高性能 AC サーボシステム「FALIDIC-αシリーズ」の系列拡大

林　　寛明（はやし　ひろあき）　　三垣　　巧（みがき　たくみ）　　五十嵐　功（いがらし　いさお）

1　まえがき

近年，AC サーボシステムでは，小型，高精度，高速応答，省配線化を目的とした各種上位インタフェースとの接続，シリアルエンコーダの搭載が一般化されつつある。また，搭載される機械ごとに行う調整の簡素化，高応答を確保したまま機械振動を抑える各種制御機能の装備，位置決め精度のさらなる高精度化に向けたフルクローズド制御など，より高精度で使いやすい機器へと日々進化し続けている。

このような流れの中で富士電機は，高性能 AC サーボシステムとして「FALDIC シリーズ」を発売し，好評をいただいている[(1)]。市場への適用拡大に伴い，印刷機械，成形機械，大型搬送装置などの分野からの要求に応えるため，従来機種に対応した各種インタフェースの装備に加え，新たに制振制御，ノッチフィルタを標準装備した「中容量 FALDIC-αシリーズ」（以下，中容量シリーズという）を系列化した。

以下，中容量シリーズの概要，仕様，特徴について紹介する。

2　中容量シリーズの特徴

図 1 に FALDIC シリーズの機種マップ，**図 2** に FALDIC-αシリーズの外観を示す。

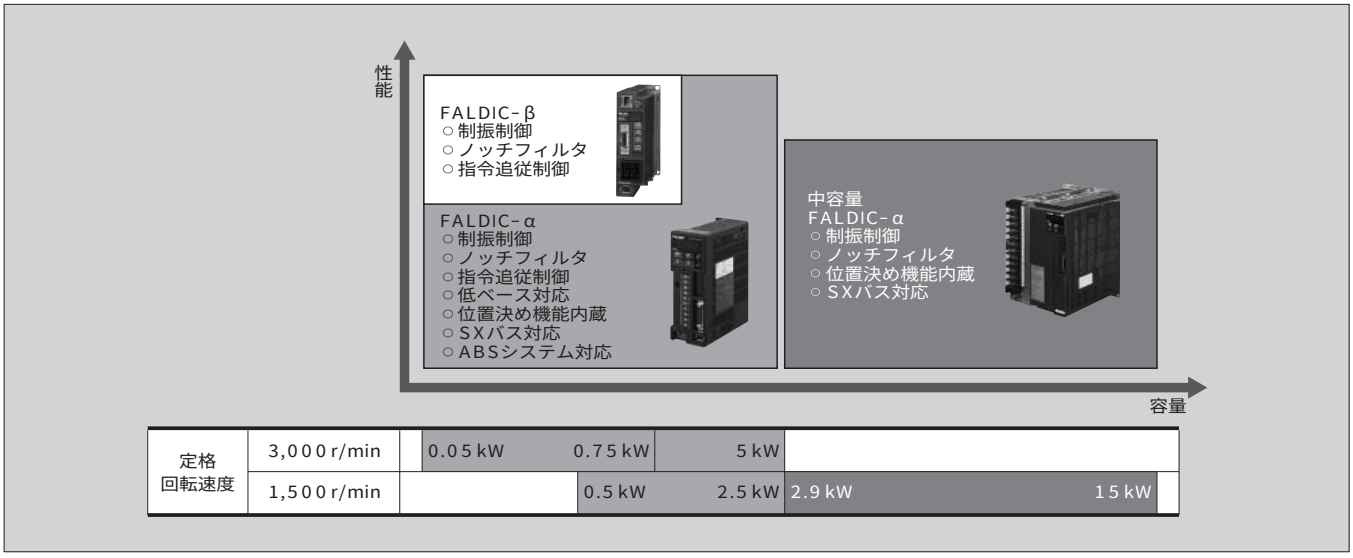
中容量シリーズは，FALDIC-αシリーズの特徴を踏襲することによって，同容量領域の従来機種である「FALDIC-IM シリーズ」に対し大幅な機能・性能アップを図った。

