信する。

# 2.1 仕 様

表 1 に UPAC の仕様を示す。

表 1 UPAC の仕様

| 項目       | 内 容   |
|----------|---|
| プログラム言語  | IEC61131-3準拠(IL,ST,LD,FBD,SFC)<br>MICREX-SX SPH300 同等   |
| メモリ容量    | プログラム:32 kステップ<br>データ:8 kワード  |
| インタフェース  | UPAC ⇔ VG7S<br>6 台システム:50 ワード×6=300 ワード<br>12 台システム:22 ワード×12=264 ワード<br>UPAC ⇔ PC (パソコン)<br>RS-485 シリアル通信<br>支援ローダ:D300 Win+UPAC アップグレード<br>通信速度:最大 38.4 k ビット/秒 |
| タ ス ク    | 3本:定周期1 , デフォルト1 , 割込み1<br>実行時間:最小1 ms  |
| 実 行 周 期  | 1 ~ 32,000 ms   |
| バックアップ機能 | あり(内蔵電池:5年保証)   |

## 2.2 パッケージソフトウェア

VG7S 標準機能のままでは適用できない用途に対して、従来機種ではインバータ本体の専用ソフトウェアによる対応をしていたが、VG7S では、専用機能を UPAC で実行することにより、インバータ本体は標準品で、UPAC のみを追加することで対応できるようになった。このような UPAC 対応の中で、適用範囲が広いソフトウェアにはパッケージソフトウェアという標準ソフトウェアを充実させている。以下に3種類のパッケージを紹介する。

## 2.2.1 ダンサ制御パッケ - ジ(WPS-VG7-DAN)

図1にダンサ制御パッケージを適用した UPAC システムの概要を示す。このシステムでは、ダンサロール位置検出による速度制御を行う。機能としては、PG(Pulse Generator)パルス検出による巻径演算、巻太りに応じたASR(Automatic Speed Regulator)切換制御、張力テーパ出力などを備えている。

## 2.2.2 張力制御パッケ - ジ(WPS-VG7-TEN)

図 2 に張力制御パッケージを適用した UPAC システムの概要を示す。このシステムでは,張力検出による張力フィードバック PID 制御を行う。機能としては,PG パル



金沢 直樹 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。



豊田 敏久

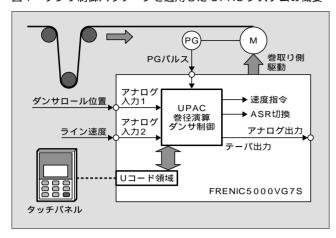
可変速駆動装置の開発,設計に従 事。現在,神戸工場可変速設計部。



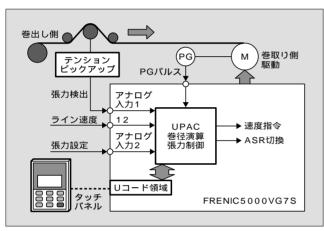
山本 健

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。

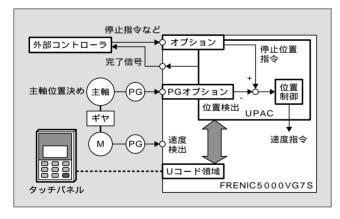
#### 図1 ダンサ制御パッケージを適用した UPAC システムの概要



#### 図2 張力制御パッケージを適用した UPAC システムの概要



## 図 3 オリエンテーションパッケージを適用した UPAC システムの概要



ス検出による巻径演算,機械損自動測定による機械損補償 などを備えている。

2.2.3 オリエンテーションパッケ - ジ(WPS-VG7-POS) 図3にオリエンテーション(回転位置決め)パッケージ を適用した UPAC システムの概要を示す。このシステムでは,主軸または電動機付属のエンコーダを用いて停止位置決め制御を行う。停止位置精度に応じた適用エンコーダのパルス数選択機能を備えている。

#### 3 電気自転車用試験機への適用

#### 3.1 システムの概要

電気自転車や自動車などの車両用試験機には,負荷状態を精度よく模擬するために負荷機駆動装置としてサーボや 高性能ベクトルインバータが適用され,高精度なトルク制 御または速度制御を行う。

負荷機側の制御方式にはさまざまな方式があるが,本稿では坂道の条件に応じたトルク制御方式の例で,坂道状態を模擬する方式を採用した某社の電気自転車用試験機へのUPAC適用システムを紹介する。

