昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成15年8月10日発行（毎月1回10日発行）富士時報　第76巻　第8号（通巻第821号）　ISSN 0367-3332

e-Front runners

富士時報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

8

2003 VOL.76

インバータ・サーボシステム・電源・機器特集

FUJI ELECTRIC 富士電機

e-Front runners

用途に合わせた
豊富な機能

コンパクト
ニューデザイン

簡単操作

三相 200 V 0.75 kW 原寸大

周辺機器
への配慮

豊富な機種
バリエーション

グローバル
対応

The New Compact Inverter
FRENIC-Mini Series

FRENIC-Mini は，小容量汎用インバータ（3.7 kW以下）において
世界トップシェア※を誇る富士電機が技術の粋を集約し開発した
コンパクト型インバータです。

豊富な機能，コンパクト，簡単操作，豊富な機種バリエーション，グローバル対応などにより
横行搬送機械，ファン・ポンプ，遠心分離機，食品機械などの機械・装置の高性能化，
システム対応，省エネルギー，省力化，トータルコストダウンのニーズにお応えします。

※出典：米国ARC社「Low Power AC Drive Worldwide Outlook」（2001）

三相 200 V系列 0.1～3.7 kW，単相 200 V系列 0.1～2.2 kW
三相 400 V系列 0.4～3.7 kW，単相 100 V系列 0.1～0.75 kW

富士電機のインバータ

お問合せ先：機器・制御カンパニー システム機器事業部 電話（03）5435-7111

富士時報
FUJI ELECTRIC JOURNAL

8
2003 VOL.76

インバータ・サーボシステム・電源・機器特集

表紙写真

富士電機では，パワーエレクトロニクス機器，配電・制御機器，駆動系機器を FA システムの構成のための重要なシステムコンポーネントと位置づけ，世界最高の品質，性能，サービスの提供を狙いに新製品開発を進めてきた。システムコンポーネント分野の製品は多種多様であるが，国際性，安全性，実用性，小型化，そして環境への対応が共通して求められている。

表紙写真は，最新のマニュアルモータスタータ，コンビネーションスタータ，ならびにパワーエレクトロニクス技術を結集したインバータ，サーボシステムを世界地図とともに配して，駆動・制御機器のグローバル展開を表現した。

お知らせ

『富士時報』は誌面の充実を目指し，本年 9 月号（Vol.76 No.9）以降，隔月（奇数月）発行に変わります。また，はなはだ勝手ながら Vol.76 No.9 から定価を 735 円（本体価格 700 円＋税）に改定させていただきます。

今後とも『富士時報』創刊時の「広く技術成果を世間に公表し，もって社会経済，文化の発展に資する」という精神を堅持し，発行していきます。引き続きご愛読くださいますようお願い申し上げます。

目　次

パワーエレクトロニクス技術に想う 452（2）
小笠原悟司

コンパクト型インバータ「FRENIC-Mini シリーズ」 453（3）
松本　吉弘　・　石井　新一　・　中西　孝司

PWM コンバータ「RHC-C シリーズ」 457（7）
豊田　敏久　・　木下　操　・　金沢　直樹

高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」の制御技術 461（11）
市中　良和　・　山田　達也　・　宮下　勉

新型業務用加熱インバータ 465（15）
白石　博隆　・　角垣　隆宣　・　白木　敏明

高性能 AC サーボシステム「FALDIC-αシリーズ」の系列拡大 468（18）
林　寛明　・　三垣　巧　・　五十嵐　功

統合コントローラ「MICREX-SX」によるモーションコントロールシステム 472（22）
富永　保隆　・　有薗　義博　・　羽鳥　秀夫

モーションコントロールシステムの適用事例 476（26）
井本　博幸　・　富永　保隆　・　相田　忠勝

大容量 UPS「UPS6000D-3 シリーズ」 480（30）
山本　弘　・　幸林　久詩　・　池田　健一

新型単相中容量 UPS「UPS6000D-1 シリーズ」 484（34）
日永田　守　・　石井　紀好　・　加藤　雅彦

ミニ UPS の系列拡大とネットワーク対応 488（38）
三反畑　博　・　田中　伸央　・　内藤　英臣

電動機制御回路用保護器「マニュアルモータスタータ」 493（43）
久保山勝典　・　川田　久夫　・　浜田　佳伸

コンパクト一体型コンビネーションスタータ 499（49）
武内志乃夫　・　永廣　勇　・　代島　英樹

１回路用電力監視ユニット 502（52）
高橋　文人　・　樋口　貞夫　・　谷　敏明

パワーエレクトロニクス技術に想う

小笠原 悟司（おがさわら　さとし）
宇都宮大学工学部教授 工学博士

パワーエレクトロニクス技術は，半導体パワーデバイスのスイッチングを基礎とし電力の変換・制御を高効率かつ高速・高精度で実現し，省エネルギーという観点からエネルギー環境問題に大きく貢献しているキーテクノロジーである。また，パワーエレクトロニクス機器が組み込まれた応用機器は，家電品やOA機器などの身近な製品から産業機器や電力用機器などの社会生活を支える重要な機器に至るまで，さまざまな分野に利用され，市民生活になくてはならないものとなった。さらに，風力発電や太陽光発電などの自然エネルギーの利用，燃料電池やコジェネレーションシステムなどにおける熱エネルギーの利用など，さまざまな形態のエネルギー利用の場面で中心的な役割を果たしている。このことはパワーエレクトロニクス技術が，電気エネルギーの形態を利用しやすい形に変える単なる電力変換技術から，社会活動に必要なさまざまなエネルギーを総合的に運用するためのシステム技術・基盤技術へと成長していることを示している。

パワーエレクトロニクス技術の核となっているのは，パワーデバイスと電力変換器技術である。この両者は，これまで互いに影響しながら発展を遂げてきており，これが今日の日本のパワーエレクトロニクス技術の大きな強みである。すなわち，新しいパワーデバイスが開発される度にそれを活かす電力変換回路が研究され，電力変換器からの要望に応えるためにパワーデバイスは絶えず改良が加えられてきた。新しい半導体材料であるSiCをベースとした高耐圧・超低損失デバイスの開発，逆阻止IGBTの開発などによる冷却や実装技術も含めた電力変換器技術の今後の展開に期待したい。

一方，電磁環境への関心が高まるにつれてパワーエレクトロニクス機器のEMI/EMCが重要な技術分野になろうとしている。半導体パワーデバイスのスイッチング動作による電圧・電流の急峻な変化は，伝導性と放射性EMIをはじめとするさまざまな障害を引き起こす可能性があり，その発生メカニズムや低減法の研究が進められてきている。EMIの難しい点は，回路図に記載されていない配線インダクタンスや浮遊静電容量などを取り扱わなければならない点にある。これを解決するために，パワーデバイス，電力変換器，電力ケーブル，モータなどの高周波モデルが開発され，より精密なEMIのシミュレーションが可能になりつつある。また，配線の配置や部品形状からこれらの浮遊パラメータを求める方法も研究され，試作の前に予めEMIを予測することが可能になりつつある。これらの技術の発展によりEMI/EMCの問題が克服され，ノイズの出ない究極の電力変換器が実現されることを期待したい。

電力変換器の応用として最も広く用いられているのが，モータドライブである。マイクロプロセッサやDSPなどのディジタル制御器の発展に伴って，モータドライブはますます高性能化・高機能化を遂げている。近年この分野では，センサレスドライブが盛んに研究されている。その目的は，モータ回転軸に位置・速度センサを取り付けることなく，モータの電力線をインバータに接続するだけでモータの速度・位置・トルクを自在に制御することにある。実験室レベルにおいてはこの理想に近いシステムが開発されており，今後の実用化が待たれる。また，センサレスドライブの高信頼性や耐環境性を活かした新たな用途の開拓にも期待したい。

冒頭でも述べたように，近年のパワーエレクトロニクス技術はここで紹介した以外にもさまざまな分野に適用されており，もはや一人の技術者がカバーできる範囲をはるかに超えている。今後もパワーエレクトロニクス技術の持続的発展のために，個々の技術分野に対して高度な専門知識を持った技術者が必要であることは勿論であるが，さまざまなエネルギーを総合的に運用・管理することのできるシステムを構築できる技術者，すなわちパワーエレクトロニクスのシステムエンジニア（PESE）も，今後必要ではないだろうか。技術とは，最後は「もの」ではなく「ひと」なのである。

コンパクト型インバータ「FRENIC-Mini シリーズ」

松本　吉弘（まつもと　よしひろ）　石井　新一（いしい　しんいち）　中西　孝司（なかにし　たかし）

1　まえがき

汎用インバータは，ファン・ポンプの省エネルギー化や産業機械などの省力化，自動化といった幅広い用途に使われており，要求される性能・機能により単純な可変速用途から高性能ベクトル制御を適用したシリーズまでがある。

今回開発した「FRENIC-Mini シリーズ」は小型・低価格を狙った機種であるが，単純な可変速用途だけでなく水平搬送などの，これまで上位機種で対応していた性能・機能を低価格で実現した。また，ノイズ低減や鉛フリーはんだの一部適用など環境への配慮，長寿命化など保守性の改善を行い，世界で広く使用できるグローバル製品とすることをコンセプトとした。

本稿ではその特徴を中心に紹介する。

2　豊富な機種バリエーション

図１に FRENIC-Mini シリーズの外観を示す。今回開発した FRENIC-Mini シリーズは，従来機種 FVR-C11 シリーズの後継機種で，外形寸法を同一としている。

図１　FRENIC-Mini シリーズの外観

グローバル対応を考え，従来機種になかった三相 400 V シリーズを追加した。

また，顧客の多様な使われ方に対応できるように，これまでオプション対応であったが，EMC（Electromagnetic Compatibility）フィルタ内蔵品，制動抵抗器内蔵品，RS-485 通信対応品を準標準シリーズとして開発した（**図２**参照）。

表１にその機種バリエーションを示す。

図２　EMC フィルタ内蔵品と制動抵抗器内蔵品

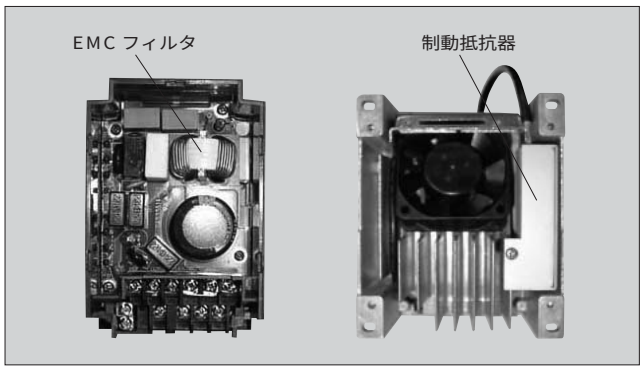


表１　FRENIC-Miniシリーズの機種バリエーション

機種分類	バリエーション		
電源電圧	1	単相100 V	0.1/0.2/0.4/0.75 kW
	2	単相200 V	0.1/0.2/0.4/0.75/1.5/2.2 kW
	3	三相200 V	0.1/0.2/0.4/0.75/1.5/2.2/3.7 kW
	4	三相400 V	0.4/0.75/1.5/2.2/3.7 kW
EMC フィルタ	1	なし	全機種
	2	内蔵タイプ	単相100 Vを除く全機種
制動抵抗器内蔵	1	なし	全機種
	2	内蔵タイプ	1.5/2.2/3.7 kW（三相200 V/400 V）
RS-485 通信対応	1	なし	全機種
	2	同一梱包（こんぽう）	三相200 V/400 V

：追加機種

松本　吉弘

可変速駆動装置の開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター 開発部次長。電気学会会員。

石井　新一

交流可変速駆動装置の研究・開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター 開発部マネージャー。技術士（電気・電子部門）。電気学会会員。

中西　孝司

可変速駆動装置の開発に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター 開発部主任。電気学会会員。

機種バリエーションは，従来機種では 17 機種に対し FRENIC-Mini シリーズでは 58 機種と大幅に増やし幅広いニーズに対応した。

単純に機種をこのように増やすと，構成部品の種類が大幅に増えるが，今回の開発では共通化設計と制御基板，電源基板などの構成ユニットの機能分担を最適にし，ユニットの種類をほとんど増やさずに実現できた。

3　高性能化技術

市場要求である小容量汎用インバータのトルク特性の大幅な改善，自動省エネルギー機能，ストール防止機能などを搭載するために「簡易トルクベクトル制御」を開発した。地球温暖化防止のための国際協定「京都議定書」を批准したことなどからインバータの省エネルギー効果は注目されており，省エネルギー機能を小容量インバータにも搭載した。

「簡易トルクベクトル制御」により，低速域でもパワフルな運転を実現させ，水平搬送機械・かくはん機への適用を可能とした。また，省エネルギー機能によりファン・ポンプ用途でのさらなる高効率が図れる。**図 3** に制御ブロック図を示す。

3.1　簡易トルクベクトル制御

V/f 制御で運転される誘導電動機の磁束推定機能により，負荷状態によらず，常に適切な電圧が印加でき，低速域においても滑らかで大きなトルクを発生できる。これにより，始動トルク 150 %（5 Hz 時）を達成した。

図 4 に速度－トルク特性例を示す。また，滑り補償制御機能により，負荷変動（ステップ負荷）に対し高応答で安定した運転を実現した。

図 5 にステップ負荷応答特性例を示す。

さらに，電圧制御性能を向上し，低速域での回転むらを当社比で約 1/2 に改善した。**図 6** に回転むら特性例を示す。

3.2　自動省エネルギー機能

図 3 の磁束推定器の推定値と誘導電動機電流から発生トルクを演算し，負荷に応じて最適な電圧を誘導電動機に印加できるため，誘導電動機効率を最適に保てる。**図 7** に省エネルギー効果特性例を示す。

図３　制御ブロック図

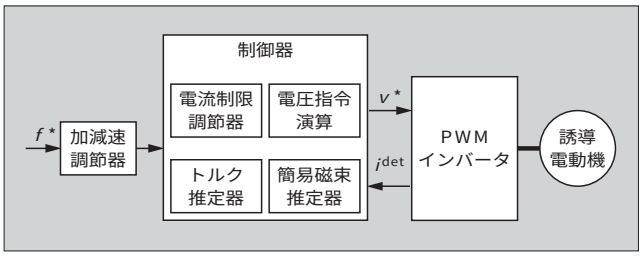


図４　速度－トルク特性例

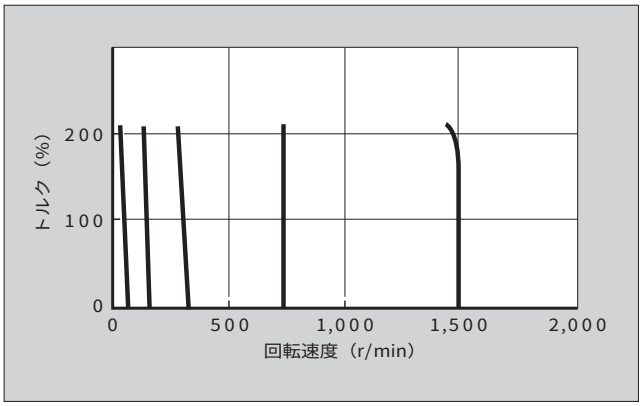


図５　ステップ負荷応答特性例

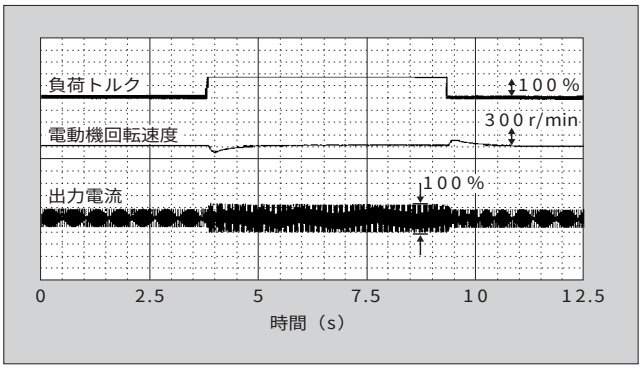


図６　回転むら特性例

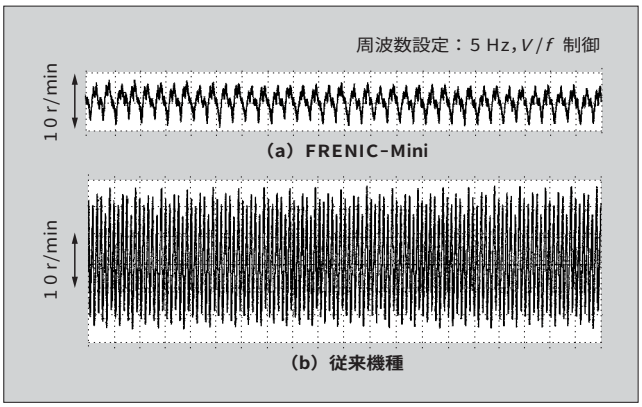


図７　省エネルギー効果特性例

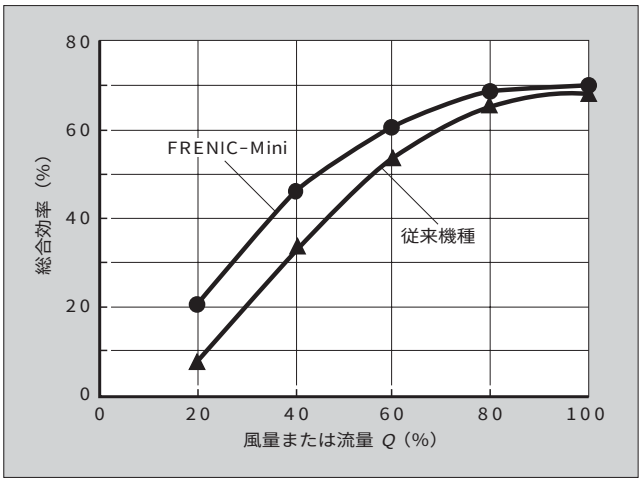
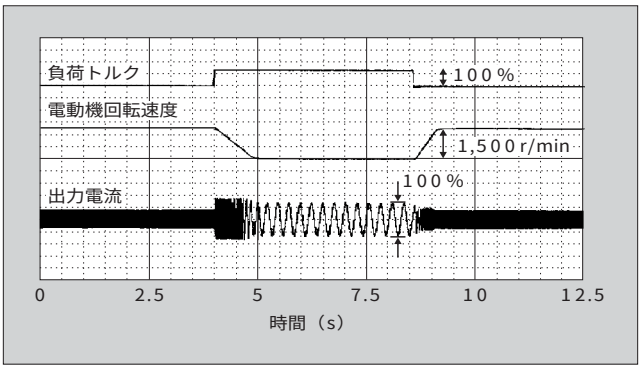


図８　電流制限動作特性例



3.3　高速電流制限機能

高速電流制限機能を搭載したので，インパクト負荷にもトリップすることなく運転を継続できる。本機能と**3.1**節で述べた滑り補償制御機能とにより水平搬送機械への適用を容易にした。

図８に電流制限動作特性例を示す。

4　環境への配慮

4.1　EMC ノイズ低減

インバータから発生するノイズにより他の機器が誤動作する場合があり，発生するノイズの低減が重要な課題である。

インバータから発生するノイズは，主回路の IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）素子と制御電源の FET（Field Effect Transistor）のスイッチングが主な原因で，モジュールや配線と対地との浮遊容量などを通して伝導する伝導ノイズと電波として発生する放射ノイズがある。

これまでの機種でも主回路の IGBT の電圧変化率 dV/dt を下げるなどのノイズ低減を行ってきた。

今回の FRENIC-Mini シリーズでは，制御電源の FET についても伝搬経路を絶つ構造にするなどの工夫をしている。

また，ノイズ低減用の EMC フィルタはこれまでの機種ではオプションとして外部に取り付ける構造であったが，内蔵フィルタを開発し，欧州の EMC 規格（EN61800-3）に適合させた。

4.2　鉛フリーはんだの適用

環境有害物質としての鉛は，2006 年には欧州で使用が規制されるなど，今後使用できなくなる。

今回開発した FRENIC-Mini シリーズでは，鉛フリーはんだを適用した IGBT モジュールを開発した（**図９**）。

鉛フリーはんだの適用により，従来より熱抵抗，パワーサイクル特性も改善されている。

図９　鉛フリーはんだ使用 IGBT モジュール

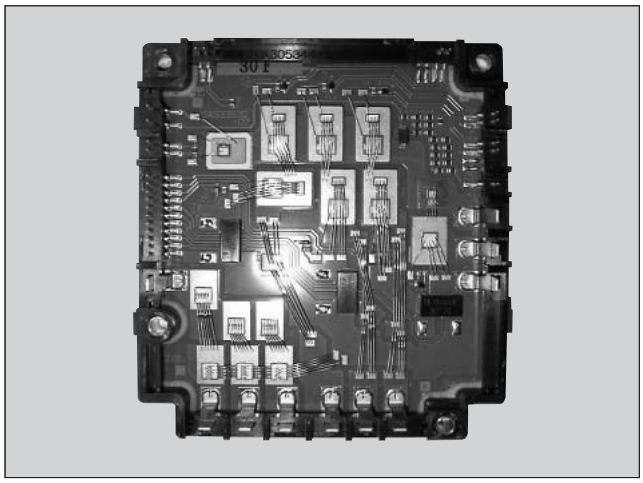


表２「メンテナンス情報」による寿命判定の目安

部　品	寿命予報の判定基準
主回路コンデンサ	工場出荷時のコンデンサ容量の85.0％以下
プリント基板上の電解コンデンサ	累積運転時間61,000時間以上
冷却ファン	累積運転時間61,000時間以上（1.5～3.7 kW）

5　メンテナンス性の向上

5.1　冷却ファンの長寿命化

インバータ内部には冷却ファン，主回路コンデンサ，プリント基板上の電解コンデンサなどの寿命部品があり，これらは，定期的に交換することを推奨している。

従来機種での推奨標準交換年数は，冷却ファンが 3 年，主回路コンデンサが 5 年，プリント基板上の電解コンデンサが 7 年と，冷却ファンの寿命が最も短かった。

例えば，インバータを 10 年使用する場合には，冷却ファンを 3 回交換する必要があり，メンテナンス回数が多くなっていた。

FRENIC-Mini シリーズでは長寿命冷却ファン（設計寿命 7 年，40 ℃）を採用することにより，標準交換年数を主回路コンデンサと同等以上にし，交換の手間を軽減した。

5.2　寿命判断機能

寿命部品である主回路コンデンサは，その寿命に伴い静電容量が低下していく。この容量の低下は周囲温度や負荷条件などの使用条件で大きく異なるため，単に使用年数では判断できない。

FRENIC-Mini シリーズでは寿命時期を判断する目的で，電源遮断時に主回路コンデンサの放電時間を自動的に内部で演算することで，初期値からの容量低下率を表示させた。

また，そのほかの寿命部品である制御電源の電解コンデンサ，冷却ファンについても，それぞれの累積運転時間をタッチパネルの「メンテナンス情報」で参照可能とした。

表２に各寿命部品の寿命判定の目安を示す。

表３　メニュー方式

メニュー番号	メニュー	LED表示	内　容
1	機能コード・データ設定	1.F_ _～1.y_ _	機能コード・データの設定
2	機能コード・データ確認	2.rEF	工場出荷値状態から変更した機能コードのみ表示
3	ドライブモニタ	3.oPE	運転情報の表示
4	I/Oチェック	4.i_o	外部インタフェース情報の表示
5	メンテナンス情報	5.CHE	保守・メンテナンス情報の表示
6	アラーム情報	6.AL	アラーム履歴とアラーム発生時の各種情報表示
7	データコピー（遠隔タッチパネルが必要）	7.CPy	機能コード・データの読出し，書込みおよびベリファイ

また，これらの寿命部品が**表２**の目安値に到達すると寿命時期と判定し，トランジスタ出力から寿命予報信号を出力することができる。

6　高機能化

6.1　タッチパネル機能

従来の FVR-C11 シリーズのタッチパネルでは周波数などのモニタ機能とインバータの動作を決定するファンクションの設定機能が中心であったが，FRENIC-Mini シリーズではメンテナンス情報やアラーム情報などの表示情報を大幅に増加させるためメニューモードを採用した。

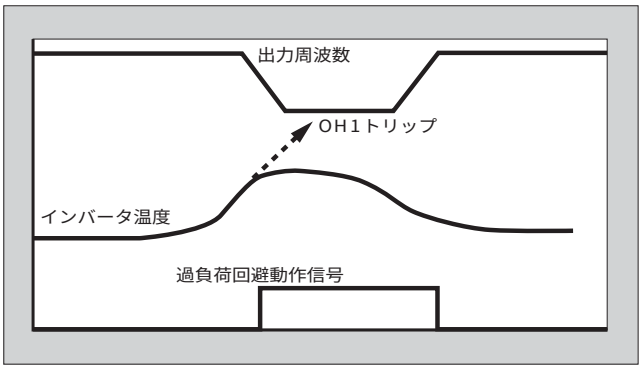
メニューモードの各メニュー番号に対する内容を**表３**に示す。

FVR-C11 シリーズに対し，機能コード・データ確認，ドライブモニタ，I/O チェック，メンテナンス情報，アラーム情報の各メニューを追加した。

ドライブモニタ機能は出力電流など 10 種類，メンテナンス機能は累積運転時間など 12 種類，アラーム情報はアラーム発生時の出力周波数など 19 種類のデータを表示可能としている。

また，アラーム発生時の情報は，従来機種では過去１回しか記憶できなかったが，FRENIC-Mini シリーズでは過去４回まで記憶可能とし，トラブル発生時に解析しやすくした。

図 10　過負荷回避機能



標準タッチパネルのほかにオプションとして遠隔タッチパネルを準備しており，LED（Light Emitting Diode）による単位表示，状態表示とデータコピー機能が標準タッチパネルに対して追加されている。

6.2　過負荷回避機能

ファン・ポンプなどの用途で連続運転中に，負荷や周囲温度の状態でインバータが過熱しても保護停止させたくない場合がある。

過負荷回避機能は**図10**のように，インバータが冷却フィン加熱またはインバータ過負荷でトリップする前に，インバータの出力周波数を自動的に低下させ，トリップを回避する機能で，今回新たに開発した機能である。

7　あとがき

以上，コンパクト型インバータ FRENIC-Mini シリーズについて，その特徴を紹介した。

3.7 kW 以下の非常に価格競争の厳しい容量範囲の中で，今回の FRENIC-Mini シリーズを展開することにより１クラス上の性能が要求される用途まで適用範囲が広がるとともに，グローバルな展開が期待できる。

今後とも，新しい技術，機能を積極的に取り入れ，より良い商品開発に努めていきたい。

PWM コンバータ「RHC-C シリーズ」

豊田　敏久（とよた　としひさ）　木下　操（きのした　みさお）　金沢　直樹（かなざわ　なおき）

1　まえがき

汎用インバータなどの可変速駆動システムにおいては，インバータ入力電流に高調波成分を含むため，同系統に接続された他の機器への高調波障害防止を目的とした経済産業省の高調波抑制対策ガイドライン（492 ページの「解説」参照）への適応や，省エネルギー対策として制動エネルギーの処理方法などの検討が必要となる場合がある。

これらの問題に対応する製品として，入力電流を正弦波化することにより，高調波抑制対策ガイドラインに適応し，制動エネルギーを電源側に回生することで，省エネルギーを実現できる PWM（Pulse Width Modulation）コンバータ「RHC シリーズ」をすでに市場に投入している。今回，この RHC シリーズにおいて機能，操作性を飛躍的に向上させた「RHC-C シリーズ」を新たに開発した。本稿では，RHC-C シリーズの特徴，仕様について紹介する。

図１　RHC-C シリーズの外観

2　RHC-C シリーズの特徴

図１に RHC-C シリーズの外観，**表１**に RHC-C シリーズの容量系列・標準仕様を示す。外観デザインは富士電機の汎用インバータ「FRENIC5000G11S/P11S」と共通化を図っている。