主な特徴は次のとおりである。

2.1　2 慣性負荷モデルでの制振制御機能

FALDIC-αシリーズならびに FALDIC-βシリーズで好評をいただいている富士電機が独自に開発した制振制御機能を中容量シリーズでも標準装備した。この制振制御機能により，位置決め整定時間の大幅な短縮，機械系の振動抑制が実現できた。

図1　FALDIC シリーズの機種マップ



林　　寛明

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主任。

三垣　　巧

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。電気学会会員。

五十嵐　功

サーボシステムのエンジニアリング業務に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部事業企画部。

図２　FALDIC-αシリーズの外観

2.2　機械との共振抑制のためのノッチフィルタ機能

制振制御機能と同様，FALDIC シリーズで好評を得ているノッチフィルタ機能も標準装備した。ノッチフィルタは機械が固有に持つ共振現象に対し，あらかじめサーボアンプに共振点のデータをパラメータとして設定することによって，機械共振を低減できる機能である。

2.3　ユーザーインタフェースの充実

中容量シリーズでは FALDIC-**α**シリーズと同一のパソコンローダ（オプション）と接続可能としている。したがって，同一の操作性で，セットアップ時間の短縮，メンテナンス性の向上に役立っている。

3　中容量シリーズの製品仕様

3.1　容量系列

容量系列は 2.9 ～ 15 kW（定格速度：1,500 r/min）であり，大トルク負荷に適用できる。

3.2　サーボアンプの基本仕様

中容量サーボアンプの基本仕様を**表１**に示す。制御機能および上位インタフェースの違いにより，次の 4 種類に区分されている。

(1)　VVK タイプ

パルス列入力による位置決め制御運転，アナログ電圧入力による速度制御運転，トルク制御運転ができる。上位コントローラとのインタフェースは I/O ベースである。

(2)　VSK タイプ

VVK タイプと同じく，パルス列入力による位置決め制御運転，上位コントローラからの指令による速度制御運転，トルク制御運転ができる。上位コントローラは富士電機のプログラマブルコントローラ「MICREX-SX」を使い，高速なシリアル通信（SX バス）によりさまざまなモーションコントロールを実現できる。富士電機では，モーションコントロールに最適なソフトウェア（FB：ファンクションブロック）を豊富に準備しており，顧客のニーズに合ったアプリケーションが容易に実現できる。

(3)　LPK タイプ

サーボアンプに位置決め制御機能を内蔵し，上位コントローラからのオンオフ信号のみで位置決めができる。上位コントローラとのインタフェースは I/O ベースであるが，上位に位置決めモジュールを必要としないシステム構築が可能である。

(4)　LSK タイプ

LPK タイプと同じく，サーボアンプに位置決め制御機能を内蔵している。上位コントローラは前記 MICREX-SX であり，位置決めモジュールなしで SX バスを介して PTP（Point to Point）の位置決めができる。

表１　サーボアンプの基本仕様

サーボアンプの型式（RYS○○○M3-□□□）			VVK	VSK	LPK	LSK
主用途			速度制御		直線位置決め	
入力電源	電　圧		200～230 V　＋10％/－15％			
	周波数		50/60 Hz			
制御仕様	制御方式		全ディジタル正弦波PWM方式			
	キャリヤ		5 kHz			
	フィードバック		16ビットシリアルエンコーダ			
	速度制御範囲		1：3,000			
	周波数応答		300 Hz			
	過負荷耐量		236～250％/3秒（容量別）			
	位置決め分解能		16ビット（16,384パルス相当）/回転			
	位置管理		アブソリュート/インクリメンタル選択可			
制御機能	速度制御		○	○	－	－
	トルク制御		○	○	－	－
	パルス列		○	○	○	○
	PTP位置決め		－	－	○	○
	原点復帰		○	○	○	○
	割込み位置決め		○	○	○	○
インタフェース仕様	入力	接　点	8点	5点	21点	5点
		アナログ指令	2点	－	1点	－
		パルス入力	1チャネル（オープンコレクタ/差動入力両方可）			
	出力	接　点	5点	2点	10点	2点
		アナログモニタ	2チャネル			
		パルス出力	1チャネル（差動出力）			
環境	温度，湿度		－10～＋55℃，10～90％RH（結露なきこと）			
	使用場所，標高		屋内，1,000 m以下，じんあい，腐食性ガス，引火性ガス，直射日光なきこと			