## 3.2 システムの狙い

高精度,高速応答が要求される試験機では複雑で高価なシステム構成となってしまうが,UPACを適用することで制御精度の確保,システムの簡素化,コストダウンを目的としたシステムを実現した。

この UPAC を適用したシステムでは下記の特長がある。

- [1] トルク演算やモニタ用データ演算をする外部コントローラが不要となり、システム全体のコストダウンを実現できる。
- [2] 自動機械損測定機能を内蔵し,測定した機械損データを UPAC 付属電池によりバックアップする。
- ③ VG7S 内部で制御が完結されるため,システムの立上 げ時間の短縮,調整の簡素化が実現でき,トラブル時の 原因究明時間の短縮にもつながる。
- 4 UPAC内部のデータはVG7S内蔵RS-485インタフェース経由でモニタができ、必要なデータをモニタ用パソコンで任意に確認することができる。

## 3.3 システム構成

図4に電気自転車用試験機のシステム構成例を示す。負荷機駆動装置にVG7S + UPACのシステムを適用している。

前輪を固定し、後輪を試験機のドラムに載せた構造となる。UPAC は坂道の状態に応じた反抗トルクを発生させ、電動機とドラムの結合軸にあるトルクセンサの検出値をフィードバックし、PID 制御をする。

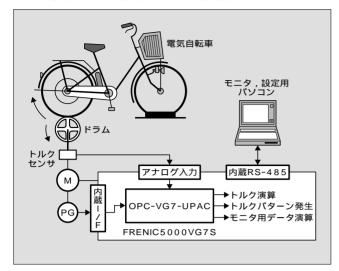
#### 3.4 UPAC の適用

図5にUPAC内部の制御プロック図を示す。坂道の条件に応じたトルク演算値とトルクセンサ検出値によりPID制御を行う。VG7Sへの実際のトルク指令はPID制御後の演算値に機械損補償分およびドラムと電動機の加減速トルク補償分を加えた値をVG7Sへのトルク指令値としている。

加減速トルク補償,機械損補償を行っているので,ドラムには坂道の条件に応じて精度のよい反抗トルクが発生する

運転モードは,走行距離により坂道の条件を変化させていくパターンモード(最大6ステージ)と,固定の条件下

#### 図4 電気自転車用試験機のシステム構成例



#### 図5 電気自転車用試験機の UPAC 制御ブロック図

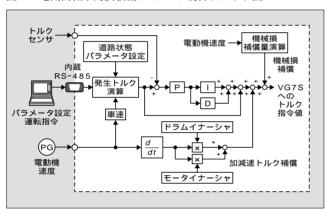
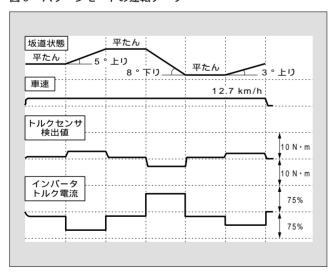


図6 パターンモードの運転データ



で設定時間連続運転(最大24時間)を行う耐久モードの2 種類がある。発生トルクは,パラメータで設定された質量, 摩擦抵抗,空気抵抗,こう配角度と車速,重力加速度など を条件として演算している。

図6に車速を一定に制御したときのパターンモードの運

転データを示す。

各ステージで設定された条件に応じたトルクを発生し, 走行距離により各ステージがスムーズに移行している。図 6では車速一定で,かつ各ステージの走行距離が同一設定 のため,各ステージが同一時間でのステージ移行となる。

#### 4 検品機への適用

# 4.1 システムの概要

簡単な巻取り制御システムに対しては、ダンサ制御や張力制御用のパッケージをそのまま、もしくはその一部を適用できるが、スリッタ、コータ、印刷機械などではインタフェースや制御技術を含めて、各メーカーが他社との差別化を図るためにさまざまなアプリケーション上の工夫がなされており、UPACシステムの機能・性能をフル活用することが求められる。

ここでは図7に示すような,光ファイバでデータリンクしている複数台の VG7S を1枚の UPAC で制御するシステムを,某社のフィルム検品機に適用した例を紹介する。

## 4.2 システムの狙い

このシステムは従来,富士電機のプログラマブルコントローラ(PLC)MICREX-Fシリーズでシステム統括を行い,張力・駆動制御を従来機種の参取り特殊 ROM で対応していたシステムの置換えである。