2.1　容量系列の充実

200 V 系列で 7.5 kW から 90 kW までの 11 機種，400 V 系列で 7.5 kW から 400 kW までの 20 機種，全 31 機種を標準容量系列として用意しており，従来機種の容量とびを解消し，インバータの容量系列と同等の容量系列に対応している。また，全機種二重定格に対応しており，CT（Constant Torque）仕様では 1 分間の過負荷定格が連続容量の 150 %，VT（Variable Torque）仕様では同じく過負荷定格が 120 %となる。用途としては，CT 仕様は一般産業機械などの定トルク負荷，VT 仕様はファン，ポンプなどの二乗低減トルク負荷用として主に適用される。VT 仕様では，負荷容量に対して一枠小さい容量が適用でき，経済的である。これらの充実した容量系列により，用途に最適なコンバータユニットの選定ができる。

400 kW を超える用途に適用する場合は，ユニットを並列多重化することで対応できるようにした。入力には絶縁トランスを別途用意し，オプションの光通信カードを用いて最大 6 多重まで負荷分担ができる。

2.2　制御性能の向上

RHC-C シリーズの制御システムでは，高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S シリーズ」と同等の RISC（Reduced Instruction Set Computer）プロセッサを 2 個使用した制御システムを採用し，高速演算処理（従来比約 3 倍）を実現した。電圧調節器（AVR）にはオブザーバ機能を追加した。これにより制御応答を向上させ，インパクト負荷，急加減速負荷などの急峻（きゅうしゅん）な負荷変動に対しても安定した運転ができるようになった。また，460 V ＋ 10 %の入力電圧にも対応した。**図２**に基本回路構成と制御ブロック図を示す。

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。

木下　操

可変速駆動装置の開発試験，検査に従事。現在，神戸工場品質保証部。

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主任。電気学会会員。

表１　容量系列・標準仕様

(a) 200 V系列

型式 RHC□□□-2C			7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90
CT適用	適用インバータ（kW）		7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90
	出力	連続容量（kW）	8.8	13	18	22	26	36	44	53	65	88	103
		過負荷定格	連続定格の150％　1分間										
		電　圧	DC320～355 V										
	所用電源容量（kVA）		9.5	14	19	24	29	38	47	57	70	93	111
	キャリヤ周波数		標準15 kHz									標準10 kHz	
VT適用	適用インバータ（kW）		11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110
	出力	連続容量（kW）	13	18	22	26	36	44	53	65	88	103	126
		過負荷定格	連続定格の120％　1分間										
		電　圧	DC320～355 V										
	所用電源容量（kVA）		14	19	24	29	38	47	57	70	93	111	136
	キャリヤ周波数		標準10 kHz									標準6 kHz	
入力電源	相数・電圧・周波数		三相3線式，200～220 V　50 Hz，220～230 V　50 Hz，200～230 V　60 Hz										
	電圧・周波数許容変動		電圧：－15～＋10％，周波数：±5％，相間アンバランス率：2％以内										

(b) 400 V系列

型式 RHC□□□-4C			7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220	280	315	355	400
CT適用	適用インバータ（kW）		7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220	280	315	355	400
	出力	連続容量（kW）	8.8	13	18	22	26	36	44	53	65	88	103	126	150	182	227	247	314	353	400	448
		過負荷定格	連続定格の150％　1分間																			
		電　圧	DC640～710 V																			
	所用電源容量（kVA）		9.5	14	19	24	29	38	47	57	70	93	111	136	161	196	244	267	341	383	433	488
	キャリヤ周波数		標準15 kHz									標準10 kHz										
VT適用	適用インバータ（kW）		11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220	280	315	355	400	500
	出力	連続容量（kW）	13	18	22	26	36	44	53	65	88	103	126	150	182	227	247	314	353	400	448	560
		過負荷定格	連続定格の120％　1分間																			
		電　圧	DC640～710 V																			
	所用電源容量（kVA）		14	19	24	29	38	47	57	70	93	111	136	161	196	244	267	341	383	433	488	610
	キャリヤ周波数		標準10 kHz									標準6 kHz										
入力電源	相数・電圧・周波数		三相3線式，380～440 V　50 Hz，380～460 V　60 Hz																			
	電圧・周波数許容変動		電圧：－15～＋10％，周波数：±5％，相間アンバランス率：2％以内																			

2.3　豊富な通信オプション

インバータの通信機能（ネットワーク対応）の向上に伴い，省配線，省コスト，リモートメンテナンスなどの目的で，インバータと組み合わせるコンバータに対しても同等の通信機能の要求が高まってきている。このため，RHC-C シリーズでは，従来機種では対応していなかった通信オプションを用意した。**表２**に通信オプションを含む RHC-C シリーズの制御オプション一覧を示す。

表２　RHC-C シリーズの制御オプション

オプション形式	機能概要
OPC-VG7-AIO	AO増設カード
OPC-VG7-DIO	DO増設カード
OPC-VG7-TL	Tリンクインタフェースカード
OPC-VG7-CCL	CCリンクインタフェースカード
OPC-VG7-SX	SXバスインタフェースカード
OPC-VG7-SI	光通信カード
OPC-RHC-TR	トレースバックカード

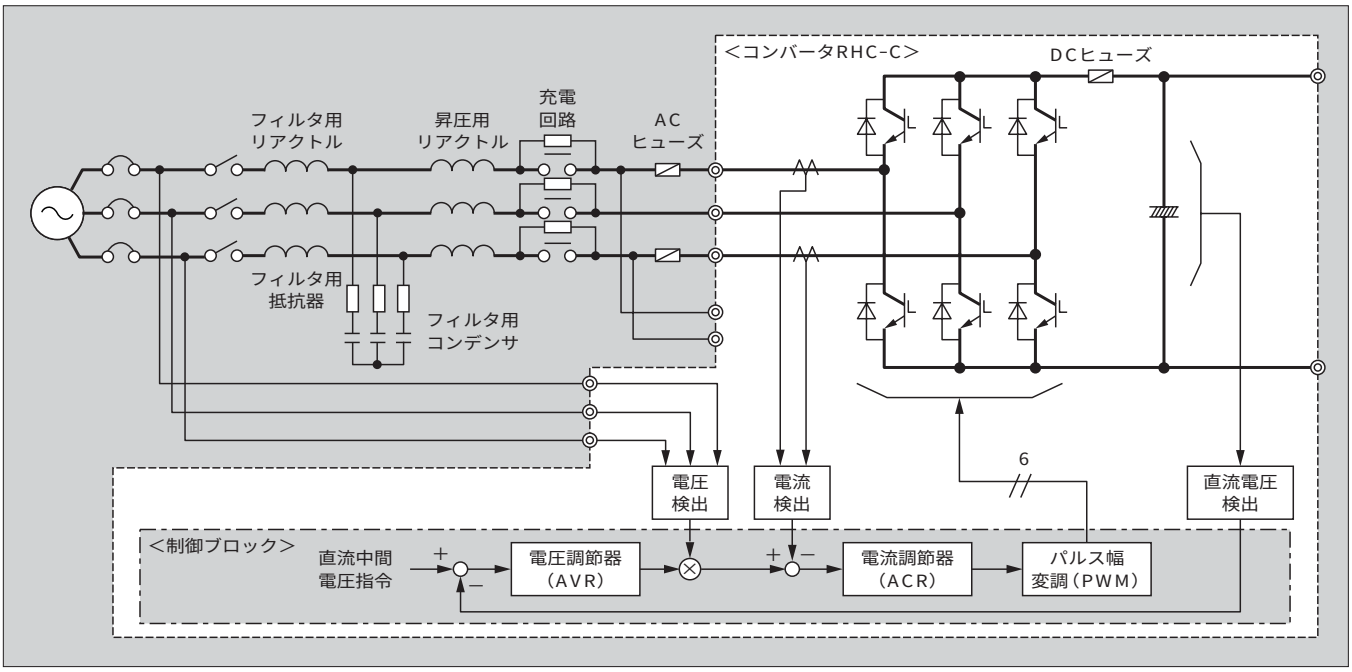
2.4　タッチパネルによる監視操作性の向上

汎用インバータ FRENIC5000G11S/P11S シリーズに適用されているタッチパネルと操作性を統一した。**図３**にタッチパネルの外観を示す。これにより，ユーザーから見た操作性の向上，メンテナンスを容易にし，豊富なモニタ機能により，電源監視もできるようにした。専用タッチパネルとして，次の機能を備えている。

(1)　駆動・制動状態表示

LCD（Liquid Crystal Display）表示部では，駆動運転

図２　基本回路構成と制御ブロック図



中か制動運転中かの運転状態表示を一目で認識できる。**図３**の右上段に駆動運転状態時の表示例を示す。

(2)　電源監視機能

運転画面では，他に２種類のバーグラフ表示画面を用意している。一つは入力電力および入力電流実効値の定格値に対する割合を％表示し，負荷状態を容易に判別できる。もう一つは，入力電圧および周波数の変動幅を現在値，最大値および最小値として表示し，電源状態を容易に監視できる。**図３**の右中段，右下段に表示例を示す。

2.5　トレースバック機能

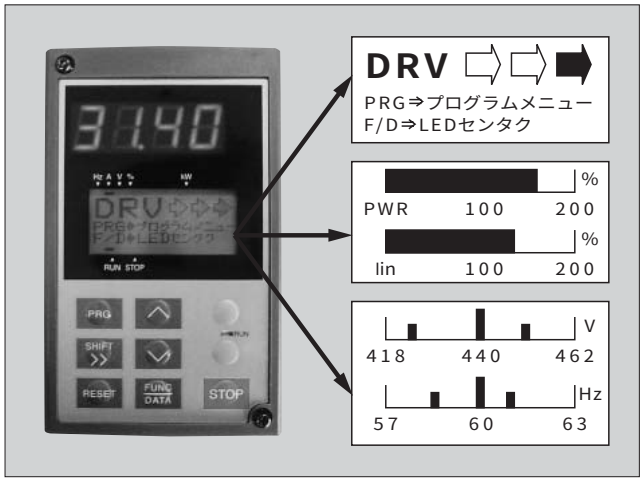
制御オプションのトレースバックカード（OPC-RHC-TR）を使用することにより，コンバータのアラーム発生前後の制御データをトレースし，保存することができ，電源系統の障害解析が１ms レベルで可能となる。保存データは，コンバータの制御電源遮断後から約１週間，保持することができる。

2.6　フィルタ回路

PWM コンバータでは，入力側の端子電圧が PWM 波形となり，電源側の電圧波形にリプルを生じる。このため，電圧リプルを抑えて正弦波化することを目的として，フィルタ回路を入力側に設けている。RHC-C シリーズでは，このフィルタ回路を改良し，電源側の電圧波形ひずみをより一層低減した。これにより，電源インピーダンスが大きい場合や，発電機電源などへも幅広く適用できるようになった。

また，高キャリヤ周波数化により，フィルタ用リアクトルや昇圧用リアクトルから発生する耳障りな騒音を従来機種に比べ大幅に低減した。

図３　タッチパネルの外観



2.7　海外規格対応

一般的にコンバータは，汎用インバータと組み合わせて適用されるので，汎用インバータで対応している海外の安全規格にコンバータも適合する必要がある。そのため，UL/cUL，CE マーキングに標準で対応している。また，タッチパネルは標準で３か国語（日本語，英語，中国語）に対応し，国際市場にも適合した製品となっている。

2.8　RHR-C シリーズ

RHC-C シリーズの開発に伴い，姉妹品として電源回生コンバータ RHR-C シリーズを同時開発した。PWM 制御にて入力電流の正弦波化を行う RHC-C シリーズに対して，RHR-C シリーズは電源回生を主な機能とし，電源電圧に同期して 120 度ごとに各相を導通させ，直流中間電圧と電源電圧との電位差により，交流リアクトルで限流させた電

図４　RHR-C 入力電流波形

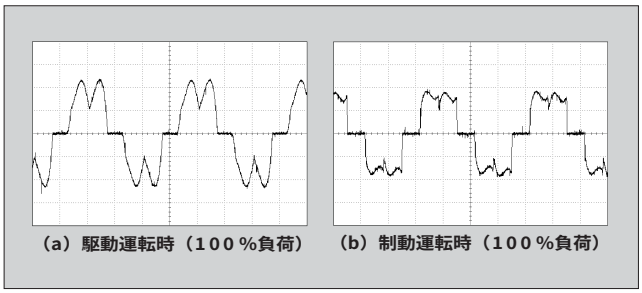
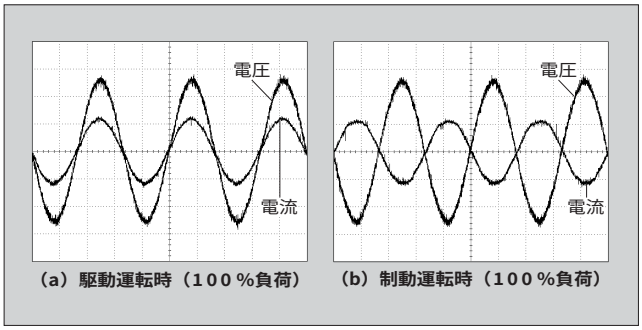


図５　RHC-C 入力電流波形



流を電源側に流し電源回生を行う製品シリーズである。

RHR-C シリーズは PWM 制御による入力電流の正弦波化を行わないため，RHC-C シリーズに比べ高調波成分を多く含む入力電流波形となるが，フィルタ回路が削除でき，同系統に接続された他の機器に対しては，PWM 制御のキャリヤ周波数成分による影響がなくなるという特徴がある。また，RHC-C シリーズと同一ユニットを使用することで共通化を図っている。**図４**に RHR-C シリーズの入力電流波形を示す。

3　RHC-C シリーズの運転特性

3.1　入力電圧・電流波形

図５に駆動運転時と制動運転時のコンバータ入力電流波形および相電圧波形を示す。入力電流が正弦波となり，力率１となるように制御されていることが分かる。

3.2　入力高調波特性

図６にコンバータ入力電流波形の高調波電流含有率を 50 次まで測定したデータを示す。基本波成分（1 次：60 Hz）を 100 %として各次の含有率を示している。7 次成分が最も多く 1.40 %，総合含有率（THD）は 2.21 %となっている。高調波対策を実施しない一般的な三相全波整流を行うインバータでは，7 次成分が 40 %程度あることから，PWM コンバータの適用により，高調波電流が大幅に低減されていることが分かる。

3.3　インパクト負荷特性

図７にインパクト負荷特性を示す。100 %の駆動負荷運転時に負荷を瞬時遮断した特性であるが，一定制御している直流中間電圧のオーバシュートを 20 V ほどに抑え，安定した運転の継続ができている。

図６　入力高調波データ

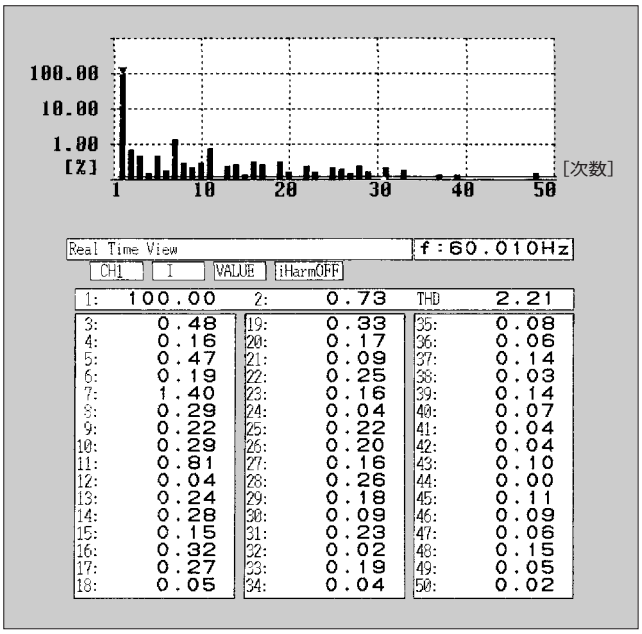
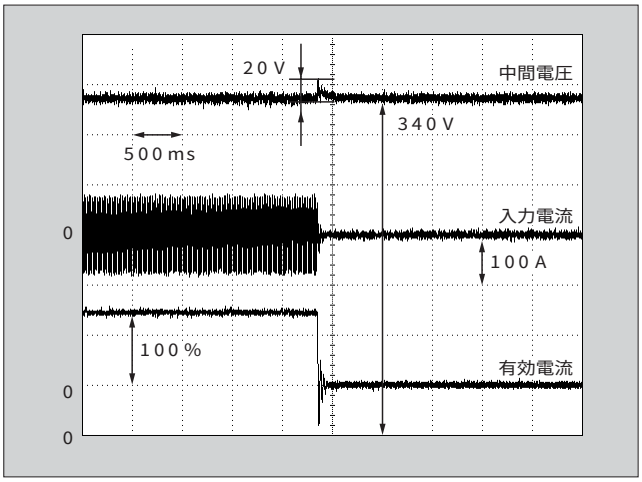


図７　インパクト負荷特性



4　あとがき

以上，PWM コンバータ RHC-C シリーズについて，その概要を紹介した。制御性能，操作性の向上および制御オプションの充実により，幅広い分野へ適用していただけることを期待している。PWM コンバータがインバータ適用時の高調波対策や電源回生機能を目的とするだけでなく，インバータを含んだシステム品として，新たな市場要求に応えるべく，製品開発に一層の努力をしていく所存である。

参考文献

(1)　大阿久康之．可変速駆動システムの高調波抑制手法．富士時報．vol.70, no.12, 1997, p.658-661.
(2)　高調波抑制対策技術指針（JEAG 9702-1995）．p.6-120.

高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」の制御技術

市中　良和（いちなか　よしかず）　山田　達也（やまだ　たつや）　宮下　勉（みやした　つとむ）

1　まえがき

富士電機の高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC 5000VG7S」シリーズ（VG7S）は，顧客ニーズに合わせて，エレベータ，クレーン，巻取機など用途ごとの特別仕様品として採用いただいていることが多い。従来は専用のコントローラや可変速駆動装置が使われてきた分野においても，低価格化の要求を背景にして，VG7S などの汎用インバータのシステムをカスタマイズして適用するケースが年々増加してきている。

本稿では，VG7S の特徴である，誘導機から同期機，直流機まで駆動できる制御技術と，柔軟性のあるディジタル制御システム技術を生かした応用例に加え，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）を利用したアプリケーション実施例についても紹介する。

2　電源装置への応用

2.1　フライホイール式電源バックアップ装置

フライホイール式電源バックアップシステム仕様のインバータを納入した。本システムは**図1**のように構成し，次の特徴がある。

(1)　電動機の 100 倍を超える慣性を持つフライホイールを高速かつ安定に速度制御し，待機中は電動機効率を最大化する制御により消費電力を抑えている。

(2)　停電検出で AVR（Automatic Voltage Regulator）制御に切り換え，150 %負荷時の停電でも過渡的な電圧低下を抑えた商用給電を行う。

無停電電源装置（UPS）に本システムを適用すると，鉛バッテリーフリーとなり，特定有害産業廃棄物処理が不要となることや，大容量化に際してバッテリーに比べ相対的にコストが下がるメリットがあり，需要拡大が期待されている。

図2に 20 kW 150 %負荷時の停電後の動作を示す。また，**図3**に停電中のバックアップ動作時の負荷変動挙動（100 %負荷）と復電後の挙動を示す。復電後にトルクが変動しているのは，速度を拾い込んだ後の大きな慣性体の速度を一定にする過渡変動である。

2.2　動力エネルギー回生装置

図4に動力エネルギーを有効に活用するためのシステムへの適用例を示す。

図1　フライホイール式バックアップシステムの概要

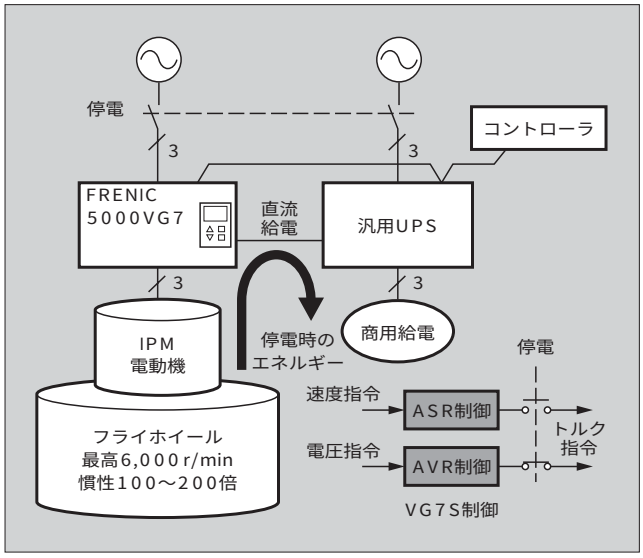
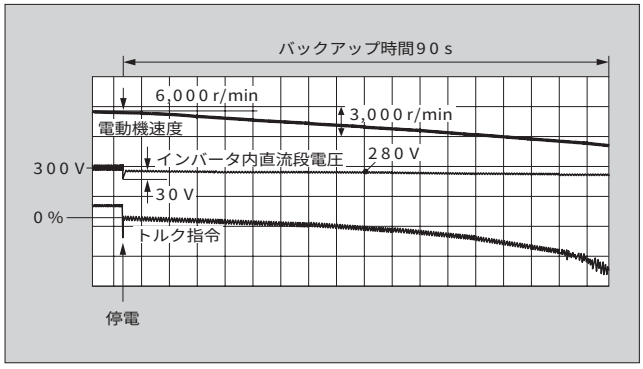


図2　停電時のバックアップ動作（20 kW，150 %負荷）



市中　良和

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。

山田　達也

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。

宮下　勉

産業・船舶用電動力応用システムの企画・設計業務に従事。現在，東京システム製作所電力システム装置部。

図３　停電中の負荷変動と復電動作（20 kW，100 %負荷）

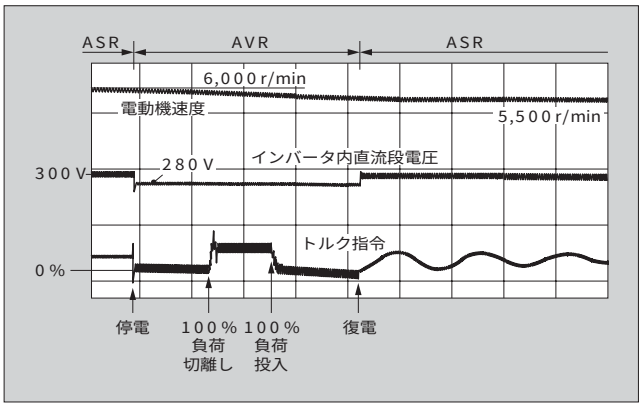
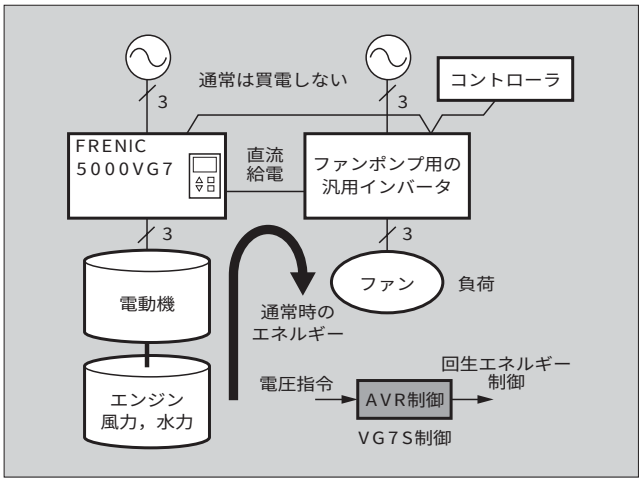


図４　動力エネルギー回生システム



本システムはエンジンや風力，水力などの余剰な動力エネルギーを電気エネルギーに変換して，ファンやポンプなどの負荷に供給するもので，次のような特徴がある。

(1)　エネルギーを，電動機を介して常に回生できるように電圧制御を行う。

(2)　システムとして買電を避けるため，負荷が動力エネルギー×総合効率（機械，電動機，インバータ効率）を上回らないようにコントローラが監視する。

3　変速機試験装置への応用

3.1　試験装置の概要

本システムは，車体慣性とエンジンの動きを電動機によって模擬するもので，次の特徴がある。

(1)　エンジンが発生する複雑な振動パターンを再現できる機能（振動模擬機能）により，実際に近い環境で試験ができる。

(2)　電気的に電動機の慣性を変えることができる機能（慣性模擬機能）により，慣性が固定である従来のフライホイール（機械慣性）に比べ多様な試験が行え，加速・減速工程の時間短縮が図れる。

図５に今回納入した変速機試験装置の概要を示す。

出力軸電動機が車体慣性を模擬し，入力軸電動機がエンジンを模擬するシステムである。

図５　変速機試験装置の概要

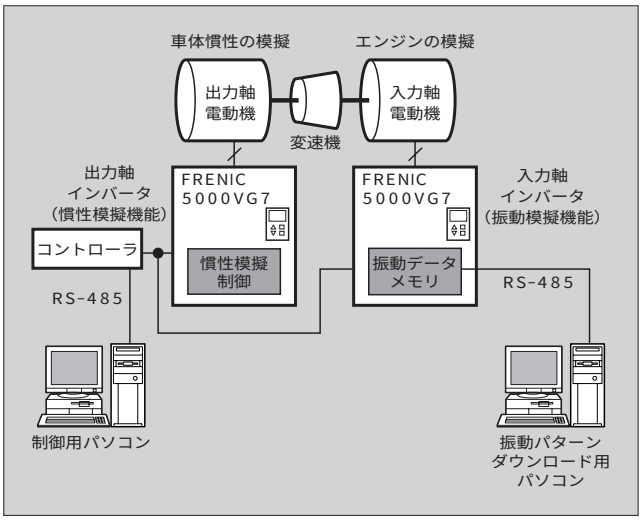


図６　エンジン計測データの周波数スペクトル

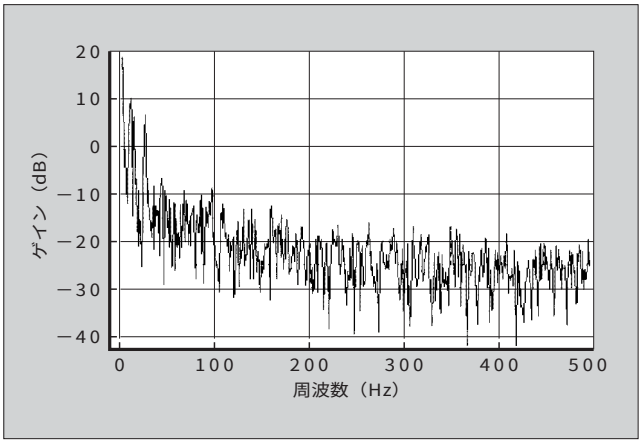
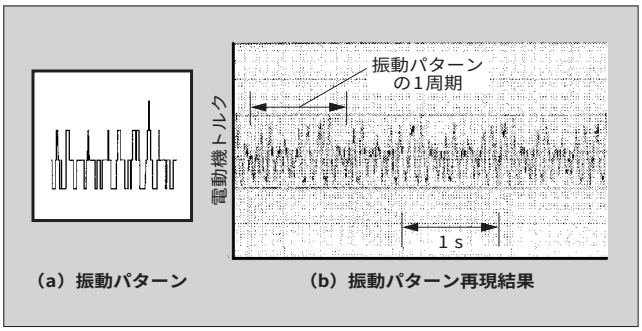


図７　振動模擬結果



3.2　振動模擬

図６は，実際のエンジン計測データを高速フーリエ変換した結果である。模擬する周波数帯域を最大 500 Hz とし，このデータから振動パターンを作成している。

図７に，**図６**の周波数スペクトルで表される振動パターンをダウンロードし，振動模擬を行った結果を示す。**図７**(a)がダウンロードした１秒間の振動パターン（エンジン計測データ）で，同図(b)がその繰返し再現結果である。