3.3　サーボモータの基本仕様

中容量サーボモータの基本仕様を**表２**に示す。中容量サーボモータは同期モータを採用しており，従来機種である FALDIC-IM シリーズに対し，大幅な小型化，低慣性化を実現した。

表２　サーボモータの基本仕様

サーボモータの型式（GYM□□□BC1－○C）	292	402	552	752	113	153
定格出力（kW）	2.9	4.0	5.5	7.5	11	15
定格トルク（Nm）	18.6	25.5	35.0	48.0	70.0	95.4
定格回転速度（r/min）	1,500					
最大回転速度（r/min）	3,000				2,000	
最大トルク（Nm）	45.1	63.4	87.6	119	175	221
慣性モーメント（kgm²）	0.0046	0.0068	0.0089	0.0125	0.0281	0.0315
定格電流（A）	23.8	30.0	42.1	54.7	58.6	78.0
最大電流（A）	56.0	76.0	110.0	130.0	140.0	170.0
絶縁階級	F種					
定　格	連続定格					
保護通風	全閉・自冷式IP67（軸貫通部を除く）					
端子（モータ）	キャノンコネクタ					
端子（検出器）	キャノンコネクタ					
過熱保護	なし（サーボアンプの電子サーマルで検出）					
取付方式	フランジ取付け					
軸　端	ストレートシャフト，キー付き					
塗装色	N1.5（半つや）					
検出器	16ビットINCシリアルエンコーダ（標準） 16ビットABSシリアルエンコーダ（オプション）					
振　動	V15					
使用場所・標高	屋内，1,000m以下					
周囲温度・湿度	0～＋40℃，20～90％RH以下（結露しないこと）					
耐振動	24.5 m/s²					
総質量（kg）	18	23	30	40	57.5	86

内蔵するエンコーダは，FALDIC-αシリーズと同様に，16 ビットシリアルエンコーダを採用しており，省配線化，高応答化，高精度化をそれぞれ実現した。

また，アブソリュートエンコーダ付き，ギヤ付き，ブレーキ付き，シャフトのキーなしなどの要求へオプションにて対応している。

3.4　主な標準装備機能

(1)　制振制御

制振制御とは，機械部先端の持続的振動と機械への振動・衝撃を大幅に低減すべく，富士電機が独自に開発した制御技術である。この制振制御では，２慣性系の機械モデルを制御ブロック内に持ち，モデル先端部の振動がなくなるようにモデル内で制御量を決定する。その制御量をモータの位置・速度制御に補正として加えることにより，機械先端の振動を抑制する。

この制振制御により，機械自身の高速化，タクトタイム短縮，位置決め整定時間の短縮を図ることが可能となる。[(2)]

(2)　ノッチフィルタ

ノッチフィルタは，機械ごとに異なるポイントで発生する機械共振現象に対し，アンプのトルク指令のうち共振周波数成分のみを減衰させ，全体のゲインとしては高いまま，すなわち全体の応答は落とさずに機械共振現象を抑え込む機能である。

図３　ノッチフィルタの効果

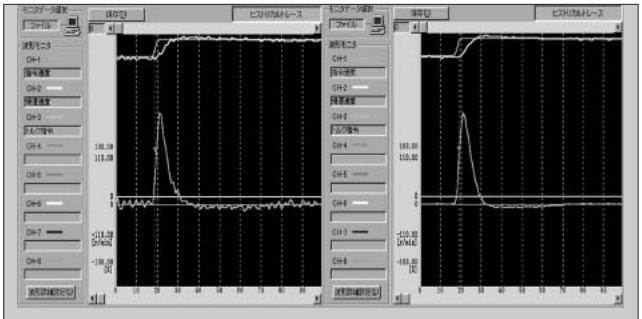


図３にノッチフィルタを使用しない場合と，使用した場合のトルク指令波形の例を示す。あらかじめサーボアンプにパラメータとして共振点の周波数とその減衰量を設定することによって，共振によるトルク指令の振動成分が大幅に抑制できている。