VG7S への置換えに際し, UPAC + 光リンク + RS-485 システムを適用した目的と狙いは,

- 1〕 トータルコストダウンと省配線のため,システム統括 と駆動制御を 1 枚の UPAC で対応し,2 系統の POD (プログラマブル操作表示器)は状態監視とシーケンス制御を担当。
- 2) 光ファイバによるノイズフリーかつ高速なディジタル 制御で,メンテナンス要素の少ない堅ろうなシステムを 構築
- 3) 巻径演算を低速から正確に行うために各電動機軸 PG のパルスカウント数を活用し、その演算結果をシーケンス制御に直ちに反映させること。
- 4 IEC 言語の特徴である 32 ビット実数型演算により , 煩雑な整数の正規化処理がなくなることで , ユーザーに おいてもメンテナンスが容易なプログラム。 の達成にある。

#### 4.3 システム構成

図 7 に示すように、4 台の VG7S を 1 枚の UPAC と各 VG7S に搭載している光リンクオプション(OPC-VG7-SI)を用いてシステムを構成している。これにより、各 VG7S の速度やトルクなどの運転状態やモータ PG パルスカウント値、張力センサからのアナログ入力、外部スイッチなどのディジタル入力データなどを UPAC は高速に読み込むことができる。一方、UPAC は制御演算の結果として、各 VG7S へ速度・トルクなどの指令データと、シーケンス

#### 図7 検品機のシステム構成

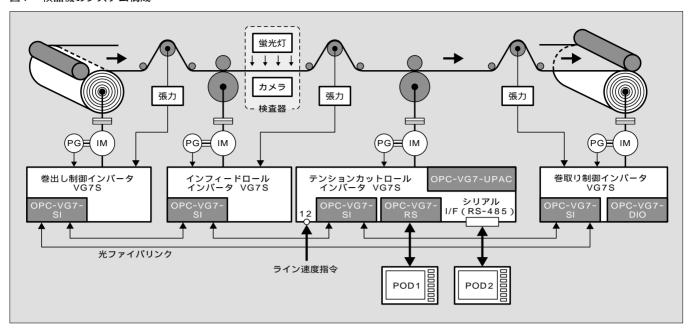


図8 検品機用 UPAC 制御ブロック図

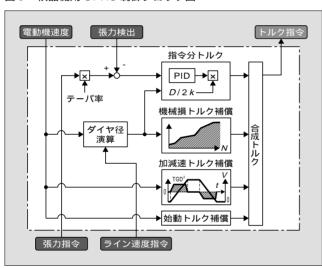
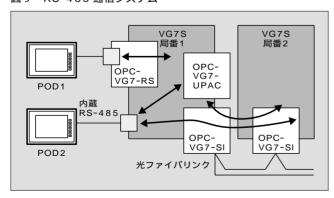


図 10 POD 設定画面



図9 RS-485 通信システム



制御結果としてのアナログ・ディジタル出力を各 VG7S と 外部に与えることができる。これらの演算は最小 6 ms 周 期で行われる。

巻出し用・巻取り用 VG7S は,図8のブロック図に示す

ように張力フィードバックによる PID 制御を行い, 巻径 や機械損,加減速トルクなどを補償したトルク指令により, 安定した張力制御を行っている。

POD1,2とVG7SはRS-485で接続している。通信プ ロトコルは POD メーカーが標準でサポートしているオー プンな Modbus RTU を採用している。

図9に示すように,内蔵RS-485を利用したデータ通信 は光リンクを介している各 VG7S に対し, 局番指定で通信 が可能となる特長がある。これにより電気的なマルチド ロップ接続が不要となり省配線を実現している。

この仕様により POD2 はメインモニタとして内蔵 RS-485 とのコネクタ接続のみで,各 VG7S からの運転データ やメンテナンス情報をリアルタイムに読み出し,一方で UPAC に対して加速・減速時間やコア径などの初期設定

注 Modbus: Gould Modicon 社の登録商標

や張力設定などの役割も担っている。図10にはシステムの 状態監視モニタとしての画面例を示している。

POD1 は RS オプションを経由して,状態監視モニタや, 各種機能スイッチ設定用に利用している。

## 5 搬送装置の同期制御への適用

#### 5.1 システムの概要

工場の生産ラインなどの搬送システムを同期制御する方法は,その制御目的に応じてさまざまである。特に機械的に絶縁されている二つ以上のラインを同期制御するときには,エンコーダの出力するパルス列を用いた同期制御の手法が一般的に適用される。