図８　慣性模擬の制御ブロック図

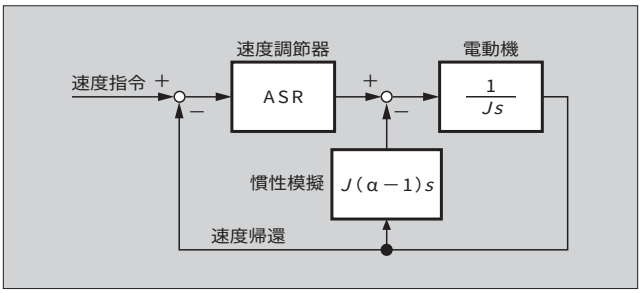
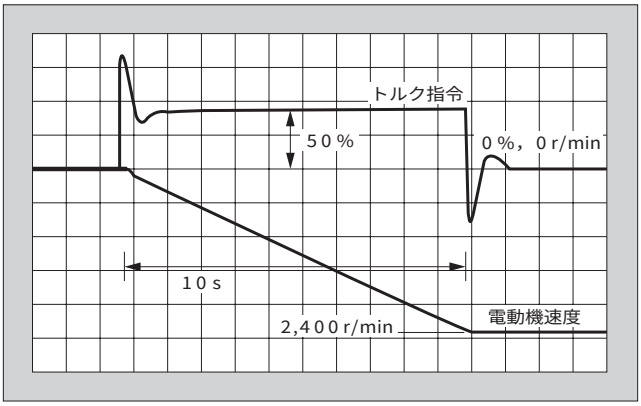


図９　慣性模擬結果（α＝２）



3.3　慣性模擬

慣性模擬の制御ブロック図を**図８**に示す。

慣性模擬とは電動機の速度応答が模擬したい慣性の場合と同一になるようにするもので，電動機速度帰還の時間変化率に，電動機＋機械慣性（J）と係数（**α**－１）を乗じて演算したトルクを速度調節器（ASR）出力に加算（減算）することで実現している。設定操作は次のように行う。

○ **α**＝１：電動機＋機械慣性のみ
○ **α**＜１：電動機＋機械慣性よりも小さい慣性を模擬
○ **α**＞１：電動機＋機械慣性よりも大きい慣性を模擬

図９に慣性比**α**＝２の場合の加速結果を示す。100％のトルクで2,400 r/min まで加速させた場合，**α**＝１では５s で加速するところ，２倍の慣性を模擬しているためにほぼ２倍の時間（10 s）で加速することになる。

4　クレーン装置への応用

4.1　同期位置制御

クレーン巻上装置用インバータを納入した。本システムは巻上装置２台で上下搬送するシステムであり，次の特徴がある。

(1)　２台の電動機のパルス列同期制御に，巻上ロープの伸びなどで生じる位置ずれを補正するため，各巻上装置の機械部にセンサを設け，２台の位置関係をリアルタイムに自動補正する。

(2)　位置補正量は電源オフでも記憶されており，同期位置を保持することができる。

図10　クレーン巻上装置の構成例

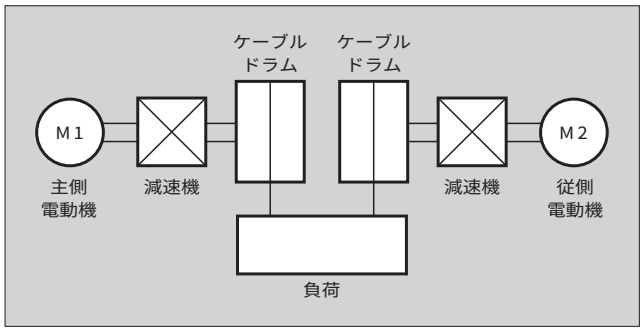


図11　トレースバックシステムの概要

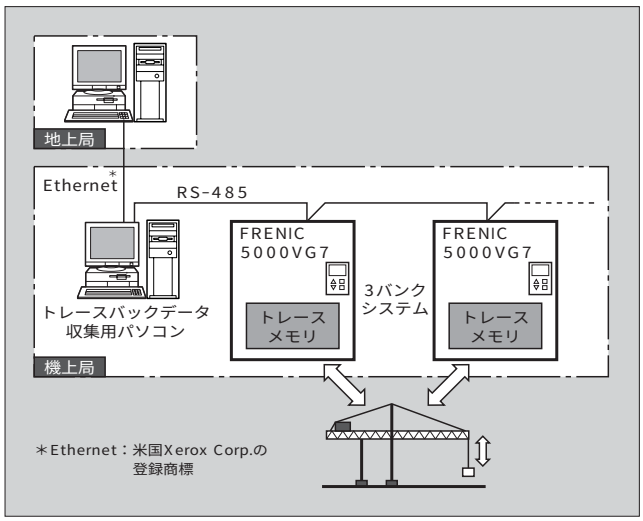


表１　トレースバック条件

項　目	単位	最小値	最大値
バ　ン　ク　数	──	1	3
サンプリング時間	ms	1	10
全　計　測　時　間	ms	500	1,500
トリガ前計測時間	ms	0	1,500

図10にクレーン巻上装置の構成例を示す。

4.2　トレースバックシステム

港湾用クレーンの稼動状態を監視し異常時のデータ解析を支援するトレースバックシステムを納入した。本システムは，VG7S と UPAC，パソコンから構成され，次の特徴がある。

(1)　地上局と機上局からなるシステムで，地上局に設置されたパソコンから機上局にある複数台の VG7S の稼動状態を一括監視できる。

(2)　異常発生をトリガにして各種データが自動保存される。パソコンは異常発生時にだけ接続すればよい。

図11にトレースバックシステムの概要を示す。

トレースバックできるデータは，速度設定，速度検出，電動機出力など 20 項目の中から最大８項目を選択できる。また，**表１**のトレースバック条件を設定することでさまざ

図12　ワードレオナードシステム構成例

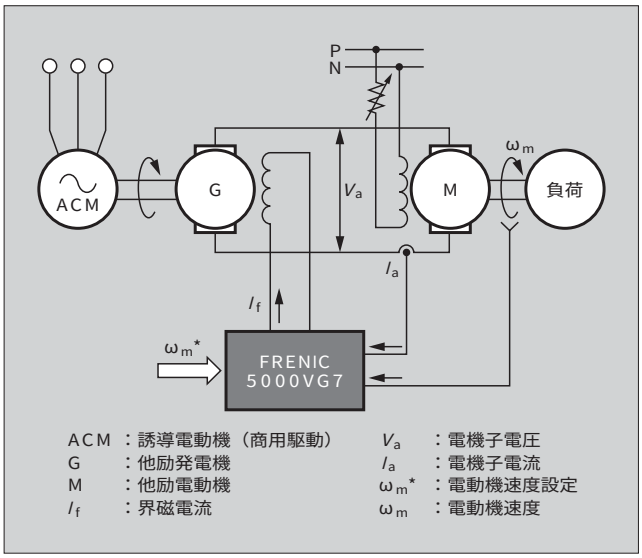
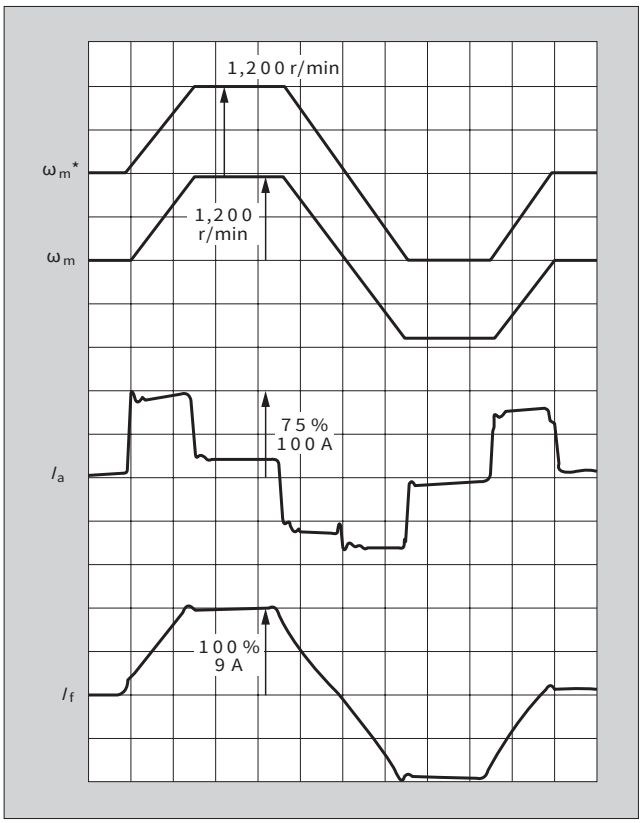


図13　運転データ



まな用途に応じたトレースバックを実現できる。

5　直流機駆動への応用

ワードレオナード方式は直流電動機の電圧制御として古くから用いられているものである。**図12**にシステム構成例を示す。ここでは，他励電動機（M）に他励発電機（G）を電気的に接続し，誘導電動機（ACM）と直結しているGの界磁電流（I_f）をVG7Sで調節することにより，電機子電流（I_a）を操作して電動機のトルクを制御している。さらに，電動機速度（ω_m）フィードバックにより速度制御を行っている。本システムは旧システムからの置換えのために納入したものである。

図13は実際の組合せにて定格速度まで加減速運転したときの動作を示す。電動機速度設定（ω_m^*）によりI_aとI_fが立ち上がる。I_fはω_mに応じて電機子電圧（V_a）を発生させるように制御されており，I_aは電動機の加減速パターンに沿って制御されている。

6　あとがき

以上，高性能ベクトル制御インバータFRENIC5000VG7Sの制御技術の応用例についてその概要を紹介した。

今後も，柔軟性のあるディジタル制御システムを生かして，誘導機，同期機，直流機の駆動はもとより，UPACを利用したアプリケーションの開発など，さまざまな機能，性能を実現し，ユーザーに満足いただけけるインバータの開発に努力していく所存である。

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)　長尾義伸ほか．一般産業用交流可変速駆動装置 FRENIC 5000VG3．富士時報．vol.64, no.10, 1991, p.639-645.
(2)　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.
(3)　吉田雅和ほか．大容量電力変換器．富士時報．vol.70, no.12, 1997, p.634-637.
(4)　金沢直樹ほか．高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC 5000VG7S」用オプションカード「UPAC」の適用例．富士時報．vol.74, no.7, 2001, p.394-399.

新型業務用加熱インバータ

白石　博隆（しらいし　ひろたか）　**角垣　隆宣**（かどがき　たかのぶ）　**白木　敏明**（しろき　としあき）

1　まえがき

ここ2，3年，住宅用（家庭用）電磁誘導加熱（IH：Induction Heating）調理器が急速に普及している。これは安全性，便利さに加え，電力会社の電化推進キャンペーンや家電メーカーの家電品における新たな三種の神器としてIH調理器を組み入れた戦略を展開していることによるものである。

また，これらの流れに呼応して業務用加熱インバータも世の中の食の安全という動きの中で，最近ますます大量調理用などの業務用調理機器に使用されるようになってきた。すなわち衛生管理方式にHACCP（Hazard Analysis and Critical Control Points）という概念を取り入れる傾向が強く，厨房（ちゅうぼう）室などの食材保管の温度や湿度の管理が徹底され，さらに細菌増殖を促す二酸化炭素の発生が抑制できることでこの概念と完全に一致することとなる。この理想的な環境を容易に構築する手段がIH化であると考えられている。

本稿では，今後さらなるIH化が進むと予想される業務用加熱インバータにおいて，新型2.5 kW加熱インバータを開発したので以下にその概要を述べる。

2　新型2.5 kW業務用加熱インバータの特徴

2003年4月に新型業務用加熱インバータとして2.5 kWのHFR2.5K11A-7を発売した。

今回開発した新型2.5 kW業務用加熱インバータは，下記の特徴を備えている。

2.1　軽量化

HFR2.5K11A-7は，これまでのビルトイン型業務用レストラン向けHFR025R7A-7の後継機種として開発した製品である。したがって，現行品との互換性を重視した設計としており，電源仕様，外形寸法，取付け形状などは同一としている。なお，冷却構造やフィルタ構成の最適化，加熱コイルの電磁界解析による最適設計を行い，加熱インバータ本体の軽量化を図った。これにより富士電機の現行品に比べて質量で約20 %の軽量化を実現した。

図1に今回開発した新型2.5 kW業務用加熱インバータ本体の外観を示す。また，**図2**にレストランのテーブルな

図1　HFR2.5K11A-7本体の外観

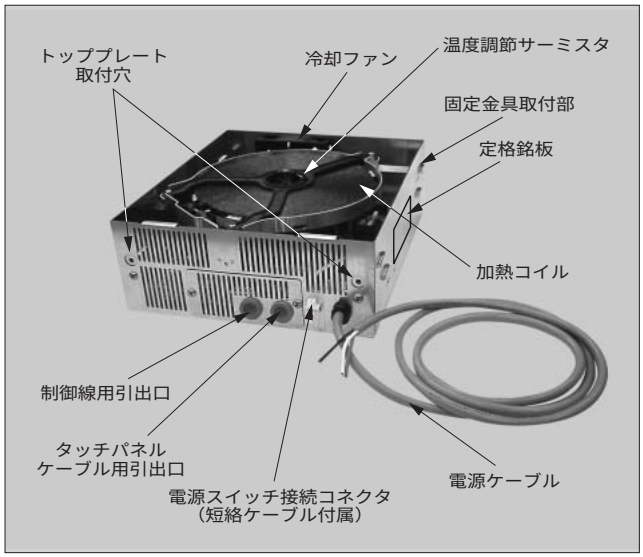


図2　ビルトイン型新2.5 kW加熱インバータシステムの外観

白石　博隆

加熱用インバータの開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター　設計部マネージャー。

角垣　隆宣

加熱用インバータの開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター　設計部。

白木　敏明

加熱用インバータの開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター　設計部。

どにビルトインする場合の構成として，オプションのトッププレートおよびタッチパネルを含めた外観を示す。

2.2　高信頼性の実現

本製品においては，現行品のアナログ制御回路を 16 ビットマイコンによりディジタル化することで，部品点数を減らし機器の信頼性を高めている。また，本体とタッチパネルとの間をシリアル通信で結び加熱インバータの状態表示や制御を行っており，この通信方式においてもパソコンなどで一般的に使用されるようになった非同期式（調歩同期半二重方式）を採用することで信頼性の向上を図っている。さらにノイズフィルタの最適設計によりノイズの低減を図り，冷却構成・構造の最適化による使用温度範囲の拡大で高温環境に対応し，厨房環境内でも安心して使用できる製品として，信頼性を高めている。

2.3　高性能・多機能化

16 ビットマイコンによるオールディジタル制御の採用により，安定した検出・制御による加熱性能の改善（推奨鍋での安定した加熱特性を確保）を実現し，きめ細かな火力（パワー）設定，温度設定（1 %または 1 ℃刻みでの設定）を可能とした。さらに多機能化に関しては，本体にアナログパワー設定機能としてボリューム入力，電圧設定入力，および電流設定入力を選択できる端子台を設け，そのほかにオプション機能としてアナログ出力（パワー表示），4 接点入力（ファンクション設定によりオンオフ入力，リセット入力など 9 個の機能から選択可），接点出力（リレー出力で一括アラーム，加熱中などの状態表示をファンクション設定により選択可）や通信機能（RS-485 通信）が I/O 基板に装備できるようにした。また今後の業務用新シリーズとして統一した形でのファンクション設定を実現し，ファンクションとして 200 ～ 300 アイテムを割り付けることで多段電力設定，多機能温度設定，ならびに多くの保護機能，モニタ機能が使用できるなど多数の機能を追加している。なお，タッチパネルとしては簡易パネルのほかに高機能パネルを準備しており，さらに適用範囲を広げる努力をしている。

3　業務用加熱インバータの仕様

表 1 に新型機種と現行機種の主な仕様を対比して示す。

先に述べたように新型機種 HFR2.5K11A-7 は，現行機種 HFR025R7A-7 の後継標準機種という位置づけのため互換性重視の設計となっている。ただし，**表 1** に示すように顧客の使い勝手や組み込みやすさを考慮して使用温度範囲の拡大，質量の軽減，待機電力の規定や加熱特性の改善などの改良を加えている。

図 3　回路構成と基本接続図

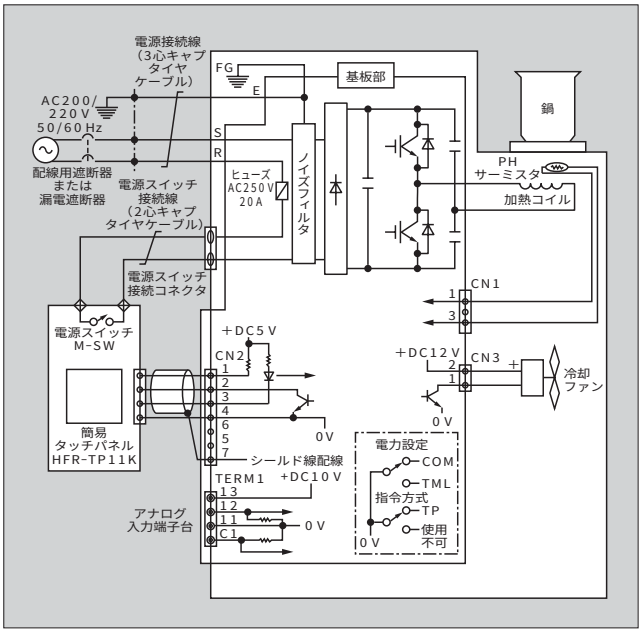


表 1　新旧機種の仕様比較

要目，項目 ＼ 型　式		新型機種	現行機種	備　考
		HFR2.5K11A-7	HFR025R7A-7	
電源仕様	相/電源電圧	単相・200/220 V±10 %，50/60 Hz		現行品と同等
	所要電源容量	3.3 kVA		現行品と同等
	待機電力（定格電圧時）	0.1W以下（SW：オフ） 9 W以下（SW：オン）	—	現行品規定なし
加熱仕様	定格消費電力	2.5 kW±10 %		現行品と同等
	電力調整範囲	定格電力の4～100 %（1%刻みで設定可）	定格の10～100 %	とろ火，省電力
	制御方式	周波数可変制御による入力電力一定制御	出力γ角位相制御による入力電力一定制御	制御性向上
		オールディジタル制御	アナログ制御	
形　状	外形寸法	W250×D290×H95.8（mm）		現行品と同等
	質　量	約3.5 kg	約4.4 kg	加熱コイル，フィンの軽量化
使用環境	周囲温度	－10～＋50 ℃	－10～＋40 ℃	厨房環境使用可
追加機能	自動温度調節	1℃刻みによるPID/オンオフ制御内蔵	保温・揚物固定温度調節	制御性向上 簡易パネルで5段階調節

図４　加熱コイルの電磁界解析例

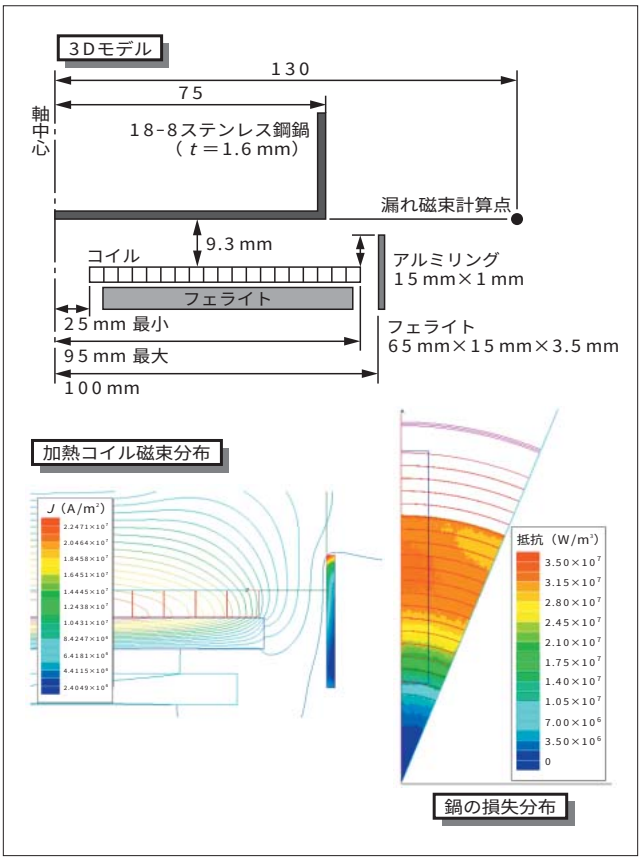


図３に回路構成と基本接続図を示す。

電源入力部は電源スイッチを挿入できる構成としているが，一般的に商用電源との接続には配線用遮断器や漏電遮断器の使用を推奨する。また火力（パワー）調整にボリューム（可変抵抗器）やアナログ入力の選択も可能である。さらにノイズフィルタを内蔵しているので，雑音端子電圧や漏れ電界強度に関しても「電気用品安全法」ならびに「電波法」の基準に準拠している。

4　課題解決の取組み

今回の開発に関連して，いろいろな課題を解決するために各種シミュレーション技術を活用しており，その使用例を以下に紹介する。

図４に加熱コイルを最適設計するために電磁界解析により磁束の分布などを解析した例を示す。これらの解析を基に加熱コイルの周りにアルミリングを配置することで漏れ電界強度の低減を可能とし，コイルの巻数，ギャップ長，フェライトの配置などの加熱力への影響・傾向解析により加熱特性の改善を図り，適用鍋などの応用範囲を広げるための取組みを行っている。また，冷却ファンによる冷却風の流れを解析することでファンとフィンの配置や構造を最適化して冷却能力の向上を図るなど，二次元ならびに三次元でのシミュレーション解析を実施している。

5　あとがき

本稿では，最近開発を完了した新型業務用 2.5 kW 加熱インバータ（HFR2.5K11A-7）の概要を紹介した。

本シリーズは，2.5 kW から 20 kW または 30 kW までをシリーズ化するもので，順次開発を進める計画である。

世の中の環境保全や衛生管理が徹底するにつれて IH 化が活発になってきており，今後とも業務用加熱インバータの開発ならびに応用開発拡大に努力していく所存である。

参考文献

(1)　松永哲夫，中井勝．IH インバータの応用．富士時報．vol.74, no.7, 2001, p.409-411.

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。

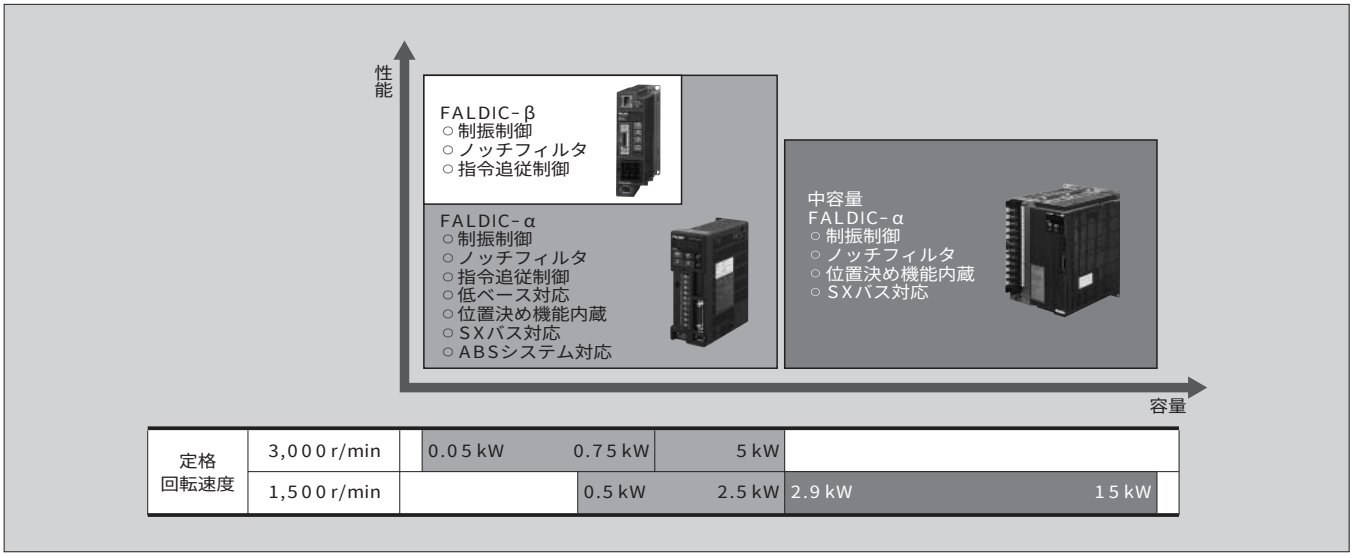
中容量シリーズは，FALDIC-αシリーズの特徴を踏襲することによって，同容量領域の従来機種である「FALDIC-IM シリーズ」に対し大幅な機能・性能アップを図った。

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

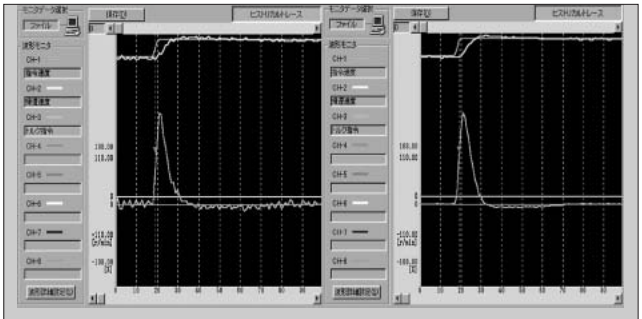


図３にノッチフィルタを使用しない場合と，使用した場合のトルク指令波形の例を示す。あらかじめサーボアンプにパラメータとして共振点の周波数とその減衰量を設定することによって，共振によるトルク指令の振動成分が大幅に抑制できている。

(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

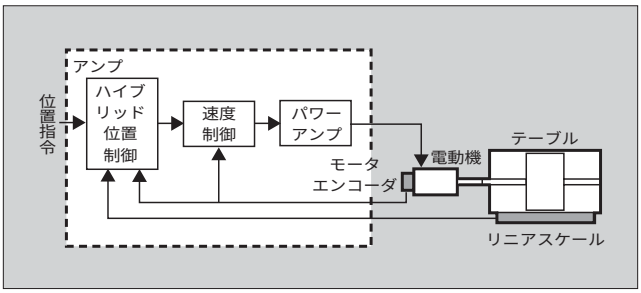
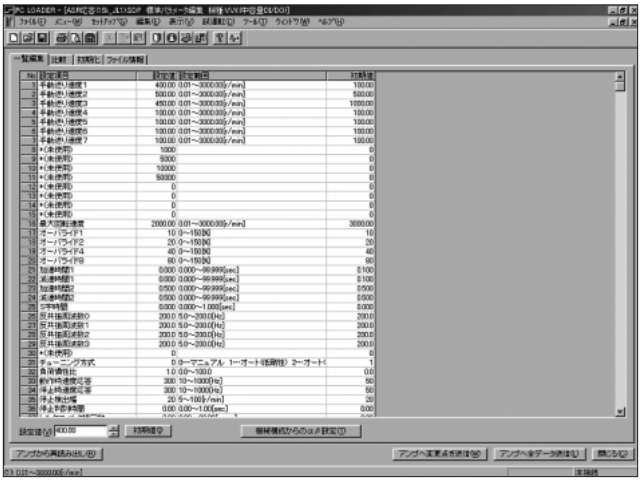


図５　パソコンローダ画面



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。

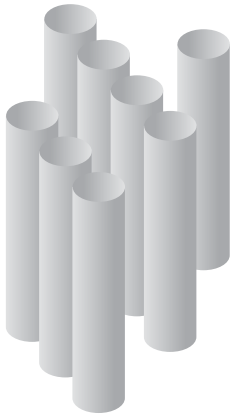
4　あとがき

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.