(3)　フルクローズド制御

フルクローズド制御は，機構部のがたなどにより，位置決め精度が影響を受けるシステムにおいて，高精度化を図るために適用される制御方式であり，中容量シリーズではオプションとして準備している。**図４**にフルクローズド制

図４　フルクローズド制御ブロック図

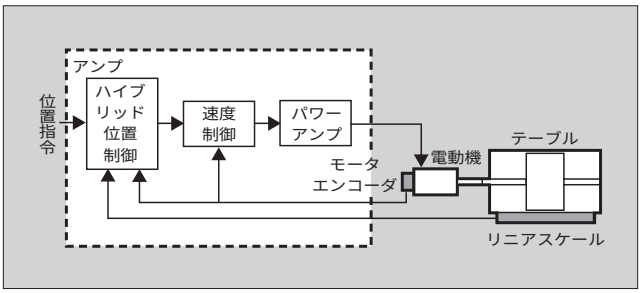
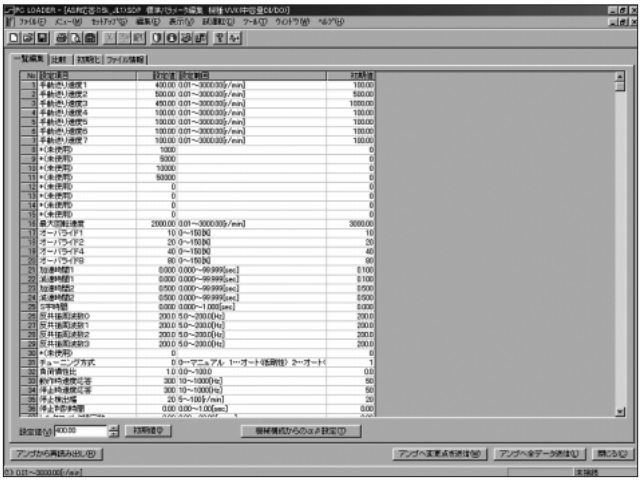


図５　パソコンローダ画面



御方式のブロック図を示す。ここでは，制御目標であるテーブルまたはワークの位置をリニアスケール（または外部エンコーダ）からのフィードバックとして検出し，サーボモータ内蔵のエンコーダ（以下，モータエンコーダという）からのフィードバックと合わせてハイブリッド位置制御を行っている。動的な制御はモータエンコーダからのフィードバックにて，静的な制御はリニアスケールからのフィードバックにて行うことにより，従来制御よりも位置偏差を小さくし，かつ高い速度応答を確保できる。

(4)　パソコンローダ

中容量シリーズでは FALDIC-**α**シリーズと同じパソコンローダソフトウェア（オプション）を準備している。FALDIC-**α**シリーズと同一のソフトウェアであり，各パラメータの編集，コピー，各種データのリアルタイムトレース，ヒストリカルトレースなどが簡単な操作で行える。**図３**にトレース画面の一例，**図５**にパラメータ編集画面の一例をそれぞれ示す。

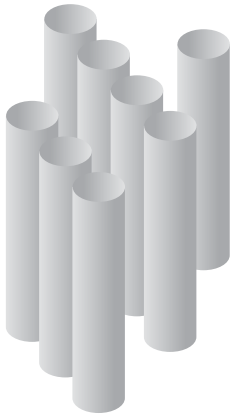
4　あとがき

中容量 FALDIC-**α**シリーズについて特徴，仕様，概要を紹介した。このシリーズは，大幅な制御機能，性能の改善を図り，広範囲な用途に適用できるように配慮した。今後ともユーザーの期待に十分応えられるよう一層の努力をしていく所存である。

参考文献

(1)　荒川宏泰ほか．小形・高性能サーボシステム FALDIC-**α**シリーズ．富士時報．vol.72, no.4, 1999, p.243-247.

(2)　藍原隆司ほか．サーボシステムの制御技術応用例．富士時報．vol.74, no.7, 2001, p.415-418.



e-Front runners

＊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。