ここでは図11にあるように,製パン機械大手メーカーの 搬送システムで採用した,駆動部1と2を位置同期制御す るシステムに UPAC を適用した例を紹介する。

#### 5.2 システムの狙い

VG7S にはパルス列同期制御の機能を標準としているが, 上記システムのようにリミットスイッチ(LS1,LS2)を

図 11 搬送装置のシステム構成

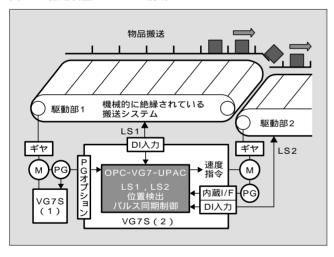
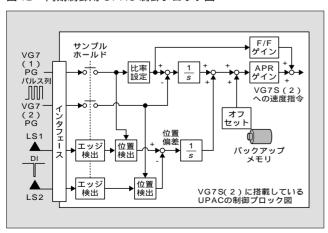


図 12 同期制御用 UPAC 制御ブロック図



各搬送ラインに設けて,この位置関係をリアルタイムに取り込む位置合わせ機能は標準装備していない。

UPAC を適用した目的と狙いは,

- 1) アプリケーション作成が容易で,複数の搬送システム への拡張性があり,顧客要求に柔軟に素早く対応できる こと。
- [2] ノイズフリーなオールディジタルシステム要求と 1 ms タスク実行による応答性の向上。
- 3) 電源オフ時の位置データやオフセット調整データを付属の電池でバックアップできること。
- 4. PLC 機能との一体化による,顧客からみたシステム開発の統一。

を満足させることにある。

#### 5.3 システム構成

図12に UPAC 内部の制御ブロック図を示す。ブロック図から分かるように、リミットスイッチのエッジ間でカウントするパルス列カウントデータを計算することで、駆動部1,2の相対的な位置関係を取得することができる。この位置偏差がゼロになるように UPAC は速度指令をVG7S に与える。

リミットスイッチとパルスカウント情報を UPAC は常に取り込んでいるので、ギヤ比の製品誤差によって生じる位置ずれや、滑りやすいベルトをシステムに用いている場合でもリアルタイムに位置を自動補正することができる。

図 13 同期位置合わせの運転データ

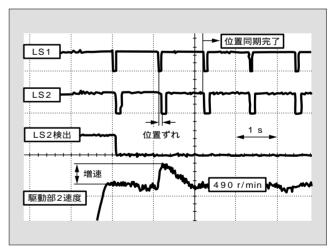


図 14 比率同期制御の運転データ



APR ゲインや F/F ゲイン, 位置オフセット調整などの パラメータは VG7S の標準インタフェース (タッチパネル や通信)を用いて調整することができる。

#### 5.4 UPAC の適用

図13には同期位置合わせ開始時の運転データを示している。リミットスイッチのエッジ位置から分かるように,最初はわずかにずれていた位置が,2回目のエッジ検出後,位置合わせ動作が起動することで駆動部2が増速し,次のエッジ検出時には位置同期が完了している。増速による位置合わせと,減速による位置合わせ動作は選択できるようになっている。

図14には,比率同期制御の運転データを示している。

駆動部 1 (LS1) が 1 ステージ移動するごとに , 駆動部 2 (LS2) が 3 ステージ移動している。これは制御ブロック図にある比率設定で 3/1 とすることにより , 駆動部 2 を駆動部 1 の 3 倍の速度で動作させた位置同期制御となっていることによる。

## 6 あとがき

FRENIC5000VG7S 用オプションカード UPAC の適用 例を紹介した。今後は,巻取り,位置決めなどの従来機種での対応アプリケーションはもとより,さらに高精度,高速応答が要求されるアプリケーションに対しても適用できるよう FB (Function Block)適用によるソフトウェアの標準化,パッケージソフトウェアの充実を図り,適用範囲を広げていく所存である。

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.
- 2 井上幸雄ほか、サーボシステム・インバータ適用事例、富士時報、vol.72, no.4, 1999, p.251-254.





\*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。