統合コントローラ「MICREX-SX」によるモーションコントロールシステム

富永　保隆（とみなが　やすたか）　有薗　義博（ありぞの　よしひろ）　羽鳥　秀夫（はとり　ひでお）

1　まえがき

モーションコントロール（MC）の分野では，複雑な連続位置決め，制御軸数の増大，扱いやすさの向上などの要求がある。このような要求に対応するため，統合コントローラ「MICREX-SX」とサーボシステム「FALDIC-α」を組み合わせた，モーションコントロールシステムを構築するための MICREX-SX 用 MC モジュールを開発した。

MC モジュールは 8 軸の FALDIC-α を制御し，最大 2,500 ステップのユーザー作成のモーションプログラムで複雑な連続位置決め制御を実現する。モーションプログラムは，コマンド，目標位置，速度などを表形式で容易に記述できる。また，モーションコントロールとシーケンス制御を別々に開発，管理するので，モーションコントロールの設定，変更が多いシステムの開発，保守に最適である。

本稿では MICREX-SX の MC モジュール，FALDIC-α を組み合わせたモーションコントロールシステムの特徴と，その特徴を生かした適用例について紹介する。

2　システム構成

MC モジュールを用いたモーションコントロールシステムは，MC モジュール，MC 支援ツール，ティーチングボックス，および FALDIC-α で構成される。**図 1** にモーションコントロールシステムの構成を示す。

(1)　MC モジュール

ユーザーが作成したモーションプログラムに従って，各軸の位置データを計算し FALDIC-α に出力する。最大 8 本のモーションプログラムを同時に実行することができる。

(2)　MC 支援ツール

MC モジュールで使用するパラメータやモーションプログラムを作成する。また，モーションプログラムの試運転や，現在位置などをモニタする。

(3)　ティーチングボックス

ハンディ型プログラマブル操作表示器（POD）に専用ソフトウェアをダウンロードすることで，現在位置のモニタや，モーションプログラムのティーチングを行う。

(4)　サーボシステム

MC モジュールから出力した位置データに従ってサーボモータを制御する。

図 2 にモーションコントロールシステムのソフトウェア

図1　モーションコントロールシステムの構成

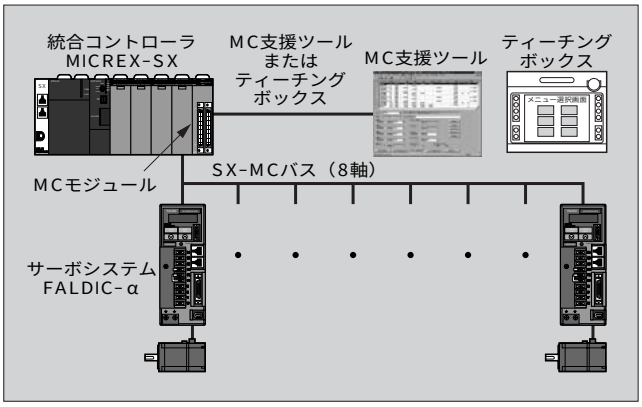
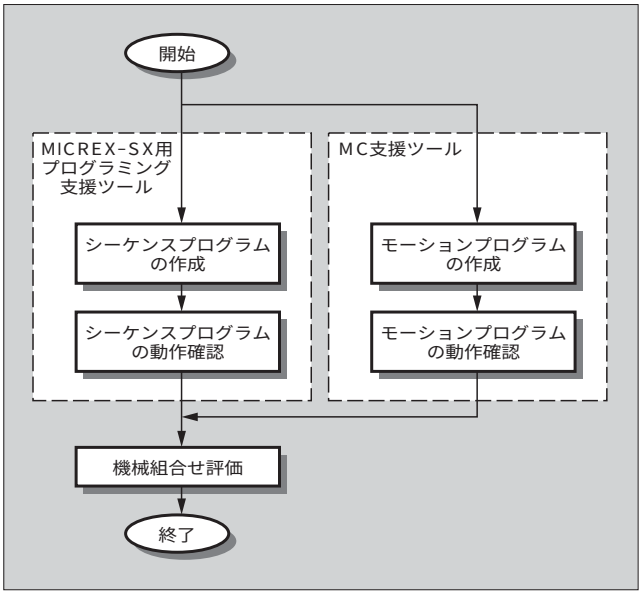


図2　ソフトウェア開発手順



富永　保隆

サーボシステム用位置決め装置の開発設計に従事。現在，機器・制御カンパニー インバータ開発生産センター 設計部担当課長。情報処理学会会員。

有薗　義博

サーボシステム用位置決め装置の開発設計に従事。現在，機器・制御カンパニー インバータ開発生産センター 設計部。

羽鳥　秀夫

サーボシステム用位置決め装置の開発・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。

開発手順を示す。MC 支援ツールで作成するモーションプログラムは，MICREX-SX のシーケンスプログラムと独立して作成することができる。また，作成したモーションプログラムは，シーケンスプログラムがなくても MC 支援ツールから起動し，動作を確認することが可能である。したがって，モーションコントロールの変更，段取り変更が多いシステムの開発，保守を容易に行える。

3　MC モジュール

MC モジュールは，MICREX-SX のベースボードに実装され，FALDIC-α と高速シリアルバス（SX-MC バス）で接続する。**表 1** に MC モジュールの基本仕様を示す。

(1)　制御軸数

SX-MC バスを介して 8 軸の FALDIC-α を制御する。SX-MC バスは SX バスアーキテクチャを継承した MC モジュールのシステムバスであり，MC モジュールと FALDIC-α 間のデータ伝送を高速に行う。

(2)　位置決め制御

4 軸までの直線補間動作，2 軸の円弧補間動作，および PTP（Point to Point）位置決めを行う。

(3)　モーションプログラム

最大 500 本，合計 12,500 ステップのモーションプログラムを登録できる。1 本のモーションプログラムは最大 2,500 ステップの記述が可能であり，複雑な連続位置決め制御を容易に実現できる。

4　MC 支援ツール

MC 支援ツールは，パソコン上で動作し，単独，あるいは MC モジュールに接続して使用する。単独でパラメータやモーションプログラムを作成した場合，その結果をパソコン内に格納する。また，MC モジュールと接続した場合には，MC モジュールへのダウンロード，あるいは MC モジュールからのアップロードが可能である。

表１　MCモジュールの基本仕様

項　目	仕　様
制御軸数	8軸/モジュール
最大位置データ	−2,147,483,647～2,147,483,647
制御演算周期	2ms（4軸制御）から
制御機能	PTP，補間
補間機能	4軸までの直線補間，2軸の円弧補間
プログラム形態	表形式
同時実行プログラム数	最大8本
格納プログラム数	最大500本
プログラムサイズ	最大2,500ステップ/プログラム 最大合計：12,500ステップ
組合せアクチュエータ	サーボシステム　RYS□□□S3-VSS形式 （富士電機製）
アクチュエータ インタフェース	SX-MCバス（25MHz）
占有ワード数	入力28ワード，出力28ワード

4.1　パラメータ編集機能

パラメータは機能ごとに分類されており，パラメータごとの編集画面で編集する。**図 3** に入出力選択パラメータ編集画面の例を示す。

(1)　入出力選択パラメータ

MC モジュールには多くの入出力データがあり，モーションコントロールの内容によって，必要な入出力データが異なる。本パラメータは，MC モジュールで使用する入出力データを設定する。

(2)　軸制御標準パラメータ

各軸を制御するためのパラメータであり，パルス補正係数や回転方向切換，オーバートラベル範囲などを設定する。

(3)　補間運転パラメータ

モーションプログラムによる運転を制御するためのパラメータであり，モーションプログラムで使用する軸や補間運転の加減速時間などを設定する。

4.2　モーションプログラム編集機能

図 4 にモーションプログラムの例を示す。モーションプログラムは，コマンド，位置データ，速度データなどを表形式で記述するので容易に作成することができる。

表 2 にモーションプログラム記述に使用できるコマンドを示す。コマンドは位置決め制御を行う動作命令，四則演算を行う演算命令，条件分岐などの制御命令，サブプログラムの読出しなどのプログラム制御命令で構成される。モーションプログラムはこれらのコマンドを組み合わせて，位置決め制御，位置や速度の計算，分岐制御などを行う。

図 5 にモーションプログラム編集画面の例を示す。コマンド入力欄のプルダウンメニューからコマンドを選択すると，そのコマンドで入力すべきデータだけが入力可能になる。そして，入力可能なデータ欄に値を設定することでモーションプログラムを作成する。

図 6 に示すように，作成したモーションプログラムは

図３　入出力選択パラメータ編集画面の例

図４　モーションプログラムの例

No.	コマンド	指令	モード	X軸	Y軸	Z軸	U軸	中心1(半径)	中心2	速度	タイマ	Mコード	平面
1	原点復帰	INC	停止	0	0							5	
2	早送り	ABS	停止	0	0							11	
3	直線補間	INC	継続	100000	100000					50000		12	
4	直線補間	INC	継続	100000	-100000					50000		13	
5	直線補間	INC	継続	-100000	-100000					50000		14	
6	直線補間	INC	継続	-100000	100000					50000		15	
7	円弧CW半径	INC	継続	200000	0			100000		50000		16	X-Y 平面
8	円弧CW半径	INC	継続	-200000	0			100000		50000		17	X-Y 平面
9	早送り	ABS	停止	0	0							18	
10	ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ終了												
*11	ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑｴﾝﾄﾞ												

表２　モーションプログラムのコマンド一覧

分　類	コマンド	機　能
動作命令	早送り	早送り位置決め動作
	原点復帰	原点復帰動作
	割込み	割込み位置決め動作
	直線補間	直線補間動作
	円弧CW中心点	中心点指定の円弧補間動作
	円弧CCW中心点	
	円弧CW半径	半径指定の円弧補間動作
	円弧CCW半径	
演算命令	演算式：＋	値の加算
	演算式：－	値の減算
	演算式：×	値の乗算
	演算式：÷	値の除算
制御命令	無条件分岐	無条件分岐のジャンプ
	条件分岐：＝	値が等しいときジャンプ
	条件分岐：≠	値が等しくないときジャンプ
	条件分岐：＞	値が大きいときジャンプ
	条件分岐：＜	値が小さいときジャンプ
	条件分岐：≧	値が比較値以上のときジャンプ
	条件分岐：≦	値が比較値以下のときジャンプ
	ラベル	分岐先ステップを示すラベル
プログラム制御	CALL	サブプログラム呼出し
	RET	サブプログラム終了
	プログラム終了	プログラム終了
	プログラム先頭待機	プログラム終了後，先頭で待機
	プログラムエンド	モーションプログラムの最後

CSV（Comma Separated Value）形式のファイルでパソコンに保存されるので，MC 支援ツール以外に，表計算ソフトウェアやテキストエディタで編集できる。したがって，表計算ソフトウェアを使用し，CAD（Computer Aided Design）で作成した位置データをコピーすることでモーションプログラムを作成することが可能である。

4.3　試運転機能

試運転機能は，手動運転やモーションプログラムによる自動運転を行う機能である。**図７**に自動運転時の試運転画面の例を示す。自動運転では，現在実行中のモーションプログラムのステップを表示する。本機能を使用することで，シーケンスプログラムがなくてもモーションプログラムを MC 支援ツールから起動し，動作を確認することができる。

図５　モーションプログラム編集画面の例

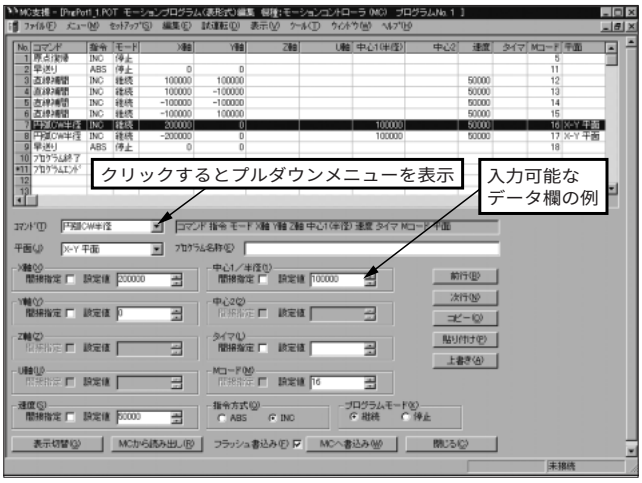
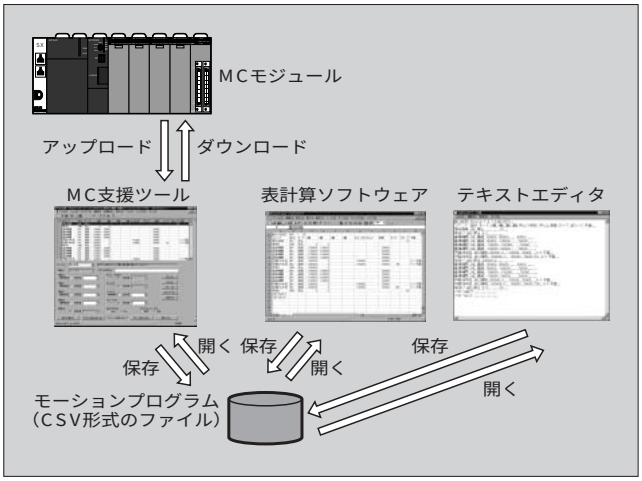


図６　モーションプログラムのファイル連携



4.4　モニタ機能

モニタ機能は，MC モジュールの入出力データの値や現在位置などをモニタする機能である。

図７　試運転画面の例

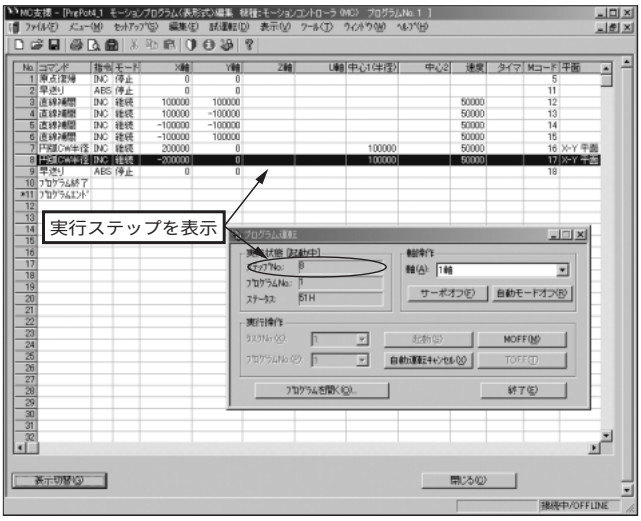
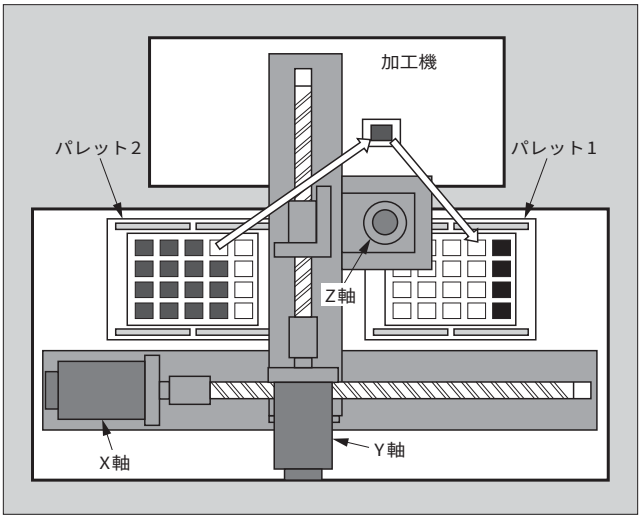


図８　取出しロボットの概要



5　取出しロボットへの適用例

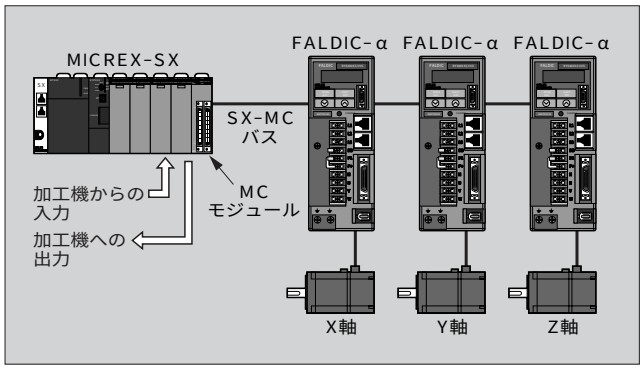
5.1　装置の概要

加工機から加工の終了した部品を取り出し，パレットに整列し，新たな部品をパレットから加工機に供給する取出しロボットへの適用例を述べる。

図８に取出しロボットの概要を示す。パレット１には加工が終了した部品，パレット２には加工前の部品が置かれている。取出しロボットは加工が終了した部品を加工機からパレット１に移し，加工前の部品をパレット２から加工機にセットする。パレットには多数の部品が置かれており，部品の加工が終了するごとに上記動作を行う。

図９に制御装置の構成を示す。取出しロボットは MICREX-SX の MC モジュールと，X 軸，Y 軸，Z 軸の動作を制御するための FALDIC-**α**とで構成されている。加工機への加工開始指令や加工終了信号は MICREX-SX の

図９　制御システムの構成



ディジタル出力モジュール，ディジタル入力モジュールを介して MICREX-SX が制御する。

5.2　取出しロボットの要求と MC モジュールの適用

(1)　エンドユーザーでのモーションプログラム作成

部品の種類によって移動軌跡が異なるため，エンドユーザーがシーケンスプログラムを修正せずに，モーションプログラムを容易に作成できることが要求される。

モーションプログラムは，シーケンスプログラムと独立して作成でき，シーケンスプログラムを修正する必要はない。また，表の中のコマンドを選択し，位置データや速度データを設定することで，補間運転や複雑な連続位置決め制御を容易に記述できる。

(2)　複数の動作パターンの登録

複数のモーションプログラムをあらかじめ登録し，部品の種類に応じてモーションプログラムを選択し，実行できることが要求される。

MC モジュールでは最大 500 本のモーションプログラムを登録することができ，シーケンスプログラムから指定したモーションプログラムを実行することができる。

(3)　位置決めの連続実行

加工機とパレット間の移動を直線補間と円弧補間を組み合わせたモーションプログラムで実行すると，ハンド先端は常に同じ速度となり，部品をスムーズに移動できる。

取出しロボットへの適用では，MC モジュールの特徴を生かし，エンドユーザーでのモーションプログラムの作成，複数の動作パターンの登録，連続位置決めを実現した。

6　あとがき

MC モジュールを用いたモーションコントロールは，複雑な連続位置決め制御の開発，保守を容易に実現する。本稿では，MC モジュールの特徴とその適用例について説明したが，実システムへの適用の参考になれば幸いである。

今後は，モーションコントロール機能を一層充実させていくことにより，各種機械の自動化，高速化，高精度化の要求に応えていく所存である。

モーションコントロールシステムの適用事例

井本　博幸（いもと　ひろゆき）　富永　保隆（とみなが　やすたか）　相田　忠勝（あいだ　ただかつ）

1　まえがき

サーボシステムは当初，金属工作機械に適用されていた特殊なモータであったが，現在では印刷機械や半導体製造装置を含めた幅広い業種で採用されている。これは，サーボシステムの小型化，低価格化，高性能化で適用範囲が広がったことも一因であるが，環境に対する負荷の軽減（機械の軽量化，騒音の低減，廃油対策など）が目的で採用される事例も増加している。

サーボシステムは指令されたとおりに動作する駆動源の一つであるが，サーボアンプ側に1軸位置決め機能を内蔵したタイプ，高速シリアルバス経由で複数のデータを送受信できるタイプなどが開発され，機械に最適なモーションコントロールシステムを選択できる。

本稿では，富士電機の統合コントローラとサーボシステムを組み合わせたモーションコントロールシステムの特徴，適用事例について紹介する。

2　モーションコントロールシステム

統合コントローラ「MICREX-SX」（以下，SXと略す）と高性能サーボシステム「FALDIC-α」（以下，FALDICと略す）を組み合わせることで，3種類のモーションコントロールシステムを選択できる。

これらの主な仕様比較を**表1**，システム構成を**図1**に示す。

2.1　FB方式によるモーション制御

SXのCPUモジュールは32ビット専用OS，32ビット実行プロセッサを搭載し，最小の命令実行時間は20 nsである。FB（Function Block）方式ではCPUモジュールでモーションコントロールを実行する。

(1)　モーションプログラム

IEC規格の5言語の1種，FBの形態でCPUモジュールにプログラムされる。**図2**に1軸直線位置決め用FBの外観を示す。FBの「足」に起動条件の変数（BOOL型），位置指令値の変数（DINT型）を与えることでモーションコントロールが実行される。

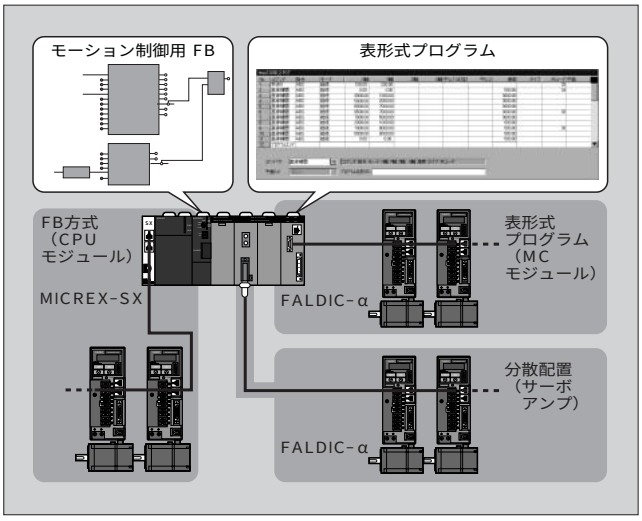
(2)　モーション制御

モーション制御用FBには，PTP（Point to Point）位置決め，位相合わせ，同期運転，電子カム制御などが提供

表1　モーション制御の仕様比較

項　目	FB方式	表形式プログラム	分散配置
モーション制御実行部	CPUモジュール	MCモジュール	サーボアンプ
最大制御軸数	20軸/モジュール	8軸/モジュール	31軸/1系統
マルチタスク	—	最大8タスク	—
プログラムツール	D300win	MC支援系/表計算ソフトウェア	サーボアンプ支援ツール
接続方式	パルス列/SXバス	MCバス	ネットワーク
モーション制御	同期運転，走行切断，PTP	直線補間，円弧補間	PTP
特　徴	○高速応答 ○専用位置決めモジュール不要 ○通信モジュール不要	○4軸直線補間/2軸円弧補間 ○連続軌跡制御 ○サーボシステム専用	○1軸ごとの独立制御 ○専用位置決めモジュール不要 ○分散配置可能

図1　モーションコントロールシステムの構成



井本　博幸

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 事業企画部リーダー。

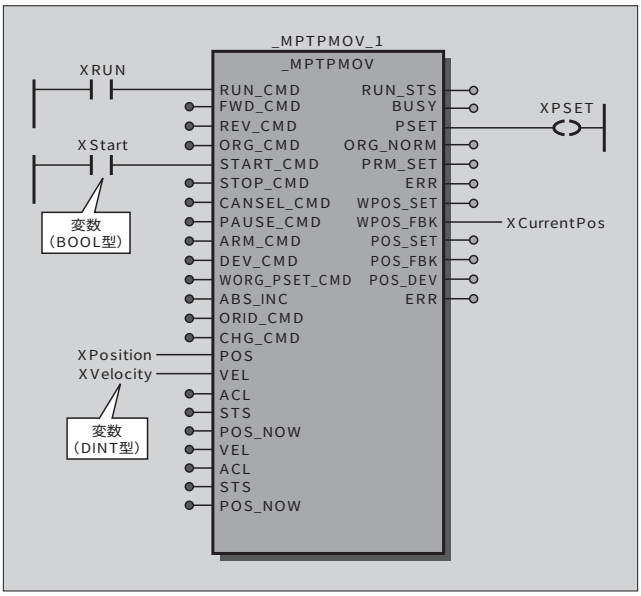
富永　保隆

サーボシステム用の位置決め装置の開発設計に従事。現在，機器・制御カンパニー インバータ開発生産センター 設計部担当課長。情報処理学会会員。

相田　忠勝

サーボシステムの汎用・専用位置決め装置の開発に従事。現在，機器・制御カンパニー技術統括部システム技術第一部担当課長。

図２　直線位置決め用 FB の外観（_MPTPMOV）



可能である。各種 FB とサーボシステムとを組み合わせることにより，軸ごとに制御内容が変更可能であり，従来は実現困難であったフレキシブルなシステム構築ができる。

2.2　表形式プログラムによるモーション制御

FB 方式ではモーションプログラムが CPU モジュールに内蔵されるため，制御軸数，制御周期およびプログラム容量から制約を受ける。このため，モーションプログラム容量の確保およびマルチタスク処理に特化した専用のモーションコントロール（MC）モジュールである。MC モジュールの詳細は本号の別稿（統合コントローラ「MICREX-SX」によるモーションコントロールシステム）を参照願いたい。概要は次のとおりである。

(1)　モーションプログラム

表形式と呼ばれる表計算ソフトウェアと同様の固定フォーマットで，最大 12,500 ステップのプログラム容量を持つ。

(2)　モーション制御

４軸直線補間/2 軸円弧補間のプログラムを連続して実行する。また，M コードによるインタロックが可能である。

2.3　サーボアンプの分散配置によるモーション制御

サーボアンプ側のネットワーク機能，モーションコントロール機能（直線位置決め，回転割出し機能）を使用し，SX からは位置指令値の転送，起動・停止のレベルで制御を実行する。

(1)　モーションプログラム

サーボアンプに内蔵された位置制御機能に依存するが，１軸単位の独立した PTP 制御である。

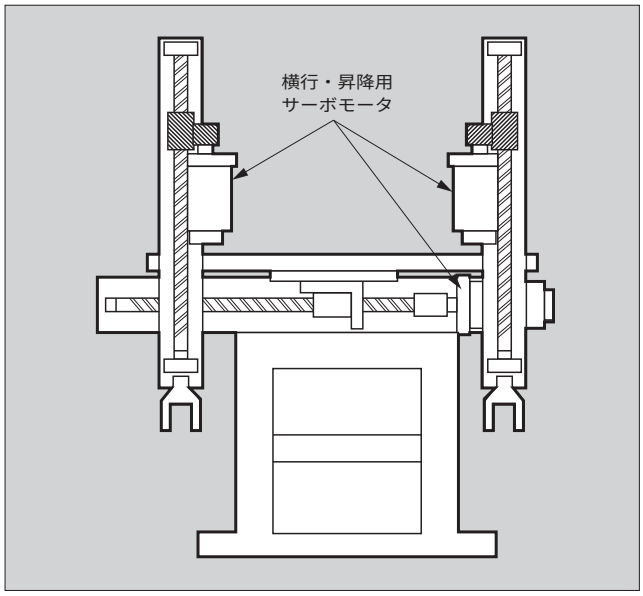
(2)　モーション制御

サーボアンプ側が位置制御を実行するため，制御軸数が増加しても SX の CPU の負担が少ない。このため軸の拡張が容易である。**表２**にネットワークの特徴を示す。

表２　ネットワークの特徴

名　称	特　徴
DeviceNet	制御機器間接続用オープンネットワーク
RS-485	汎用通信ネットワーク
Tリンク（富士電機）	総配線長1,000mのプライベートリンク
SXバス（富士電機）	25 MHzの高速シリアルバス

図３　搬送用ロボットの構成



3　適用事例

3.1　搬送用ロボット

搬送用ロボットは対象となる部品などのハンドリングを行う機械である。搬送用ロボットの構成を**図３**に示す。各軸は繰り返し同一の動作を行う場合が多く，高速な動作が要求される。軸制御は PTP 位置決めであり，目標とする位置は変更されるが PTP 以外の制御（同期運転や割込み位置決めなど）と混在することはない。このため，プログラムが高速，かつ，単一動作に最適な FB 方式を適用する。

SX システムは，他のプログラム開発用言語と同様に FB をコンパイルして実行するため高速制御が可能である。特定用途の搬送用ロボットでは１マシンサイクルで 200 ms 以下を要求されるが，SX のバスタクトは 1 ms 単位であるため十分に適用が可能である。

3.2　フィルム切断機

巻き取られたロールから連続して送られるフィルムを一定寸法に切断する機械を紹介する。従来はフィルムの送りロール，切断用ロールは機械的に連結されていたため，切断寸法を変更する場合には機械的な変速装置を必要としていた。

すべてのロールを独立したサーボモータで駆動し，位相合わせ，電子カム，同期運転 FB を適用しマーク付きの

フィルム定尺切断を可能とした。これは複数のモーション制御用 FB の中から必要な機能を抽出し，FB の「足」の接続を変更することで実現している。機械の構成を**図 4** に示す。

切断刃のロール径は一定であるが，切断時にはフィルム速度に同期，それ以外では正弦波状に変速して切断長を調節している。切断精度を向上させるため，複数のサーボアンプの制御周期を調節する高精度同期制御方式を採用している。また，フィルムの延びをマークセンサで検出し，切断長を自動補正する機能も搭載している。

図 4　フィルム切断機の構成

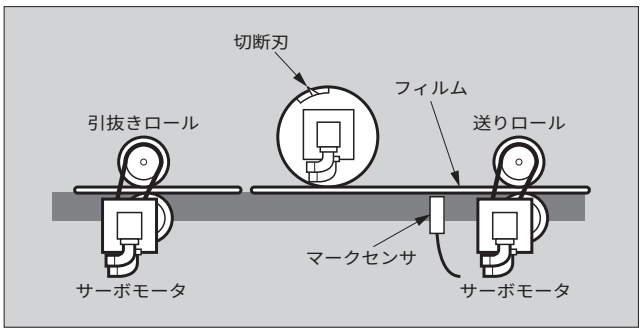
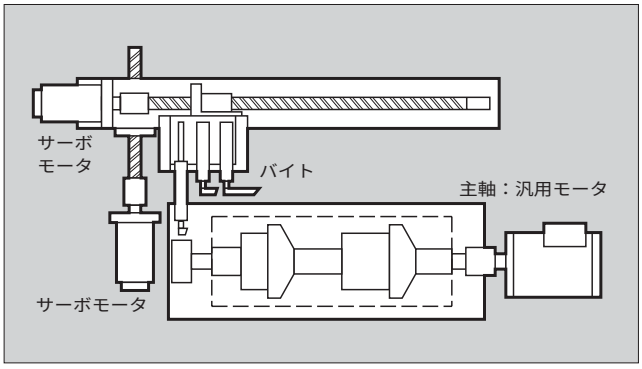


図 5　成形機の構成



3.3　成形機

成形機には各種の機械制御の方法があるが，一例としてバイトを移動させて切削する機械を紹介する。**図 5** に成形機の構成を示す。円筒の形状を回転させながらバイトを移動させ，傘が複数重なった形状に成形する。一般的に削り出しを行う機械では，プログラムステップの間で軸がいったん停止することは許されない。これは，速度継続または等速制御と呼ばれ，成形機では必須の機能である。

バイトの移動には 2 軸の直線補間と円弧補間を速度継続の状態で実行する。この形状の生成には数百ステップに及ぶ連続したプログラムが必要である。

表計算ソフトウェアで作成したプログラムを MC モジュールに格納し，CPU からの起動信号でプログラムの実行を開始する。また M コードを使用することで，バイトの変更指示をモーションプログラム側に記述することが可能である。

3.4　製本機械

製本機械は，束ねた用紙の背を削り，接着，後工程で表

図 6　製本機械の機構例

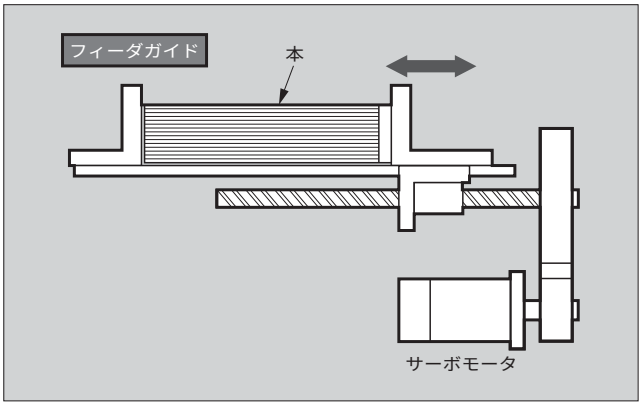
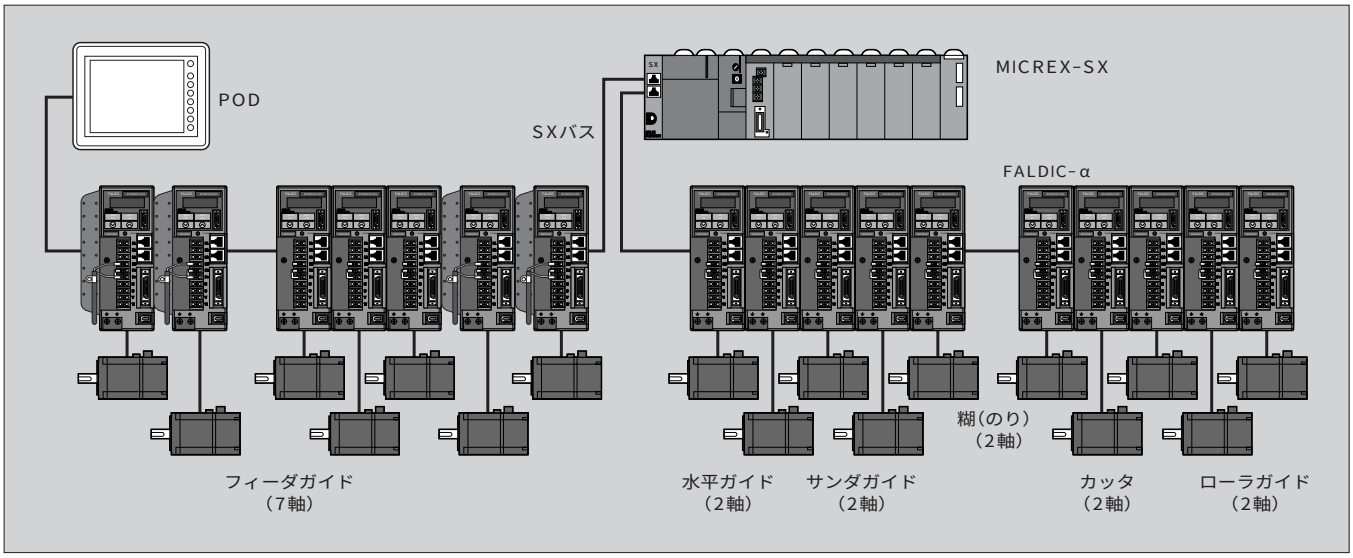


図 7　製本機械のシステム構成



紙を追加して，１冊の本に仕上げる機械である。各軸は本が通過するガイドとなる部分を主として位置決めするが，本のサイズが変更となるまで動作しない。この機械の機構例を**図６**に示す。本の仕上りサイズは各種あるが，POD（プログラマブル操作表示器）のボタン一つですべての軸が動作する。この機械では，SX バス直結タイプのサーボアンプ（直線位置決め機能内蔵）を約 20 台接続した。このため，一般的な位置決めモジュールなどは存在せず，配線作業の大幅な省力化を図ることができる。**図７**にシステム構成を示す。

大型機械に多いオプションとなる機構部分の追加およびモータの容量変更は，サーボアンプを追加・変更することで容易に可能である。

FALDIC シリーズでは，サーボアンプに電池を実装するだけで ABS（絶対位置管理）システム（479 ページの「解説」参照）を構成できる。

ABS システムを適用することで電源投入時に全軸とも原点復帰動作を行う必要がなく，機械の即時稼動が可能である。

4　あとがき

以上，SX システムをベースとしたモーションコントロールの適用事例について紹介した。SX システムでは複数のモーション制御方式を任意に組み合わせることができる。機械の処理能力アップ，セットアップ時間の短縮化などに伴い，モーションコントロールの適用分野はさらに拡大すると考える。富士電機では高速モーションネットワークの開発，サーボシステムのさらなる高速化，高分解能化でこれらの要望に対応していく所存である。

参考文献

(1)　相田忠勝ほか．コントローラのモーションコントロールシステムへの適用．富士時報．vol.75, no.12, 2002, p.677–682.

解　説　ABS（絶対位置管理）システム

停電時や瞬時停電時にもサーボモータの現在位置情報を失わないサーボシステムが ABS（absolute）システムと呼ばれる。現在位置情報が失われるのは INC（incremental）システムである。

「FALDIC-αシリーズ」ではサーボモータに ABS/INC 共用エンコーダが搭載され，サーボアンプに電池を装着すると ABS システムになる。従来は ABS エンコーダと INC エンコーダは別のものであり，サーボモータを入手するときに区別していた。モーションコントロールで現在位置情報を失わない ABS システムは優位性が高い。

ABS システムで現在位置情報を失わないことは有用であるが，回転量に制限がある。16 ビットエンコーダでは 65,536 回転以上移動させることができない。これは 1mm のボールねじを直結したと仮定すると 65,536 m に相当するので，機械の大きさ的には十分である。

INC システムでは電源の遮断で現在位置情報が失われるが，「原点復帰」動作を行うと座標系を再現できる。１軸あたりの原点復帰に必要な時間は 10 秒ぐらいなので 28,800 秒（8 時間）に比較すると 0.03 %である。また，INC システムでは回転体の駆動などで無限にモータを回転させることが可能である。

復電時に現在位置情報を再現できる ABS システムだが，上位コントローラの制御はやや複雑になる。各軸（機械）の位置は瞬時に取得できるが，他の油空圧機器の状態，複数軸の機械的干渉の有無などを１台の機械の中で判断しなければならない。その機械の前後に 10 台の別の機械がラインを構成していると，前後のハンドリング部分まで機械的干渉を考慮する必要がある。

復電時に機械を動作させないで現在位置を取得できることは，安全上重要である。

大容量 UPS「UPS6000D-3 シリーズ」

山本　　弘（やまもと　ひろし）　　幸林　久詩（こうばやし　ひさし）　　池田　健一（いけだ　けんいち）

1　まえがき

無停電電源装置（UPS）は，高度情報化社会を支えるインフラストラクチャーとして，情報機器の発展とともにさまざまな分野に浸透してきている。

大容量 UPS は金融機関のオンライン業務，アウトソーシングの情報処理サービス業務など，ネットワークを構成する大規模コンピュータシステムの高信頼度な無停電電源として使用されている。

大容量 UPS の要件としては，高信頼性が第一であることはもちろんのこと，最近では設置環境の多様化，高調波を多く発生する機器の増大により，小型，軽量，低騒音，入力容量および入力高調波電流の低減，非線形負荷に対する出力電圧波形ひずみ率の改善などが要求されてきている。

また，最近の大規模オンラインコンピュータシステムでは保守時を含めたノンストップ化が進んでおり，ホストコンピュータのバックアップ機を設けることも多い。このようなケースでは，UPS は冗長機を設け並列運転とし，1 台ごとに順次保守する。さらに UPS 群を複数系列化し，システム全体として，危険分散を図った高信頼度システムが要求される。

富士電機はこれまで業界に先駆け IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）式インバータと IGBT 式整流器からなる高性能の大容量 UPS「UPS600 シリーズ」を提供してきたが，今回，その改良型である「UPS6000D-3 シリーズ」を開発した。**図 1** に改良型の 300 kVA 機の外観を示す。

本稿では，UPS6000D-3 シリーズとその適用システムについて紹介する。

2　UPS6000D-3 シリーズの特徴

2.1　小型・軽量

大容量 UPS は，変換素子には低損失である富士電機製 IGBT を適用し，並列駆動技術の適用および自励振動式ヒートパイプの採用によりパワーユニットの大容量化を図った。これによりパワーユニット数が減り，300 kVA 機を例にとると，従来品に比べ装置の体積が約 64 %，質量が約 87 %となり大幅な小型・軽量化を図ることができた。

図 1　300 kVA 機の外観

2.2　新並列方式の実現

新型ディジタル制御装置による，切換盤を必要としない新並列システム（完全独立並列システム）を採用したことで，負荷設備の需要に応じたシステム構成の変更に対する柔軟性が向上した。

3　外形寸法および質量

図 2 に大容量 UPS6000D-3 シリーズの外形寸法および質量を示す。

4　仕様および容量系列

表 1 に大容量 UPS6000D-3 シリーズの仕様と容量系列

山本　　弘

UPS の開発・設計に従事。現在，神戸工場電源装置設計部。

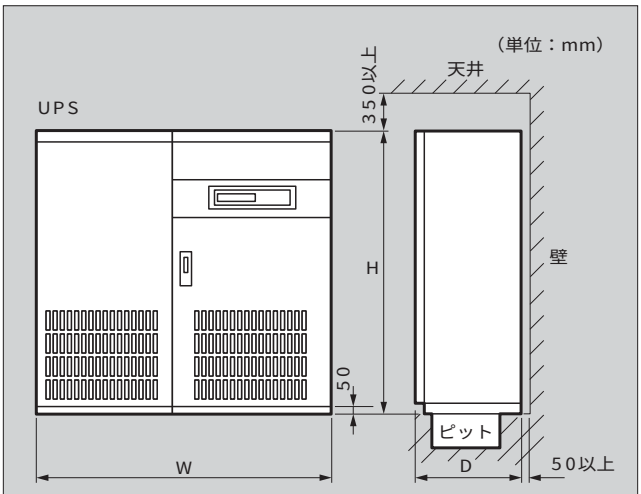
幸林　久詩

UPS の開発・設計に従事。現在，神戸工場電源装置設計部。電気学会会員。

池田　健一

UPS の開発・設計に従事。現在，神戸工場電源装置設計部。

図２　UPS6000D-3 シリーズの外形寸法および質量



出力相数	容量（kVA）	幅W（mm）	奥行D（mm）	高さH（mm）	無瞬断バックアップ方式 質量（kg）	並列運転方式 質量（kg）
三相3線	100	1,000	1,000	1,950	1,100	1,080
	150	1,000	1,000	1,950	1,300	1,250
	200	1,200	1,000	1,950	1,800	1,750
	250	1,400	1,000	1,950	1,900	1,800
	300	1,400	1,000	1,950	2,400	2,300
	400	2,400	1,000	1,950	3,250	3,150
	500	2,600	1,000	1,950	3,900	3,800
	600	4,800	1,000	1,950	6,000	5,920
	750	4,800	1,200	2,150	6,500	6,390
	1,000	5,200	1,200	2,150	8,000	7,870
	1,500	5,600	1,300	2,350	9,800	9,690

を示す。

5　要素技術

ここでは，要素技術として，パワーユニットの冷却技術とインバータ制御方式を紹介する。

5.1　IGBT パワーユニットの冷却技術

IGBT パワーユニットは，装置の中でも特に高い信頼性と保守性の良さが要求される。そのためパワーユニットは IGBT，ゲート駆動回路，スナバ，電解コンデンサ，ヒューズ，冷却体を一括構造とし，UPS の盤前面から取付け，取外しが容易に行えるようにした。

パワーユニットを大容量化することで，部品点数が削減され信頼性の向上が図れるが，一方で並列 IGBT の均等な冷却が困難になる。また，質量増加により保守性が悪化するなどの問題点がある。

UPS6000D-3 シリーズでは，冷却体に自励振動式ヒートパイプを採用している。この冷却体は，細管振動による熱伝導の原理を応用しており，軽量でありながら非常に良好な熱伝導特性を持っている。これによりパワーユニットを同体積で従来の約 1.5 倍に大容量化した。

5.2　PWMインバータ制御方式

本制御方式は，インバータ出力電圧瞬時値制御に加え瞬時横流制御を用いることにより，インバータなどの高周波成分を含む電源とラップ運転させたときや UPS 同士で並列運転させたときの高周波成分の横流を抑制する新制御方式である。

また，インバータ給電からバイパス給電に切り換える際には，ラップ（インバータ電圧とバイパス電圧の両方で母線に給電する）を確認することで，切換動作時の信頼性を保ちながら，負荷移動制御（負荷電流はインバータとバイパスの分担をソフトに変化させる）を用いることにより切換時の電圧変動を抑えるバイパス電源に優しい切換方式を実現している。

これらの制御は高性能プロセッサである DSP（Digital Signal Processor）で演算を行っており，PWM（Pulse Width Modulation）キャリヤ周波数（約 8 kHz）の倍の演算周期にて瞬時値制御の演算を行い，非線形負荷 100 %時の出力電圧ひずみ率は 5 %以下の性能を実現している。

6　新並列システム（完全独立並列方式）

大規模 UPS システムの場合，信頼度の点から，UPS 給電状態にて装置のメンテナンスが可能な並列システムが望まれることが多い。また，365 日 24 時間無停止システムでは，出力の系統を含めた総合的に信頼性の高い電源システムを構築する必要がある。

このような要求に対し，UPS6000D シリーズにおいては新方式の並列システムを開発した。

完全独立並列方式とは，バイパス切換機能を有する UPS を複数台並列運転し容易に高信頼度システムを構築できる新並列方式である。この方式の場合，システム構成としてバイパス付き UPS 複数台と出力盤からなる。出力盤は出力母線と各 UPS の出力を接続するためのブレーカ（MCCB）のみで構成され，並列のための特別な機器は必要としない（**図３**参照）。

従来の並列方式（一括母線並列方式）はインバータ出力とバイパス出力を切り換える機能を有する出力切換盤を必要としていた（**図４**参照）。出力切換盤にはシステム容量（並列台数相当の容量）を供給できるバイパス出力遮断器（42B），半導体スイッチ（ACSW）や主回路ケーブルが必要なため，UPS と同等以上の設置面積が必要であった。

新並列方式はバイパス付き UPS の出力を母線に接続するだけなので，バイパス切換回路は各 UPS 内にあり，バイパス出力遮断器，半導体スイッチなど（**図３**参照）は，UPS 単体相当の容量の機器を用いている。また，出力盤に切換回路を必要としないので，盤寸法として小さくでき設置面積を削減できる。

負荷の増加に伴い発生する，初期計画にはない容量増設時には，従来の並列方式では UPS の並列台数を増やすのと同時に，出力切換盤の容量が増設に対応できるかの見直しも必要であった。それに対し新並列方式は，共通切換回路がないので，新規にバイパス付き UPS を増設し，母線に遮断器を介して接続するだけで対応可能なので容易かつ安価に増設が可能である。

表１　UPS6000D-3シリーズの仕様と容量系列

モデル：UPS6000D-		3/100	3/150	3/200	3/250	3/300	3/400	3/500	3/600	3/750	3/1000	3/1500
入　力	電　圧*1	200V±10％										330V±10％
	周波数	50 Hzまたは60 Hz±5％										
	相数および線数	三相3線										
	高調波電流	5％以下										
	力　率	0.98以上										
直流回路	定格電圧*2	360V										624V
	電圧変動範囲*2	288～414V										499～720V
出　力	定格容量（kVA）	100	150	200	250	300	400	500	600	750	1,000	1,500
	電　圧（V）	200，208，210，220（50 Hzのみ），230（60 Hzのみ），380，400，415，440										
	周波数*3	50 Hzまたは60 Hz										
	相数および線数	三相3線（三相4線も製作可能）										
	負荷力率*4	0.7（遅れ）～1.0　定格0.8（遅れ）または0.9（遅れ）*5										
	電圧精度（整定時）	±1.0％以内										
	過渡電圧変動	①±5％以内　条件：負荷急変0⇄100％時 ②±2％以内　条件：入力電圧急変±10％時 ③±2％以内　条件：商用電源停電・復電時 ④±5％以内　条件：1台選択遮断時（FSP-VI，FSP-VII，FSP-VIII並列運転方式の場合のみ） ⑤±5％以内　条件：UPS←直送切換時（FSP-V，FSP-VII，FSP-VIII無瞬断バックアップ方式の場合のみ） また，UPS→直送切換時は直送電源の特性による。 ただし，上記①～⑤は重複しないものとする。										
	整定時間	50 ms以下										
	電圧波形ひずみ率	2.5％以下（直線性負荷100％時の全調波の2乗平均値） 5％以下（整流器負荷100％時の全調波の2乗平均値）										
	電圧不平衡比	±2％以内（100％不平衡負荷時）										
	周波数精度	±0.01％以内（内部発振時）										
	外部同期範囲	±1％以内（FSP-VまたはFSP-VII，FSP-VIIIの場合のみ）										
	過負荷耐量	125％10分間，150％1分間										
	過電流制限値	150％（過電流が150％を超えると，電流垂下特性が働き，過電流を150％以下に制限する）										
	出力位相差	120°±1°（平衡負荷時） 120°±3°（100％不平衡負荷時）										
	電圧調整範囲	±5％（定格負荷時）										
その他	周囲温度	－10＋40℃（運転時），＋18～＋27℃（推奨値）										
	相対湿度	30～90％										
	騒　音	70dB(A) 以下			75dB(A) 以下							
	絶縁耐圧	2,000V 1分間（主回路）										
	絶縁抵抗	3MΩ以上（500Vメガーにて）										

＊1：415V，6,600Vも製作可能　＊2：直流回路電圧は鉛蓄電池の場合　＊3：400 Hzは別シリーズ　＊4：0.8/0.9同一寸法
＊5：定格力率～1.0では定格kW保証

UPS システムのメンテナンス時において，従来の出力切換盤には共通回路が存在するためインバータ給電不可能な場合があり，重要負荷に対しての信頼性を維持するには，出力切換盤を多系統用意する必要があった。新並列方式では UPS システムにおいてメンテナンスが必要な部分は UPS 本体だけなので，MCCB により UPS と母線を切り離すだけでメンテナンスが行える。出力切換盤を多系統用意する必要がなく，切換回路および本体機能，すべてのメンテナンスをインバータ給電で可能である。以上のように完全独立並列システムは，高い拡張性，省設置面積，低コスト，メンテナンス性の向上を実現した，高信頼度のシステムである。

7　Web/SNMP カード

従来は UPS の管理ツールとして独自のリモートメンテナンスシステムなどを用いていた。これらは UPS 本体のほかに専用のツールを用いるため非常に高価なものになっていた。本装置は Web/SNMP（Simple Network Management Protocol）カードを標準に装備し UPS の運転管理を容易に行えるようにした（**図 5** 参照）。

7.1　Web 機能

Web/SNMP カード内に，UPS のトレンドデータなどが

図３　完全独立並列システム

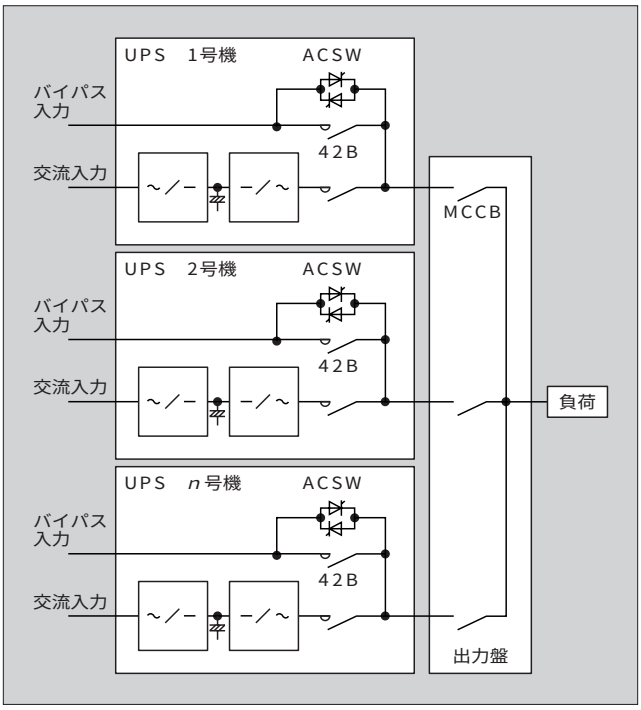
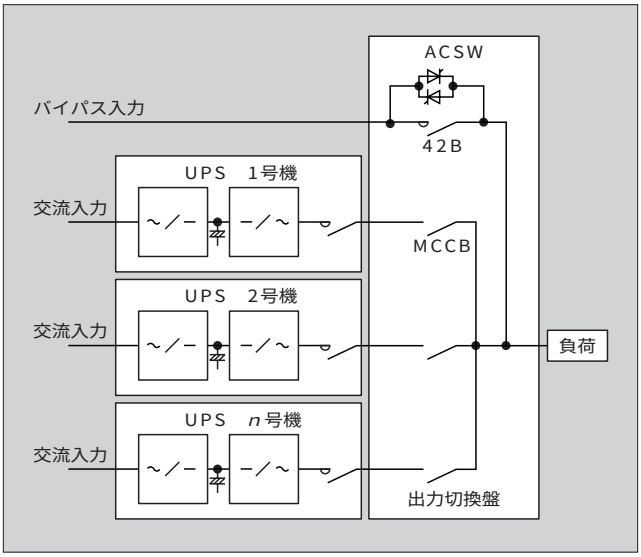


図４　従来の並列システム

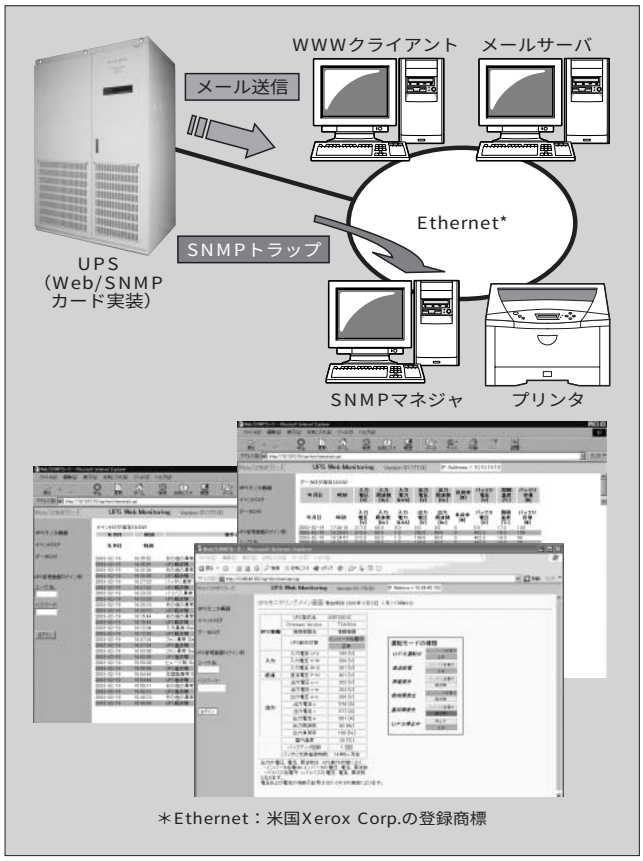


保存さているので UPS 内の Web/SNMP カードと市販のパソコン，ブラウザを用いて UPS 内の情報を表示することが可能である。またメールサーバへ接続することにより装置の故障時，設定したアドレスへ故障情報を添付した電子メールを送ることなどにより復旧作業の時間短縮が可能となる。

7.2　SNMP インタフェース

UPS 管理情報として，JEMA-MIB に対応しており，富士電機 MPV（Multi Power View），その他市販の SNMP 管理ソフトウェアをインストールした SNMP マネジャによる UPS の管理が可能である。停電などのイベント発生時には，SNMP マネジャにトラップを利用して異常の発生を知らせることができる。

図５　Web/SNMP カードによるリモートメンテナンスシステム



8　あとがき

本稿では，自励振動式ヒートパイプなどを用いて UPS 本体の小型化を実現し，完全独立並列方式を用いることにより出力切換盤を必要とせずシステムとしての小型化も実現し，UPS 管理機能を標準装備した，UPS6000D-3 シリーズを紹介した。この製品は従来の特性を維持しつつ小型化・高信頼度化を実現し，かつ，柔軟性の高い UPS システムの構築を可能にした。

今後とも広く顧客ニーズに応える装置開発やシステム開発に尽力する所存である。

参考文献

(1)　本木泰ほか．大容量 UPS「UPS600 シリーズ」．富士時報．vol.71, no.7, 1998, p.416-420.

新型単相中容量 UPS「UPS6000D-1 シリーズ」

日永田　守（ひえだ　まもる）　石井　紀好（いしい　のりよし）　加藤　雅彦（かとう　まさひこ）

1　まえがき

無停電電源装置（UPS）は，主たる負荷である情報機器のダウンサイジング，分散化により小型化のニーズが高まるとともに，地球環境に対する考慮により高効率に対するニーズも高まっている。今回製品化した新型単相中容量 UPS「UPS6000D-1 シリーズ」は，高信頼 UPS として十分な基本機能・性能を有し，新たに並列対応を可能としたもので，新しい市場のニーズに応える製品である。本稿ではその特徴，仕様，要素技術などについて述べる。

2　UPS6000D-1 シリーズの特徴

2.1　オールインワン

従来は UPS 本体の入出力電圧を画一化し，異電圧仕様には外部に電圧マッチングトランスを設けて対応していた。また負荷への給電を継続しながら UPS 本体の保守を実現するために本体と分離した保守バイパス回路をオプションで準備していた。特に単相出力 UPS は 100 V と 200 V のニーズが分散していること，また最近は負荷機器の稼動率向上に伴い保守バイパス回路へのニーズが高まっていることから，ほとんどのシステムが UPS 本体単独ではなく，前述の電圧マッチングトランスと保守バイパス回路を内蔵した周辺盤とのセットとなっている。その結果，システムとして設置面積や質量の増加を招いていた。

本 UPS はこのようなニーズに応えるため，本体単独にて入出力異電圧対応（100 V/200 V）の機能と保守バイパス回路を備えた，周辺盤不要のオールインワン設計とした。オールインワン化により従来の UPS と周辺盤を合わせたシステムと比較し設置面積で 89 %，質量で 84 %を実現した（20 kVA 機の比較）。

2.2　完全独立並列対応

出力盤を必要とせず，並列号機間の共通回路部がない新並列方式（完全独立並列システム）を可能とした。単相中容量 UPS クラスでの並列機能対応は業界初であり，高信頼度化，無停電保守に対するニーズに応えている。

本並列システムは，顧客の負荷容量に合わせて並列数を最大 8 台まで増設可能で，高信頼度化に対する要求あるいは増設・容量増の要求に対しフレキシブルに対応できる。

2.3　高効率化

整流器とインバータに富士電機製新型 IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を採用した。新型 IGBT は旧型の素子に比較して損失が約 25 %低減し，パワーユニットの小型軽量化を実現するとともにこのクラス最高の装置効率 90 %を実現した。

2.4　ネットワーク対応

本装置は Web/SNMP（Simple Network Management Protocol）カードを標準装備し，LAN（Local Area Network）回線またはダイヤルアップルータを経由して電話回線を使用し，監視サーバの汎用ブラウザにて遠隔監視システムの構築を可能としている。また，これにより富士電機コールセンターから UPS を監視できるリモート管理機能や，万が一のトラブル発生時の原因解析と迅速なサポートが可能である。

3　仕様と容量系列

表 1 に UPS6000D-1 シリーズの標準仕様と容量系列を示す。容量系列は 20 kVA から 100 kVA までの 6 機種をそろえている。50 kVA 以下のモデルについては直送入力および交流出力は 200 V/100 V に対応する。

4　外観および外形寸法・質量

図 1 に UPS6000D-1/20（20 kVA 機）の外観を，**表 2** に UPS6000D-1 シリーズの外形寸法および質量を示す。20 kVA のモデルについてはバッテリー内蔵型としている。保守バイパス回路および異電圧対応トランスを内蔵させることにより保守バイパス盤および入出力盤が不要となり従

日永田　守

中容量 UPS の開発に従事。現在，神戸工場電源装置設計部。

石井　紀好

中容量 UPS の開発に従事。現在，神戸工場電源装置設計部。

加藤　雅彦

中・大容量 UPS の試験・検査に従事。現在，神戸工場品質保証部。

表１　UPS6000D-1の標準仕様と容量系列

項目 ＼ モデルUPS6000D-1/		20	30	40	50	75	100
定格容量	(kVA)	20	30	40	50	75	100
	(kW)	16	24	32	40	60	80
運転方式		常時インバータ給電式					
バイパス		商用無瞬断切換式（無瞬断自動バイパス切換式）					
入力	電　圧	200Vまたは210V±10%					
	周波数	50Hzまたは60Hz±5%					
	相数および線数	三相3線					
	入力容量（kVA）	20	30	40	50	75	100
	入力高調波電流	5%以下（定格負荷時）					
	入力力率	0.98以上（定格負荷時）					
	バイパス電圧	単相2線200Vまたは100V					
出力	相数，線数および電圧	単相3線100V/200Vまたは単相2線100V				単相2線200V	
	周波数	50Hzまたは60Hz					
	負荷力率	0.7（遅れ）～1.0　定格0.8（遅れ）					
	定格電流（A）	100（200V） 200（100V）	150（200V） 300（100V）	200（200V） 400（100V）	250（200V） 500（100V）	375（200V）	500（200V）
	電圧精度（整定時）	±1.0%					
	過渡電圧変動	①±5%以内　条件：負荷急変0↔100% ②±2%以内　条件：入力電圧急変±10% ③±2%以内　条件：商用電源停電・復電 ④±5%以内　条件：UPS↔バイパス切換時 ただし①～④は重複しないものとする。					
	応答時間	50ms以下					
	波形ひずみ率	2%以下（直線性負荷）5%以下（100%整流器負荷）					
	線間電圧アンバランス	―					
	周波数精度	±0.01%（内部発振時）					
	外部同期範囲	±1%（バイパス同期時）					
	過負荷耐量	110%：10分間，125%：1分間，150%：10秒					
	電圧調整範囲	±5%（定格負荷時）					
	騒　音（dB）	55	58	59	59	63	65
	保持時間（初期値）　標準時間（min）	10	10	10	10	10	10
	種　類	長寿命小型制御弁式鉛蓄電池					
	セル数（2V換算）	192					

来品に比べて設置面積が 89 %（20 kVA 機）となり軽量化・省スペース化を達成した。

5　構成および要素技術

5.1　制御回路構成

制御回路の構成を**図２**に示す。高速演算制御系用の DSP（Digital Signal Processor），シーケンス用の RISC（Reduced Instruction Set Computer），マンマシン用の RISC にてマルチプロセッサ方式を採用している。各機能を分散化して DSP にて高速制御，RISC にて複雑なシーケンス制御を行わせることでシステムの最適化と信頼度向上を図っている。制御方式は全面的に DDC（Direct Digital Control）化し，コンバータ，インバータのパルスパターンなどの複雑な論理回路については FPGA（Field Programmable Gate Array）を採用することで部品点数を削減して制御回路としての信頼度を向上させている。

5.2　主回路構成

図３に主回路の構成を示す。単機のシステム構成は，商用電源をバックアップとして備えた商用無瞬断切換方式である。内部は，入力ブレーカ，PWM（Pulse Width Modulation）コンバータ，PWM インバータ，AC フィルタ，絶縁トランス，AC スイッチ，保守バイパス回路などから構成されている。

5.3　オールインワンのための工夫

UPS に接続される単相負荷には 100 V 系と 200 V 系の 2

図１　UPS6000D-1 20 kVA の外観

図２　制御回路の構成

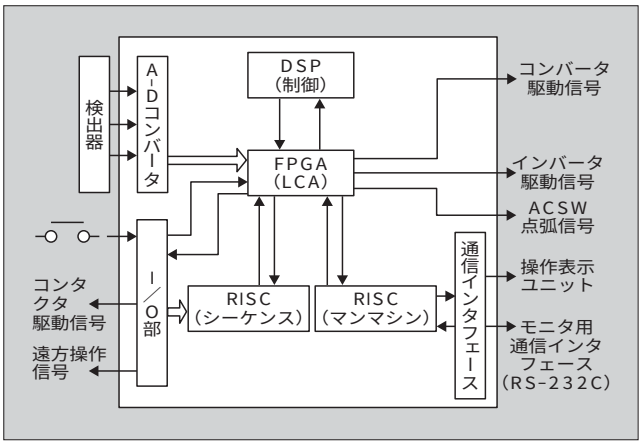


図３　主回路の構成

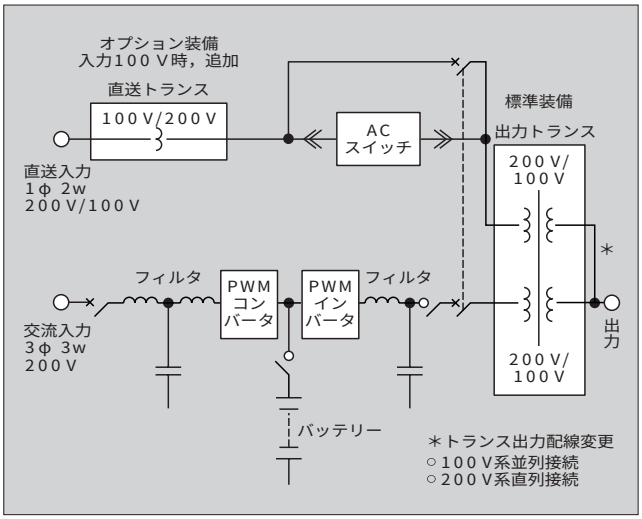


表２　UPS6000D-1の外形寸法および質量

型式 （容量）	幅 W （mm）	奥行 D （mm）	高さ H （mm）	質量 （kg）
1/20 （20 kVA）	750	750	1,725	800＊
1/30 （30 kVA）	750	750	1,725	580
1/40，50 （40，50 kVA）	900	750	1,950	650
1/75 （75 kVA）	1,200	750	1,950	860
1/100 （100 kVA）	1,500	750	1,950	1,080

＊：バッテリー内蔵

種類があり，従来の UPS ではマッチングトランスを内蔵した周辺盤が必要であった。本 UPS は，出力側に入出力の絶縁と電圧マッチングを兼ねた 4 巻線の絶縁トランスをシステムとして採用し出力電圧の 100 V，200 V 対応を実現した。トランスが一つであるため，高効率化に寄与している。電圧 100 V 出力の場合は，100 V 出力の 2 巻線を並列接続としている。電圧 200 V 出力の場合は，100 V 出力の 2 巻線を直列接続にすることにより 100 V 出力と 200 V 出力の対応を可能にした。

接続の変更は，トランスの配線を前面に配置し短絡バーの接続変更で対応でき，容易にできるようにした。また直送入力の 100 V，200 V 対応については 100 V 時においてのみオプションのトランスを収納することで対応している。

また，従来の UPS では，コンタクタなどの主回路部品や制御装置の保守を負荷への給電を継続しながら実施するときは別置の保守バイパス盤を準備していた。本装置は，保守バイパス回路を本体に内蔵させながら前述の保守を可能にした。構造面では，保守作業時の安全性を確保することが重要であるので内部直送給電で通電している部分を集約して配置し，周囲を板金で覆うことにより感電防止を図った。これにより負荷給電を止めることなく安全な保守作業を可能とした（導電部保安機構）。

UPS の主たる騒音源である冷却ファンについては，配置を装置の中央として装置吸排気口からの距離を離すことにより，装置外部への騒音の漏れを抑制し低騒音化を実現した（**図４**）。

5.4　完全独立並列方式の対応

図５に完全独立並列方式のシステム例を示す。

従来，UPS の並列方式は出力盤にて母線電流を検出し並列台数（N）に応じた $1/N$ の出力電流指令を各号機に分配させる方式を採用していた。完全独立並列方式では各号機ごと個別に $1/N$ の出力電流指令をシーケンス的に直接演算させることで並列運転を可能とした。本方式は並列号機間の共通回路部がないためシステムの高信頼度化を実現している。また商用無瞬断切換方式の UPS を最大 8 台まで並列運転することができるため，負荷容量の増加に見合ったシステムの容量増を簡単に実現できるシステム（増設が容易）を供給できる。

図４　本装置の内部構造

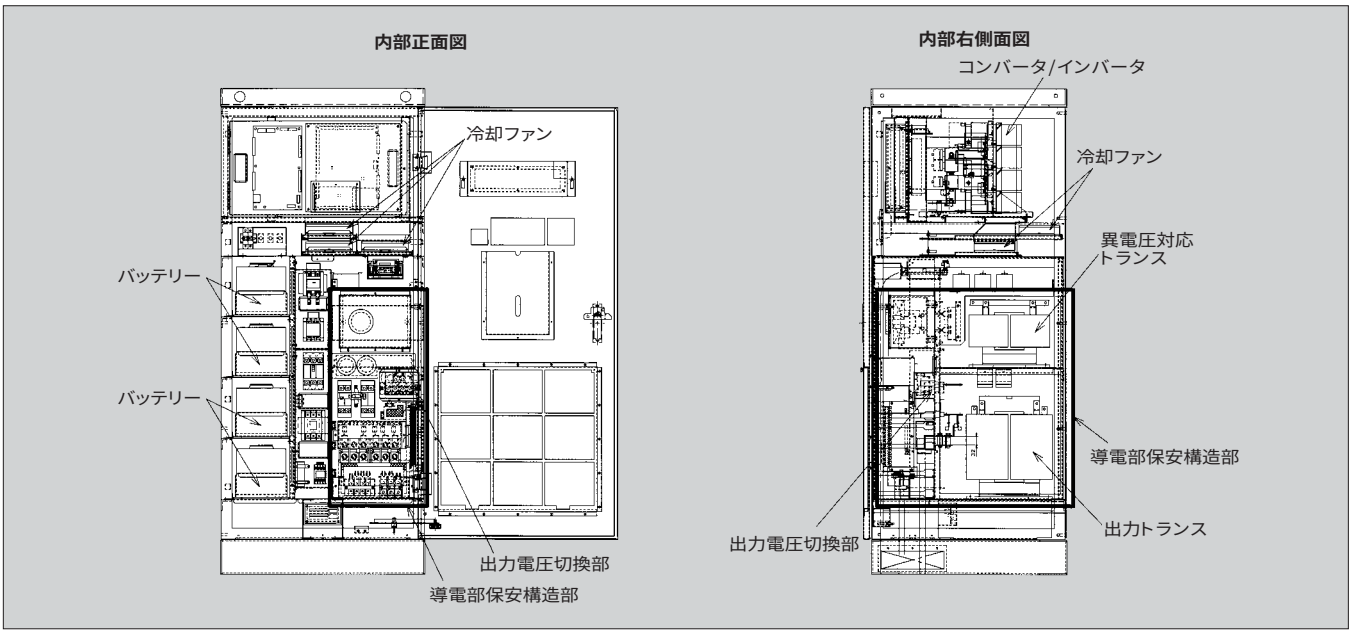
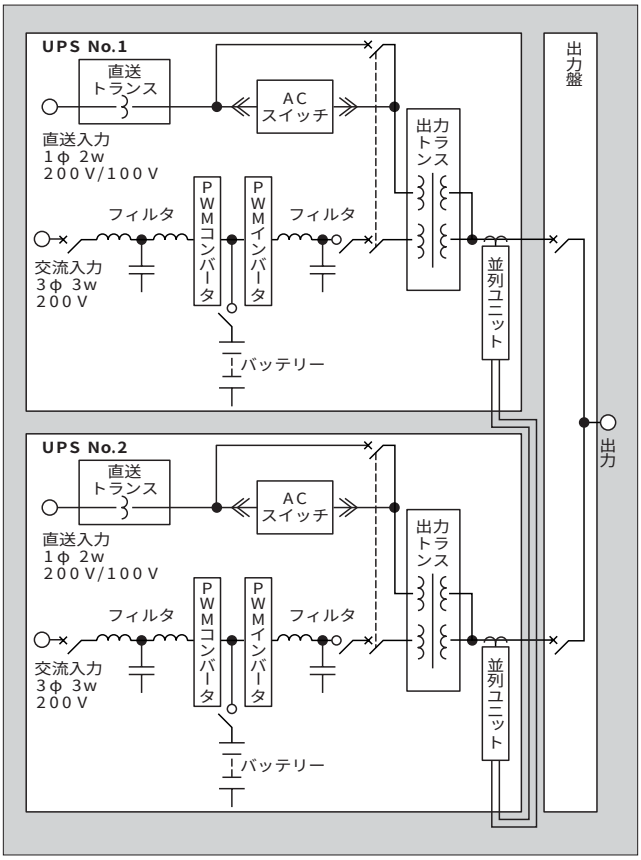


図５　完全独立並列システム（2 並列の例）



⑥　あとがき

本稿では，主回路に新型 IGBT を用い，100 V/200 V 入出力電圧対応と保守バイパス機能を内蔵した中容量単相出力 UPS を紹介した。この製品はシステムの設置面積が小さく高効率で低騒音のため広範囲での適用が期待される。

今後とも顧客ニーズにこたえる電源装置の開発・製品化に邁進（まいしん）する所存である。

参考文献

(1)　広瀬順．新型中容量 UPS「UPS650 シリーズ」．富士時報．vol.71, no.7, 1998, p.411-415.

(2)　本木泰ほか．大容量 UPS「UPS600 シリーズ」．富士時報．vol.71, no.7, 1998, p.411-415.

(3)　藤倉政信ほか．海外向け CE マーキング対応 UPS．富士時報．vol.74, no.7, 2001, p.422-426.

ミニ UPS の系列拡大とネットワーク対応

三反畑　博（さんだんばた　ひろし）　田中　伸央（たなか　のぶひさ）　内藤　英臣（ないとう　ひでおみ）

1　まえがき

高度情報化社会において，コンピュータを中心とした情報通信機器には，高い信頼性が求められており，中でも，安定した電力の供給は絶対不可欠の条件である。ユーザーにとって重要な機器を停電やサージ，ノイズなどの電力障害から守るため，無停電電源装置（UPS）を導入することはもはや常識となりつつある。UPS が活躍するその用途は，最近ではコンピュータ以外にもさまざまな場所で必要とされるようになってきており，求められる仕様も多様化している。例えば，バッテリー交換を不要とするコンデンサタイプの UPS や，エレベータのマシンルームレスに対応できるような薄型の UPS など，いままでになかった市場要求が出てきている。また，UPS がバックアップする負荷機器の管理（主にコンピュータなどの電源管理）や，UPS 自身の管理の仕方についても，ユーザーごとに異なる環境において，それぞれに適した電源管理ソリューションを提供することが，UPS メーカーにも求められている。

このように多様化した市場要求に応えるべく開発してきたものとして，メンテナンスフリーを実現した瞬時電圧低下（瞬低）保護装置「DipHunter」，エレベータ向け UPS「P シリーズ」，海外電圧対応 UPS「J シリーズ」，常時商用給電方式 UPS「NetpowerProtect」200 V　3,000 VA のラックタイプ，また，ネットワーク対応のための UPS 周辺機器として，「マルチサーバシャットダウンボックス」「Web/SNMP（Simple Network Management Protocol）カード」，UPS 管理ソフトウェア「NetpowerView F」などがあり，これらについて以下に紹介する。

2　機種拡大――多様化するニーズへの対応

2.1　瞬低保護装置「DipHunter」

近年の国内における停電はほとんどが瞬低で，その継続時間は 200 ms 以内，電圧低下度は 50 %以内が大半を占めている。

DipHunter（**図 1**）は，この停電のほとんどを占める瞬低から負荷機器を保護することを目的とし，小型・軽量，メンテナンスフリーなどの特徴を備えた電源装置である。以下に主な特徴を述べる。

図 1　瞬低保護装置 DipHunter の外観

(1)　SEMI（Semiconductor Equipment and Materials International）F47 規格クリア

SEMI F47 規格（**図 2**）は，半導体製造装置に対する瞬低耐量を要求した規格であり，DipHunter はこの規格の規定領域だけでなく，さらに広範囲な推奨値までもクリアしている。

(2)　メンテナンスフリー

DipHunter は，瞬低に保護対象を限定し，コンデンサの蓄積エネルギーでバックアップを行う方式を採用した。これにより，煩わしいバッテリーの定期交換が不要で，製品寿命に至るまでの 8 年間（周囲温度 25 ℃にて）メンテナンスフリーである。

(3)　海外規格取得

海外向け機器への組込みも容易に行えるよう海外の安全規格である UL1778 の認証を取得し，CE マーキングにも適合させている。

三反畑　博

UPS の製品開発，設計に従事。現在，神戸工場電源装置設計部。

田中　伸央

UPS の製品開発，設計に従事。現在，神戸工場電源装置設計部。

内藤　英臣

UPS の商品企画に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部電源営業部。

2.2　エレベータ向け UPS「Pシリーズ」

この装置は，設置スペースをとりにくい所に設置できる省スペース薄型 UPS である。特に，ビルや駅構内のエレベータは，近年，省スペース化によるマシンルームレスが進んできており，停電時にエレベータを最寄りの階まで移動させるためのバックアップ電源として使用される UPS にも薄型・壁掛け型の要求が高まっている。

そこで，この市場要求に応えるため薄型 UPS Pシリーズ（**図3**）を開発・製品化した。以下に主な特徴を述べる。

(1)　薄型で，厚さ 90 mm の壁掛け型
(2)　定格出力容量 2 kVA と 3 kVA の 2 タイプ
(3)　入出力は昇降圧トランスレスで単相 200 V に対応
(4)　本体とバッテリー部は別構造で，据付けおよびバッテリー交換が容易

図2　SEMI F47 規格および DipHunter の瞬低耐量

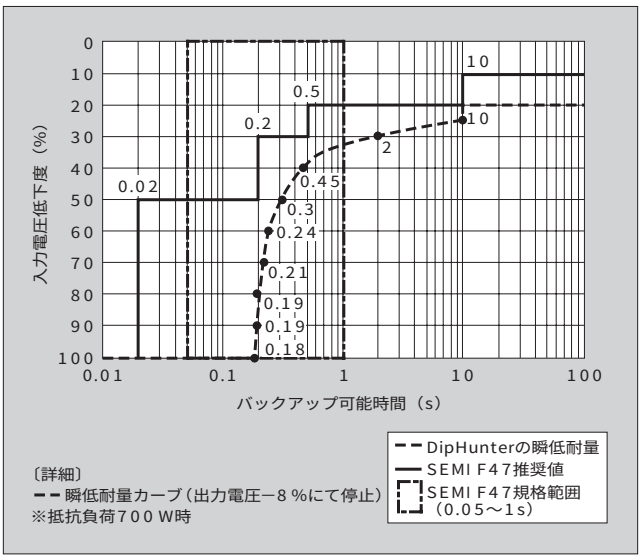
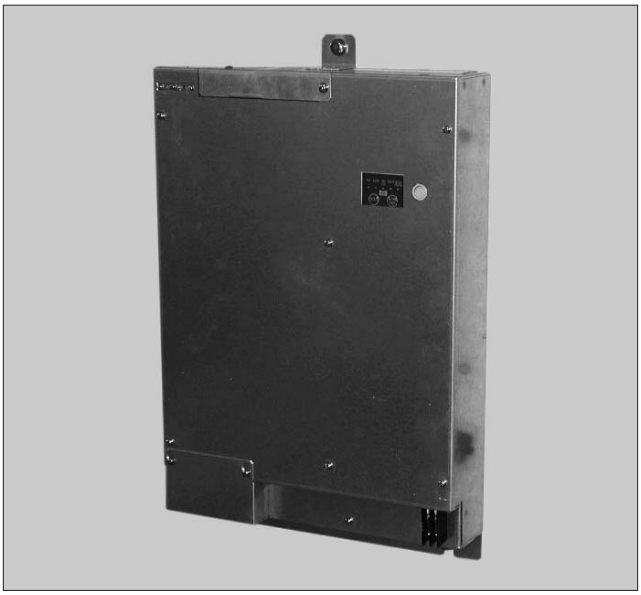


図3　薄型 UPS Pシリーズの外観



2.3　海外電圧対応 UPS「J シリーズ」

近年，ミニ UPS はサーバ機器以外にも需要が高まってきている。特に，半導体製造装置を筆頭に電子機器を搭載した機器のバックアップ用電源としての組込み需要が増加している。これら機器は，国内はもちろん海外へも輸出されることから，海外電圧対応と海外規格対応の要求が強い。

そこで，これらの市場要求に応えるため，J シリーズ UPS をベースに海外電圧対応 UPS を開発・製品化した。以下にこれらの主な特徴を述べる。

(1)　入出力電圧
　①　700 VA 機
　　AC110 V，115 V，120 V の 3 タイプ
　②　5，7.5，10 kVA 機
　　AC208 V
(2)　海外規格対応
　UL1778 を取得し，CE マーキングにも適合
(3)　外形寸法および質量は，標準 J シリーズと同等

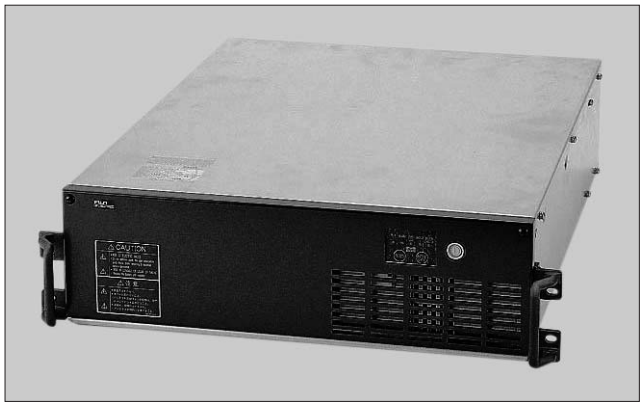
2.4　常時商用給電方式 UPS「NetpowerProtect」200 V 3,000 VA（ラックタイプ）

近年，サーバ用バックアップ電源はサーバの小型化・低価格化を受け，常時インバータ給電タイプ（UPS）から小型・低価格である常時商用給電タイプ（SPS）への移行が加速している。

また，上位サーバの電源は 200 V が多く，これらにも適用範囲を広げるため，200 V 3,000 VA のラックタイプ SPS を開発・製品化した。**図4**に装置の外観を示し，以下に主な特徴を述べる。

(1)　高周波変換技術により，商用トランスレスで小型・軽量化を実現
(2)　NetpowerProtect シリーズの高信頼・高品質を継承
(3)　NetpowerProtect シリーズの豊富なオプション（後述の周辺機器や UPS 管理ソフトウェアなど）が使用可能

図4　NetpowerProtect 200 V 3,000 VA ラックタイプの外観



3　周辺機器の拡充――ネットワーク対応

3.1　マルチサーバシャットダウンボックス

マルチサーバシャットダウンボックス（MSD ボックス）は OS に標準の UPS 管理機能を使用し，接点信号でサーバを安全にシャットダウンさせる機能を持ったミニ UPS のオプション品である。ミニ UPS からの接点信号（入力電源異常信号およびバッテリー電圧低下信号）を最大 8 台のサーバに分岐し，この信号で入力電源異常時にはそれぞれのサーバを安全にシャットダウンすることが可能である。**図 5** に接続構成を示す。

また，製品構成（**図 6**）は，ミニ UPS に実装するインタフェースカードと，信号を分岐する拡張ボックス（占有ピッチ 1U の 19 インチラック搭載タイプ：**図 7**），およびインタフェースカードと拡張ボックスを結ぶ接続ケーブルから構成される。さらに，拡張ボックスは置き場所を選ばない卓上タイプ（1 ユニットでサーバ 4 台，最大 2 ユニットでサーバ 8 台まで接続可：**図 8**）も準備している。

図 5　マルチサーバシャットダウンボックス 19 インチラックタイプの接続構成

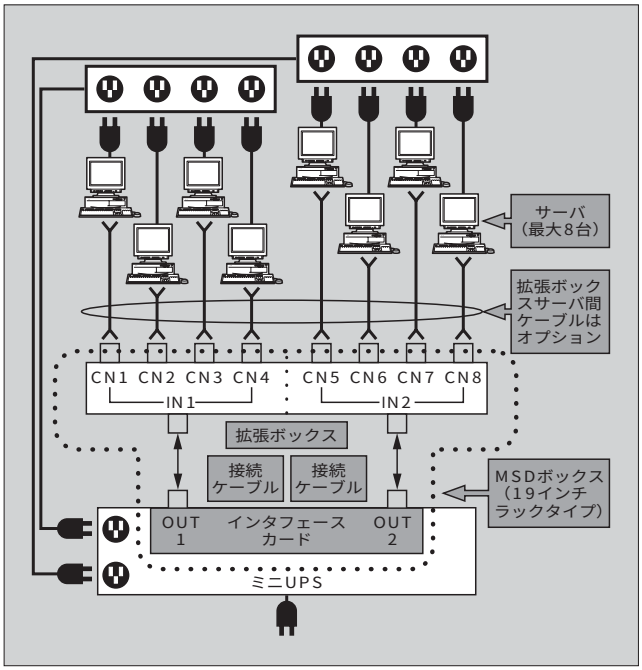


図 6　マルチサーバシャットダウンボックスの構成部品

3.2　Web/SNMP カード

図 9 に Web/SNMP カードの外観を示す。Web/SNMP カードは UPS のカードスロットに実装され，サーバの OS に依存することなく，ネットワークを介して UPS の管理・情報の送受信を行うための装置である。以下に Web/SNMP カードの機能について述べる。

3.2.1　Web 機能

汎用ブラウザソフトウェアがインストールされているクライアント（WWW クライアント）により，ネットワー

図 7　マルチサーバシャットダウンボックス 19 インチラックタイプ搭載タイプの外観

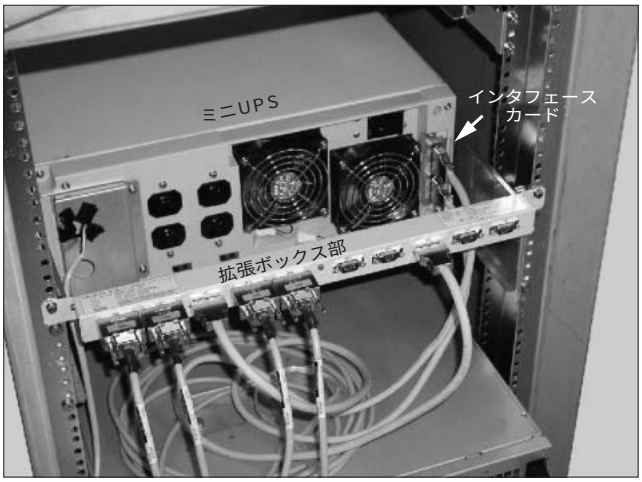


図 8　マルチサーバシャットダウンボックス卓上タイプの外観

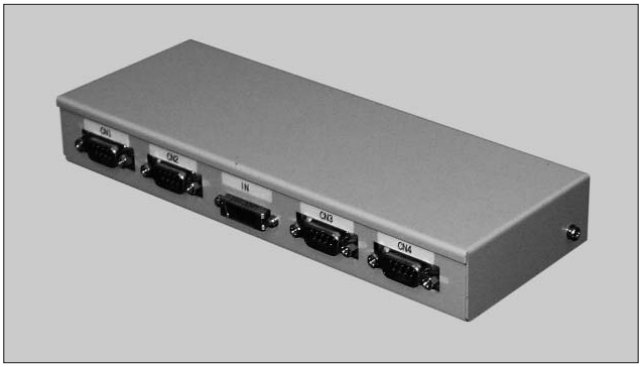
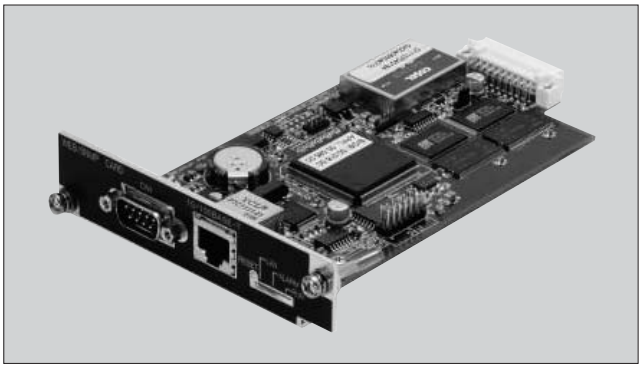


図 9　Web/SNMP カードの外観



クに接続されている Web/SNMP カードを介して，そのカードが実装されている UPS の管理ができる。

Web 画面には下記のような画面があり，クライアントから UPS の状態監視や情報の取得，メール送信やスケジュール運転の設定ができる。

(1)　UPS モニタ画面：UPS 動作状態のリアルタイム表示
(2)　UPS 管理画面：停止動作設定，ネットワーク設定
(3)　イベントログ：発生イベントログの表示・保存
(4)　データログ：入出力データログの表示・保存
(5)　UPS スケジュール設定： UPS の出力停止・起動設定
(6)　拡張コマンド：UPS の出力操作および動作テスト
(7)　ファームウェア・アップデート（Web/SNMP カード）

UPS スケジュール設定画面（**図10**）では毎日，毎週，指定日を選択して，UPS の出力停止時刻と出力開始時刻が設定できる。

3.2.2　SNMP による UPS の管理

Web/SNMP カードは SNMP のエージェント機能を備えている。したがって，SNMP 管理ソフトウェアがインストールされたパソコンネットワークシステムに Web/SNMP カードを組み込んだ UPS を追加してもそのまま UPS の管理ができる。

停電などのイベントが発生したときには，指定した IP アドレスの SNMP マネジャ（SNMP 管理ソフトウェアがインストールされたパソコン）に SNMP トラップを利用して異常イベントの発生を知らせることができる。

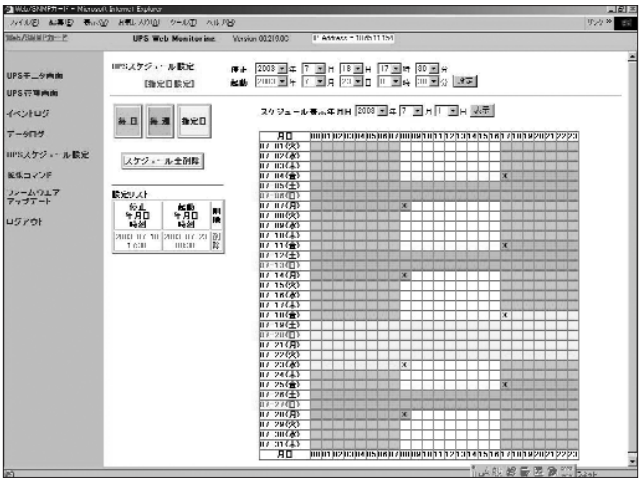
3.2.3　マルチサーバシャットダウン機能

マルチサーバシャットダウンは，同一ネットワーク（TCP/IP）上に存在する複数台のサーバをシャットダウンする機能である。**図11**に UPS に実装された Web/SNMP カードから RCCMD（Remote Console Command）を送信し，マルチサーバシャットダウンするシステム構成例を示す。

停電発生時，Web/SNMP カードは，RCCMD のソフトウェアモジュールをインストールした複数のサーバにネットワーク（TCP/IP）経由でシャットダウン指令を送る。

このシャットダウン指令により，UPS から電源を供給されている各サーバはプログラムの終了処理を実行し，安全に OS のシャットダウンを行うことができる。

図10　Web/SNMP カードの UPS スケジュール設定画面例



3.3　UPS 管理ソフトウェア「NetpowerView F」

NetpowerView F はマスターサーバにインストールして，シリアル通信（RS-232C）で UPS を管理するプログラムである（NetpowerProtect シリーズに対応）。

図12に NetpowerView F を適用したシステムの構成例を示す。

近年，OS として Linux〈注1〉を採用したサーバ構築も盛んになり，新しいディストリビューションも次々と開発されている。これに伴い，サーバマシンにインストールして UPS を監視・操作ができる NetpowerView F の動作環境も，これまでの Windows〈注2〉95/98/NT4.0/2000，Linux（Red Hat,

〈注1〉Linux ：Linus Torvalds の米国およびその他の国における登録商標

〈注2〉Windows ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

図11　Web/SNMP カードのシステム構成例

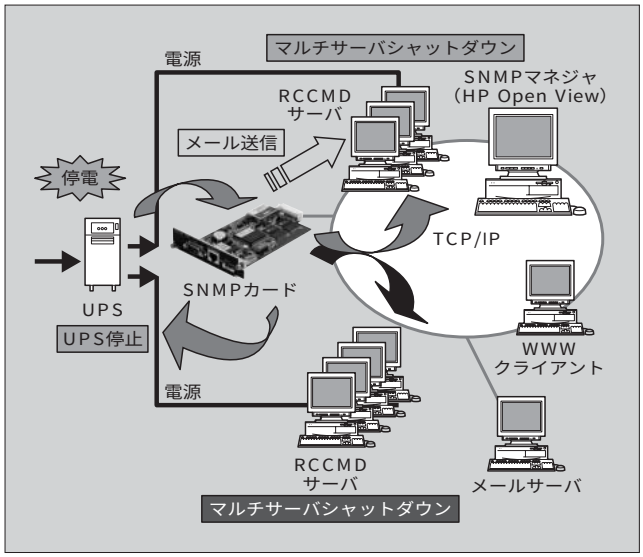


図12　NetpowerView F のシステム構成例

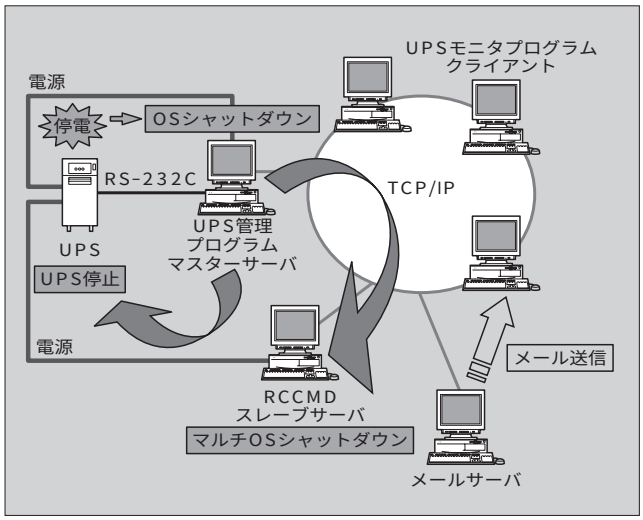


図 13　X-window 版の UPS モニタ画面例

Turbo，Open）などに加え，下記の新ディストリビューションにも順次対応している。

○ Windows XP/Server 2003
○ Red Hat Linux 7.3/8.0
○ Red Hat Enterprise Linux AS/ES
○ Turbolinux 8

また，X-Window の環境で動作する Linux 版の UPS モニタ画面も GUI（Graphical User Interface）表示機能を強化し，より見やすく，操作性を高めている。

図13 に X-window 版の UPS モニタ画面例を示す。

4　あとがき

以上，紹介してきた製品はすべて，ユーザーが UPS に求めている声をくみ取り，改良を何度も繰り返し，より洗練された製品にしたものや，ニッチ分野の使用環境や要求仕様に応えるため，従来品をカスタマイズして新たに製品化したものである。ユーザーにとって使い勝手のよい製品を提供することはメーカーの使命である。今後も積極的によりよい製品の開発に取り組む所存である。

参考文献

(1)　松尾浩之ほか．新型ミニ UPS「NetpowerProtect シリーズ」．富士時報．vol.74, no.7, 2001, p.427-430.
(2)　田中伸央ほか．瞬時電圧低下保護装置「DipHunter」．富士時報．vol.75, no.8, 2002, p.481-484.
(3)　SEMI STANDARD. SEMI F47-0200, 2000.

解　説　高調波抑制対策ガイドライン

高調波抑制対策ガイドラインは，近年増加してきた電気・電子機器から発生する高調波電流による他の機器への高調波障害を抑制するため，1994 年に通商産業省（現経済産業省）資源エネルギー庁が制定したガイドラインである。

ガイドラインには，300 V 以下の商用電源に接続して使用する定格電流 20 A/相以下の電気・電子機器（家電・汎用品）に適用される「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン」と，高圧または特別高圧で受電する需要家から流出する高調波電流の上限値を規制する「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」の 2 種類がある。

「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン」では，インバータの交流入力電源側に発生する高調波電流の限度値（最大許容高調波電流値）と高調波電流の測定方法が規定されており，小容量の汎用インバータが対象となっている。

「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」では，高圧または特別高圧で受電する需要家で，高調波発生機器を新設，増設，または更新する場合に対象となり，需要家の受電点における高調波流出電流の算出方法と高調波流出電流の上限値（許容値）が規定されている。

算出した高調波流出電流値が上限値を超える場合には，高調波抑制対策が必要となるが，汎用インバータの高調波抑制対策としては，①リアクトルの接続，② 12 パルス接続整流，③ PWM（Pulse Width Modulation）コンバータの適用などが一般的である。

電動機制御回路用保護器「マニュアルモータスタータ」

久保山　勝典（くぼやま　かつのり）　川田　久夫（かわた　ひさお）　浜田　佳伸（はまだ　よしのぶ）

1　まえがき

近年，配線用遮断器や電磁開閉器に代表される低圧開閉機器を取り巻く環境に大きな変化が起きている。一つは規格のグローバル化であり，もう一つは顧客のグローバル化である。

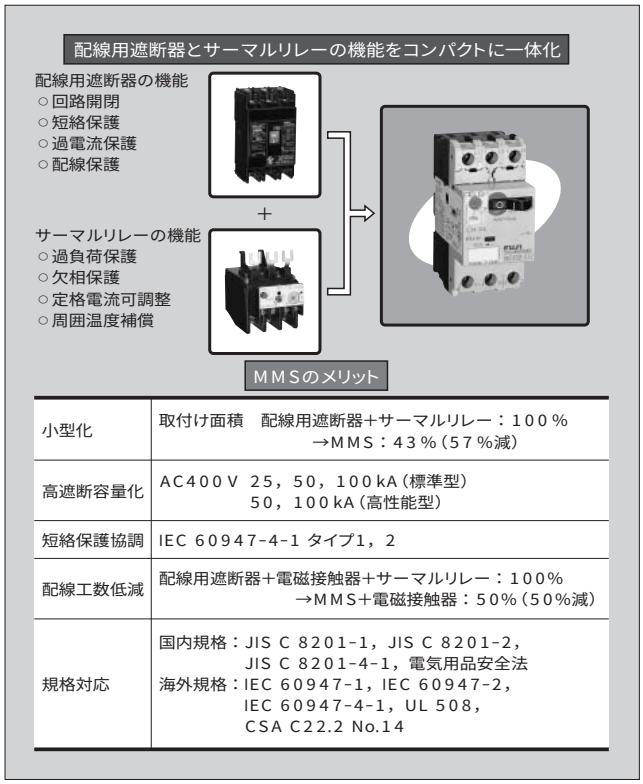
前者は，低圧開閉機器の IEC 規格が JIS 規格に導入される変化である。例えば，産業用機器が適用される電気施設や電動機制御盤の安全に関する規則を取り込んだ通則の IEC60947-1 が JIS C 8201-1 として規格化され，個別製品規格も，配線用遮断器の IEC60947-2 あるいは電磁開閉器の IEC60947-4-1 が JIS C 8201-2 および JIS C 8201-4-1 として制定された。また，電気設備技術基準へも IEC 規格が導入され，規格・規則の面から機器および電気設備のグローバル化が進行している。

一方，後者は，顧客の電気設備を国内向けと海外向けとに区別せず，統一することによるトータルコストダウンを追求したグローバル化である。安全でしかも経済的に盤内構成を実現できる低圧開閉機器が要求されると同時に，配線工数の削減や盤内の省スペースの実現も要求されている。

このような状況の中で，電動機保護回路に目を向けてみると，従来の機器の構成は，短絡保護機能の配線用遮断器と開閉機能の電磁接触器，それに過負荷保護機能のサーマルリレーを含む三つの機器で構成されていた。

本稿では，**図1**に示す配線用遮断器とサーマルリレーの機能をコンパクトに一体化した「マニュアルモータスタータ」（MMS）を紹介する。この新商品は，IEC 規格および UL 規格に合致したグローバル仕様の商品で，電動機保護の構成機器を大きく変える可能性を有している。以下に MMS の特徴や仕様，構造について，その概要を述べる。

図1　MMS の特徴



小型化	取付け面積　配線用遮断器＋サーマルリレー：100％ →MMS：43％（57％減）
高遮断容量化	AC400V 25，50，100kA（標準型） 50，100kA（高性能型）
短絡保護協調	IEC 60947-4-1 タイプ1，2
配線工数低減	配線用遮断器＋電磁接触器＋サーマルリレー：100％ →MMS＋電磁接触器：50％（50％減）
規格対応	国内規格：JIS C 8201-1，JIS C 8201-2， JIS C 8201-4-1，電気用品安全法 海外規格：IEC 60947-1，IEC 60947-2， IEC 60947-4-1，UL 508， CSA C22.2 No.14

2　MMS の狙いと特徴

2.1　電動機保護回路のグローバル化に対応

MMS は，電動機保護回路に適用されるモータブレーカであり，IEC60947-4-1 に定める使用負荷 AC-3 級に適合した，電動機回路の手動による電気的開閉が可能である。また，電動機の過負荷・欠相保護機能を備えている点が，既存のモータブレーカと大きく異なる点である。さらに，短絡遮断時の発生エネルギーを低減させる高い限流能力を有するので，従来のモータブレーカや配線用遮断器と比較して定格限界遮断容量（I_{cu}）がきわめて高い。

MMS は，電動機の高頻度開閉や遠隔開閉を行う場合は，電磁接触器と組み合わせて使用する。電磁接触器の負荷側で短絡事故が生じた場合に，上位の短絡保護器でどこまで電磁接触器の損傷を防ぐことができるかが，短絡保護器の能力を決める大きなポイントとなる。IEC 規格では，その損傷度合いにより，タイプ 1 とタイプ 2 に区分され，電磁接触器が再使用可能なレベルとしてタイプ 2 を定義してお

久保山　勝典

配線用遮断器の設計およびマニュアルモータスタータの設計・開発に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

川田　久夫

配線用遮断器，漏電遮断器，およびマニュアルモータスタータの設計に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

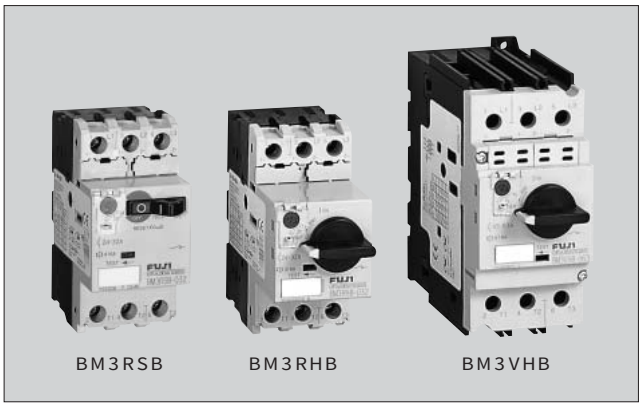
浜田　佳伸

マニュアルモータスタータの設計に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

り，MMSは，高い限流性能によって高遮断容量領域まで電磁接触器との組合わせでタイプ2を満足できる。

MMSは，配線用遮断器とサーマルリレーの機能を小型に一体化したので，盤内取付けの床面積が当社比57％と低減し，省スペースが図れるとともに配線工数が低減できる。さらに，従来の配線用遮断器と電磁接触器は外形幅が異なっていたが，MMSは，組み合わせるSC-M，SC-Eシリーズの電磁接触器と同一幅にしたので，盤内の機器配置が合理的にできる。

図2　MMSの外観



2.2　豊富な定格

図2にMMSの外観を示す。操作部や定格電流調整部の視認性を高めるため，表面のカバーは明るい色調に統一している。**表1**にMMSの定格と仕様を示す。定格絶縁電圧690 V，定格電流32 Aフレームの BM3R型は，15定格，定格絶縁電圧1,000 V，63 Aフレームの BM3V型は，9定格を用意している。電動機容量に置き換えると32 Aフレームで AC200 V/7.5 kW，AC400 V/15 kW，63 Aフレームで AC200 V/15 kW，AC400 V/30 kWまでの広範囲の電動機回路に適用できる。遮断容量は，AC415（400）V回路25 kAの汎用品と50 kAの高遮断容量品の2シリーズをそろえている。

表1　MMSの定格と仕様

項目＼フレーム（A）		32								63			
基本型式		BM3RSB				BM3RHB				BM3VHB			
極　数		3				3				3			
操作ハンドルのタイプ		ロッカータイプ				ロータリータイプ				ロータリータイプ			
定格電流（A）		0.16～32				0.16～32				10～63			
定格絶縁電圧 U_i（V）/ インパルス耐電圧 U_{imp}（kV）		AC690/6				AC690/6				AC1,000/8			
使用カテゴリー	IEC60947-2, JIS C 8201-2	カテゴリーA				カテゴリーA				カテゴリーA			
	IEC60947-4-1, JIS C 8201-4-1	AC-3				AC-3				AC-3			
過負荷・欠相保護		有				有				有			
瞬時引外し特性		最大設定電流の13倍				最大設定電流の13倍				最大設定電流の13倍			
耐久性	機械的（回）	100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				50,000			
	電気的（回）	100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				25,000			
定格限界遮断容量 I_{cu}（kA） IEC60947-2 JIS C 8201-2	定格使用電流 I_e（A）	240 V	415 V	460 V	690 V	240 V	415 V	460 V	690 V	240 V	415 V	460 V	690 V
	1.6以下	100	100	100	100	100	100	100	100	—			
	1.6～2.5				3				8				
	2.5～4.0												
	4.0～6.3			50					6				
	6.3～10			15				50		100	100	50	6
	9～13		50	10									
	11～16		25				50	35	4		50		5
	14～20	50											
	19～25											35	
	24～32												
	28～40	—				—							
	35～50												
	45～63												
外形寸法W×H×D（mm）		45×90×68				45×90×79				55×110×96			

2.3　国際商品化

MMS は，標準品で新 JIS 規格（JIS C 8201-2，8201-4-1）と IEC 規格（IEC60947-2，60947-4-1）に適合し，UL508，パートⅢ手動電動機制御の「Group Installation」や，電動機回路における断路器としての「Suitable for Motor Disconnect」のカテゴリーを取得している。したがって，日本，欧州および北米を含む全世界の地域の制御盤内機器として適用できるため，顧客の部材標準化や在庫圧縮に大きく寄与できるグローバル商品といえる。また，カドミウムフリー接点やリサイクル性を考慮した熱可塑性樹脂の採用など，環境に優しい商品でもある。

2.4　安全性への配慮

感電などの電気災害を防止するため，端子構造は，通電状態において操作者の安全を確保する保護等級の IP20 を標準品で満足している。すなわち，操作者や保守点検者の指が端子充電部に直接触れないフィンガープロテクション構造である。また，IEC 規格が配線用遮断器に要求するアイソレーション（断路構造）にも適合している。これは，主接点が万一溶着した状態でもハンドルがオフ表示しないと同時に，ハンドルをオフロックできないフェイルセイフ構造を意味する。これを満足する MMS は，EU 機械指令の基本安全規格 EN60204-1 の「給電遮断装置」への適用が可能である。

2.5　高い操作性

MMS のハンドル構造は，ロッカータイプとロータリータイプの 2 種類としている。ロッカータイプは，オン，オフ，トリップ表示を区別し，緊急停止時，オフ操作を素早く認識できるように，IEC による「停止」を示す赤色をカバーのオフ側に表示することで，視認性を高めた。また，ロータリータイプのトリップ状態は，オンとオフの中間角度で停止する構造としている。さらに，配線用遮断器のトリップボタンと同様に，MMS 動作と付属品の接点信号のシーケンス確認用のテストトリップ機能を装備した。

2.6　全機種共通の付属品

内装および外装付属品は，MMS の全機種で共用化し，顧客でワンタッチ取付け可能とした。取付け方法も本体カバーのねじを外すことなく，外側から簡単に装着できるため，制御盤でのさまざまな仕様変更に迅速に，しかも現場で対応ができる。また顧客での省配線や工数低減を実現する豊富な配線部材も準備した。

3　構造と性能

3.1　全体の構成

主要な機能部はユニット構造とし，最適な配置で構成した。各フレーム間で基本部品を共用化した開閉機構部は，本体中心に配置し，電源側に内装付属品収納部と電源端子部を，負荷側に過電流引外しユニット（OCR 部）と負荷側端子を配置した構成とし，さらに，開閉機構部の下部に絶縁壁で仕切られた可動子と消弧部を含む遮断部を配置した。特に 32 A フレームは小型化するため各機能部の組込みはねじレスとし，さらに主要 3 点のカバー，中ケースとケースはすべてスナップフィット組立方式とした。

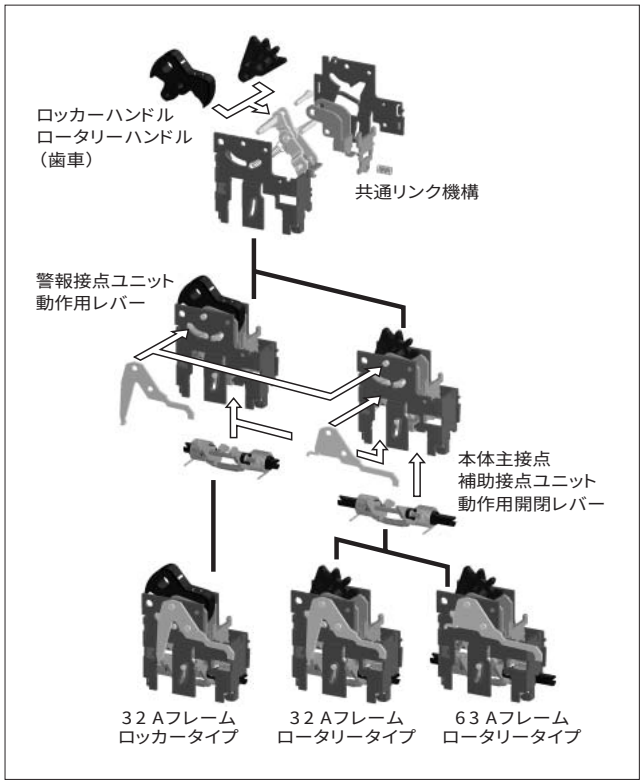
3.2　開閉機構部

図 3 に開閉機構部の内部構造およびフレーム間の組合せを示す。主要な開閉機構部品を小型化し，45 mm 幅の 32 A フレームと 55 mm 幅の 63 A フレームで同一サイズとした。さらに，骨格となるリンク機構を全シリーズで共用化し，生産性を高めた構成とした。この結果，生産ラインでハンドル操作部を交換するだけでロッカータイプとロータリータイプの開閉機構部が構成できる。また，共通開閉機構部から可動子への伝達は，フレームごとの異なる相間ピッチに対応させるため，開閉レバー方式を採用した。さらに，MMS 全シリーズで共用可能な付属品取付けを可能にするため，開閉機構部から付属品への動作伝達部品を共通リンク機構から分離した構成とした。具体的には**図 3** に示す，前述した開閉レバーおよび警報接点ユニット動作用レバーに各フレームの動作伝達機能を持たせている。

3.3　遮断部

MMS の遮断部の特徴は，短絡遮断時のエネルギー低減を目的とした各相 2 接点開極構造とした点である（**図 4** 参照）。短絡電流発生時に可動子は，固定子の平行導体部と作用する電磁反発力により跳ね上がり，さらに転流板の磁

図３　開閉機構部の構成



気ヨーク部で加速されて開閉機構部のトリップ動作を待たずに瞬時に接点が開極する。また，瞬時コイルの鉄心の動作で可動子を直接開かせる直動部品を採用することで，瞬時引外し動作時の強制開極機能と，短絡遮断時の遮断完了まで可動子の開極距離を維持する機能を持たせた。さらに，**図5**に示すように，転流板は，遮断時に発生したアークを接点上から消弧グリッドへ転移させる磁気駆動力を高め，発生したアークを素早く引き伸ばして消弧する機能を持っている。

次に実際の遮断時のアーク連続写真（**図6**）と遮断オシログラム（**図7**）を示す。400 V/50 kA の短絡電流通電開始から接点が開離し，アークが消滅するまでわずか 2.5 ms で遮断が完了していることが分かる。遮断時のアーク電圧（V_p）は，電源電圧以上の約 600V を維持しており，ピーク電流（I_p）は約 12 kA に限流し，遮断完了時間は，一般の配線用遮断器が約 10 ms かかるのに対し，約 1/4 ときわめて短い。このような遮断部構造を採用した結果，通過遮断エネルギー（I^2t）は，富士電機の配線用遮断器に対し 1/5 以下に低減され，小型かつ高遮断容量の MMS が実現できた（**図8**参照）。

IEC 規格における電磁接触器と短絡保護機器の保護協調タイプ 2 の条件は，両者を組み合わせて遮断したとき，電磁接触器の溶着があってはならないことである（軽微な溶

図4　MMS の内部構造と遮断アークの動き

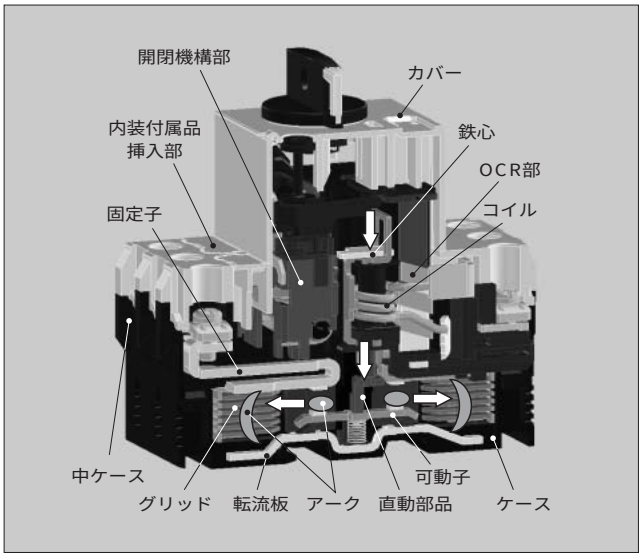


図5　遮断原理

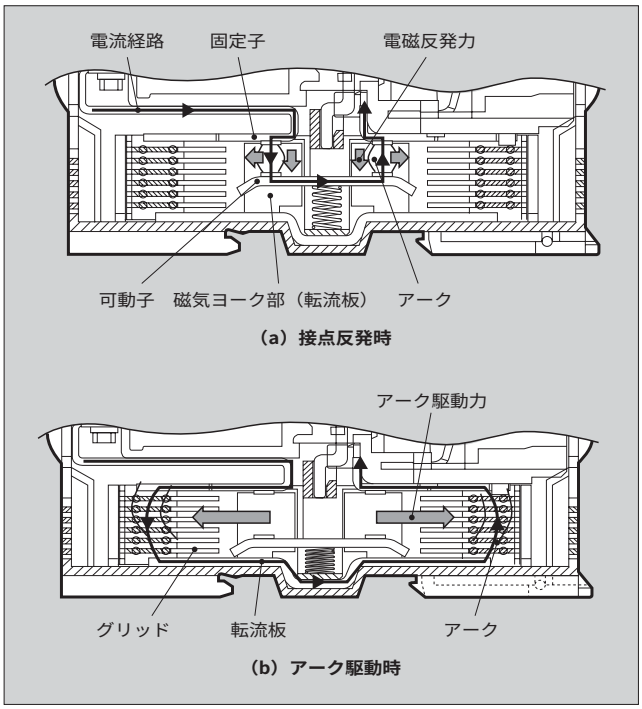


図6　アーク連続写真

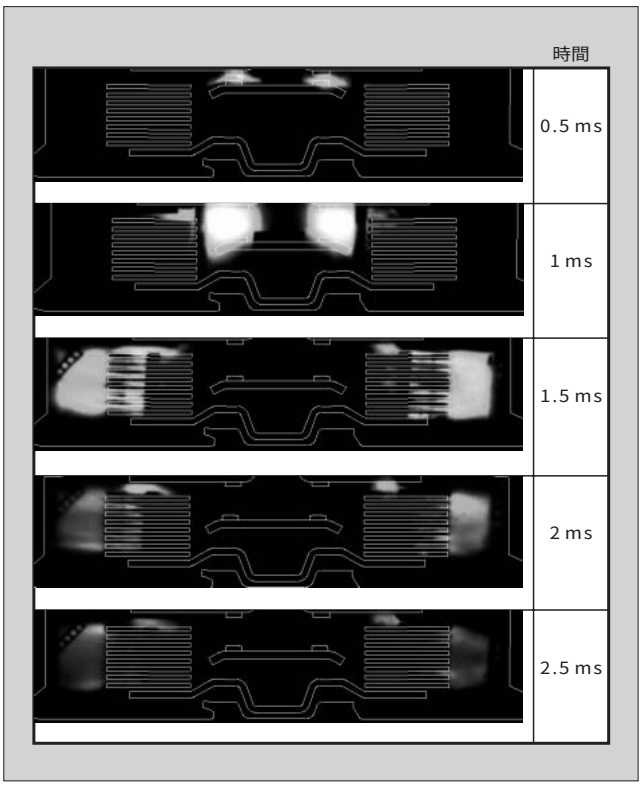


図7　遮断オシログラム

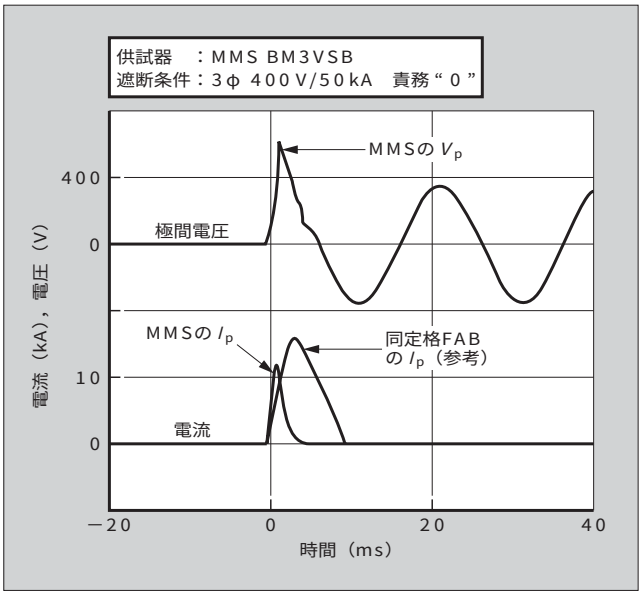


図８　遮断 I^2t（ブレーカ比較）

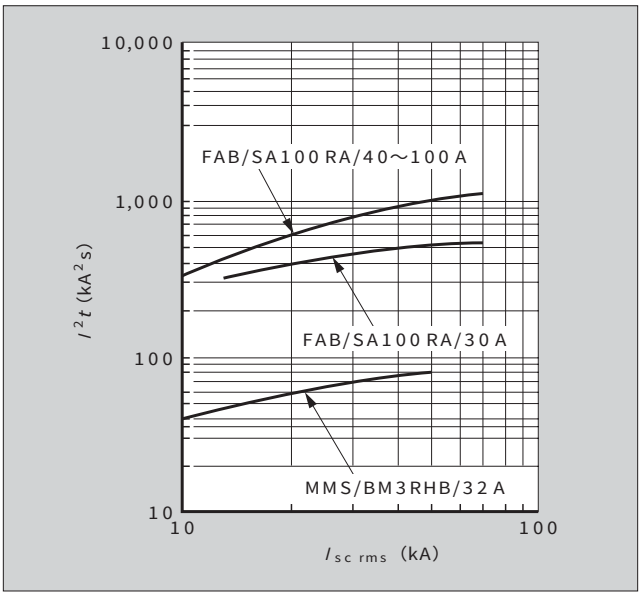
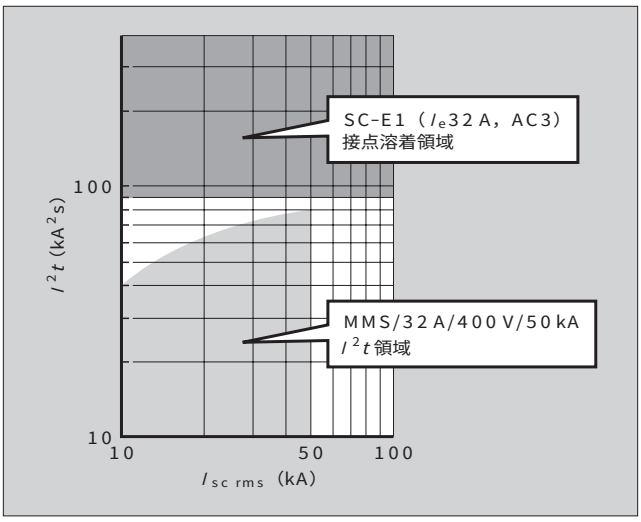


図９　電磁接触器の I^2t 溶着領域



着可）。電磁接触器の溶着を防止するには，遮断時の通過エネルギーである I^2t 値を低減させることが重要である。例えば，電磁接触器 SC-E シリーズの場合（**図９**参照），I^2t が約 90 kA^{2}s 以上の範囲で溶着が起きていることが分かる。

一方，MMS/32 A の 400 V/50 kA における I^2t は約 80 kA^{2}s 以下であることから，電磁接触器が溶着しない領域であり，MMS がタイプ 2 の条件に合致した短絡保護機器であることが分かる。MMS と富士電機の電磁接触器を組み合わせたコンビネーションスタータの詳細は本号の別稿（コンパクト一体型コンビネーションスタータ）を参照されたい。

3.4　ねじレスモールドケース

3.1 節で述べた 32 A フレームの部品組立は，ねじを使っていない。**図10**に示すように，中ケースとケースのスナップフィット部にかかる遮断時のガス圧力による応力解析や組立時の応力解析を実施し，材質，厚み，形状など最適条件を検証した。この解析により，小型・高遮断容量品（AC400 V/50 kA）でしかも生産性を高めたねじレスモールドケース構造の 32 A フレームが実現できた。

図10　遮断時のスナップフィット応力解析

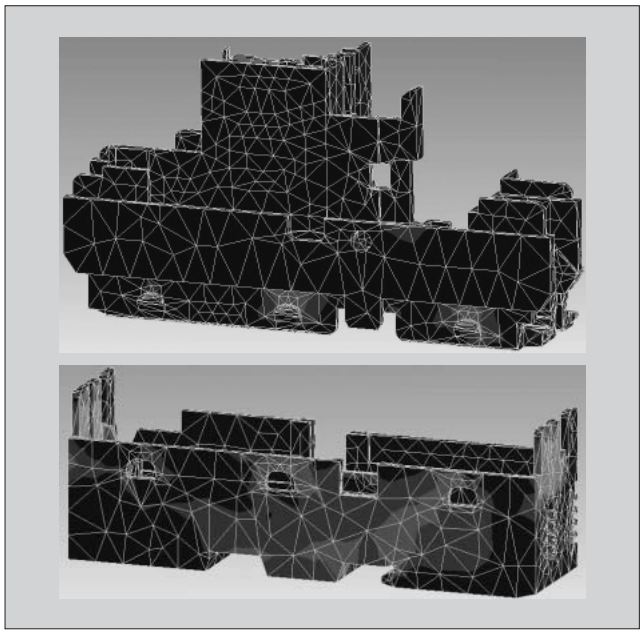


表２　引外し性能の規格要求値

分類 / 項目	配線用遮断器		サーマルリレー
	JIS C 8370	IEC60947-2	IEC60947-4-1
過負荷引外し特性	100％不動作	105％不動作	105％不動作
	125％動作	130％動作	120％動作
欠相特性	なし	なし	要求あり

3.5　過電流引外し部（OCR 部）

電動機の過負荷および欠相保護特性は IEC60947-4-1 に適合している。**表２**は，過電流引外し特性に対する各規格要求値を示し，IEC60947-4-1 は配線用遮断器との協調を考慮し，過負荷引外しの最低動作電流倍率を 120 %に制限している。さらに欧州では標準仕様の三相 3 素子型による電動機の欠相検出特性を要求している。富士電機の実績あるサーマルリレー技術を集約させた差動レバー機構の採用で，IEC の欠相機能も含めた要求性能を達成した。

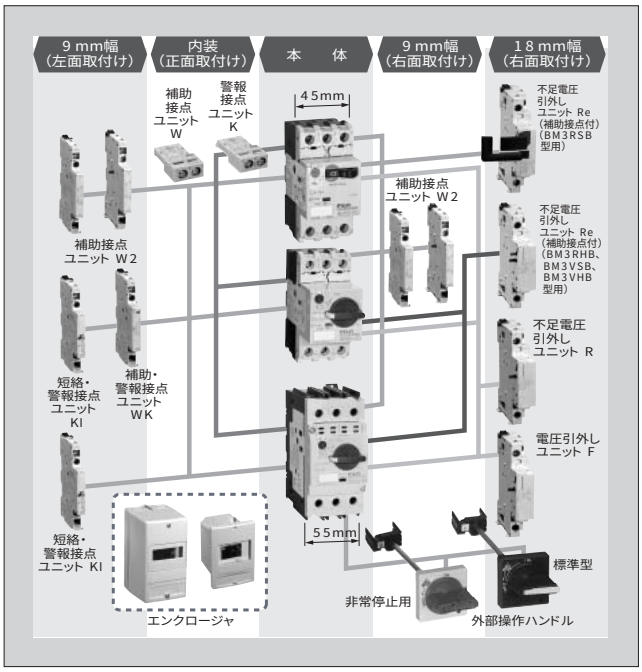
4　付属品の構造と特徴

4.1　内装・外装付属品

図11に付属品構成を示す。内装・外装付属品は，全機種に共通で顧客がワンタッチで取付けできる構造とした。

内装付属品は本体内部に取付け可能なため，制御盤の内部配線後も装着可能である。外装付属品は，MMS の左と右に同時，もしくは左または右に重ねて装着できるため，MMS 本体一つで，内装・外装あわせて最大 6 接点追加可

図11　付属品構成



能であり，制御盤内の構成変化に柔軟に対応できる。外装の補助・警報ユニットはトリップ状態を接点信号と同時に外から見える機械的表示も備え，状態の視認性を高めた。

ロッカータイプの MMS は，保護等級 IP41 と IP55 タイプのモールドの箱（エンクロージャ）を準備することで，設置場所の環境に合わせた適用ができる。

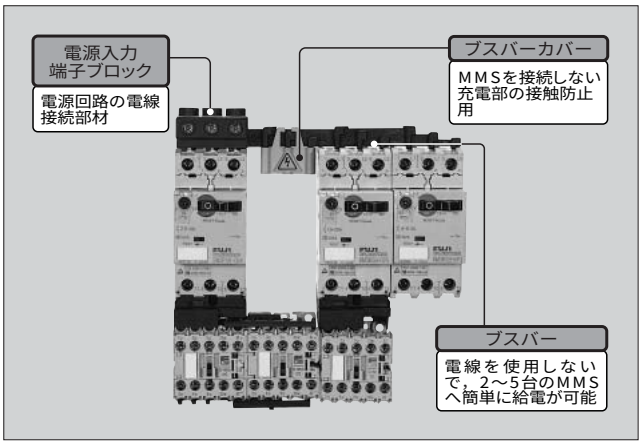
ロータリータイプの MMS は，制御盤の扉の外側から開閉操作を可能にする従来の配線用遮断器の V 形に相当する外装ハンドルを準備している。

このように MMS 本体用に内装・外装付属品を含め，制御盤の多様な要求に応える豊富な付属品をそろえている。

4.2　ブスバーシステム

図12 に示すブスバーシステムは，複数の MMS を横配列し，分岐回路を構成する場合に有効な配線部材である。

図12　ブスバーシステム



電源回路電線接続用の電源入力端子ブロック，配列した本体の電源側の渡り電線を不要にするブスバー，さらに MMS を接続しないブスバーへの接触防止に使用するブスバーカバーなど豊富に取りそろえている。この電源入力端子ブロックとブスバーも組み立てた状態で端子充電部への接触を防止する構造である。したがって，これらの配線用付属品を採用することで，安全で，しかも複雑な配線作業が簡素化され，省配線と工数削減を可能にした制御盤を構成できる。

5　あとがき

以上，富士電機の新しい電動機制御回路用保護器である MMS の特徴と性能について説明した。日本市場の制御盤に対するグローバル化要求，および顧客の制御機器に対する国際仕様要求に合致した本商品は，従来の電動機回路の機器構成に変革を与えるものであり，本体性能だけでなく，省配線まで見据えた豊富な付属品により，顧客要求を満足するものと考える。今後も低圧開閉・制御機器への要求を真摯（しんし）に受け止め，新商品開発に努力する所存であり，顧客各位のご指導をお願いする次第である。

コンパクト一体型コンビネーションスタータ

武内　志乃夫（たけうち　しのぶ）　永廣　勇（ながひろ　いさむ）　代島　英樹（だいじま　ひでき）

1　まえがき

配線用遮断器や電磁接触器など，富士電機の低圧開閉機器は，「国際性」「安全性」「実用性」「小型化」「環境性」などの面で優れた特徴を有し，各種負荷へ幅広く適用され，さまざまな分野において好評を得てきた。

近年，低圧開閉機器に関する規格の国際化が進むとともに，機械設備における電源装置の安全性がますます高いレベルで要求されている。さらには，自動化が進んだ近代的な工場では，運転の信頼性の確保とともに，万が一の短絡事故の発生などに対しても，安全に事故電流を遮断することはもとより，迅速な復旧が可能な電気設備の構築が求められている。

本稿では，電動機回路においてそれらの要求を実現したコンビネーションスタータを電動機容量 400 V，22 kW までシリーズ化したので紹介する。**図 1** にその外観を示す。

2　開発の狙いと特徴

従来のコンビネーションスタータは，短絡保護機能を有する配線用遮断器，電動機の始動・停止を行う電磁接触器および過負荷保護を行うサーマルリレーを盤上で組み合わせて構成されていた。新型のコンビネーションスタータは，本号の別稿（電動機制御回路用保護器「マニュアルモータスタータ」）で紹介する「マニュアルモータスタータ」（MMS）と，近年新たに発売した電磁接触器の SC-M シリーズおよび SC-E シリーズを専用の配線部材を用いてコンパクトに一体化し，省スペース化や省配線化を狙うとともに，短絡保護協調に関する UL，IEC 規格に適合した組合せを取りそろえて世界市場への幅広い対応を可能にするものである。

2.1　構　造

(1)　構　成

図 2 に示すとおり，コンビネーションスタータは MMS，電磁接触器，接続モジュールと，組合せ機器の定格によってはベースプレートで構成される。従来の電動機制御回路とコンビネーションスタータ使用時の比較を**図 3** に示す。

従来の配線用遮断器，電磁接触器，サーマルリレーによる構成と比較し，短絡保護機能のみならず，MMS にサーマルリレーの機能である過負荷保護，欠相保護機能を持たせたことによって，画期的な構成になっており，取付け面

図１　コンビネーションスタータの外観

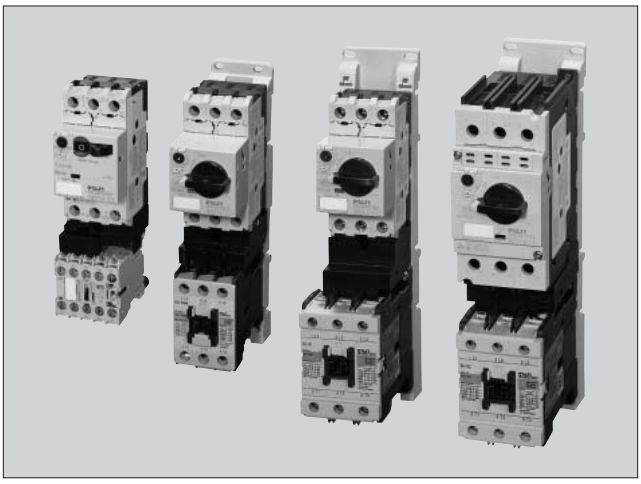
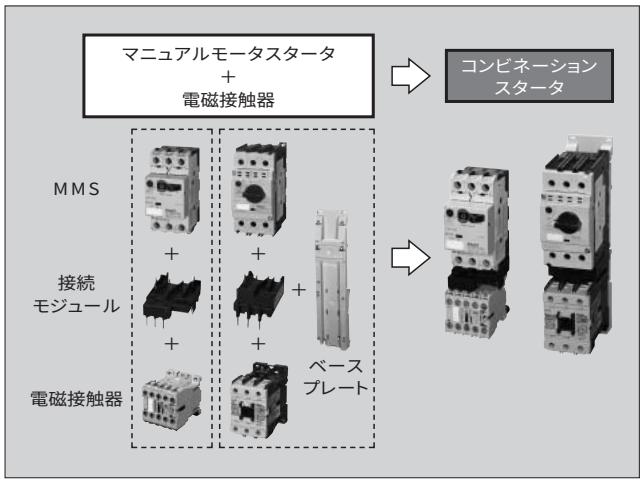


図２　コンビネーションスタータの構成



武内　志乃夫

電子化機器，電磁開閉器，コンビネーションスタータの開発・設計および台湾駐在で汎用電気機器の技術支援に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

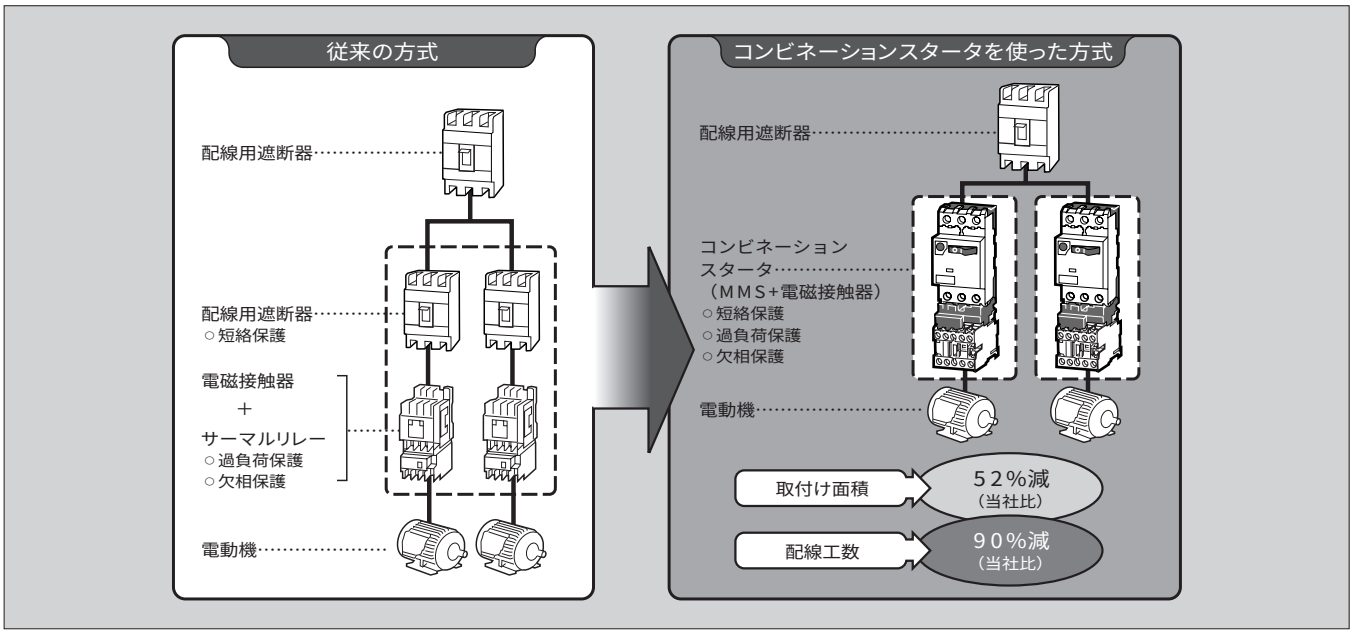
永廣　勇

マニュアルモータスタータ，コンビネーションスタータの開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

代島　英樹

制御機器のシミュレーション技術の開発を経て，制御機器の設計に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

図３　電動機制御回路の比較



積比率で約 50 %減，配線工数で 90 %減を実現している。

(2)　幅寸法の統一

小型・中型電磁接触器の横幅 43，45，54，67 mm に対して MMS の横幅 45，55 mm と寸法を合わせており，一体化したときの統一感，スリム化および業界標準寸法化を図っている。

(3)　モジュール化とブロックビルド方式

電磁接触器および MMS のオプション部品，内装・外装付属品は後付けモジュールとしており，必要な機能は必要分のみブロックビルド方式で取付けできる構造としている。

2.2　グローバルな規格対応

(1)　国内外の短絡保護協調の規格動向

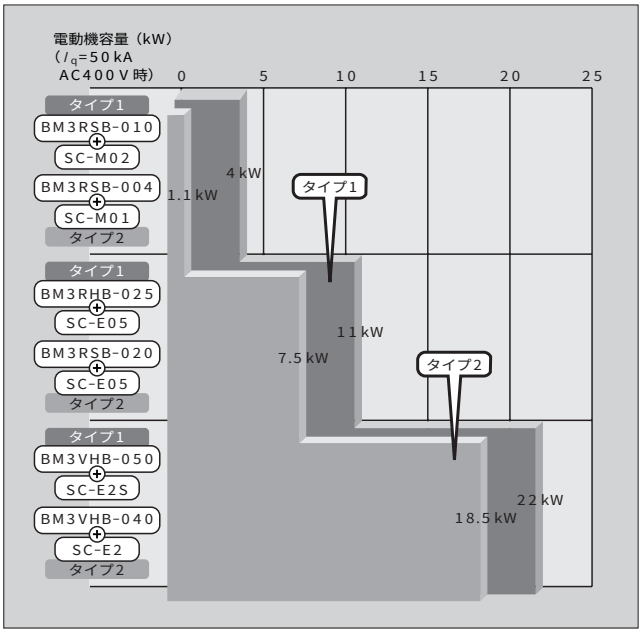
従来 JIS，JEM における電磁接触器の規格において短絡保護協調の規定はなく，国内では短絡事故発生後に電磁開閉器を交換することが一般的に行われていた。唯一 JEM 1195 で配線用遮断器と電磁接触器の組合せにおける短絡遮断後の機器の損傷レベルが規定されているが，モータコントロールセンタなど特定分野に限定され，一般顧客が機器選定における基準にはなりえていなかった。

一方，IEC，UL においては，従来から組合せ機器間の保護協調レベルをそれぞれランク分けする思想があった。IEC の 60947-4-1，電磁接触器の規格における短絡保護装置との協調の規定および UL508 の「Combination motor controllers」の規定である。両者の規定は，短絡保護機能の回路遮断器と開閉・過負荷保護機能の電磁開閉器の組合せ性能レベルを短絡電流に対する損傷および再使用可能判定などから明確にしたものであり，一般のユーザーに対し，安全かつ信頼性を高めた保護機器選定を可能にしたものである。

(2)　IEC 規格への対応

IEC60947-4-1 の電磁接触器と短絡保護機器との協調に

図４　コンビネーションスタータの組合せ機器と保護協調のタイプ，電動機容量の概要



は，短絡電流が規格で規定されている“ r ”とメーカー保証の“ Iq ”に区分され，さらに保護の程度によりタイプ 1 とタイプ 2 に分類される。

タイプ 1 は，電磁接触器，サーマルリレーの損傷は認められ，点検時に部分的あるいは全体的な交換を必要とする組合せで，電磁接触器の接点の溶着は許可される。一方，タイプ 2 は，電磁接触器の接点の軽い溶着を除くいかなる損傷もあってはならず，点検時に交換することなく，引き続き使用できなければならない。従来，タイプ 2 の保護協調は電磁接触器とヒューズとの組合せでしか達成できなかった。新型コンビネーションスタータは，電磁接触器と MMS との組合せでタイプ 2，短絡電流 400 V，50 kA を実

表１　UL508のパート4－コンビネーション電動機制御機器のタイプ

タイプ	使用機器	機器規格	機器の機能			
			断路	分岐回路の保護	電動機制御	電動機の過負荷保護
A	手動式断路器	UL98またはUL1087	○			
	ヒューズ	UL248シリーズ		○		
	電磁式または半導体電動機制御機器	UL508			○	
	過負荷継電器	UL508				○
B	手動式断路器	UL98またはUL1087	○			
	電動機短絡保護器	UL508		○		
	電磁式または半導体電動機制御機器	UL508			○	
	過負荷継電器	UL508				○
C	反限時回路遮断器	UL489	○	○		
	電磁式または半導体電動機制御機器	UL508			○	
	過負荷継電器	UL508				○
D	瞬時引外し回路遮断器	UL489	○	○		
	電磁式または半導体電動機制御機器	UL508			○	
	過負荷継電器	UL508				○
E	自己保護制御装置	UL508	○	○	○	○
F	手動式自己保護コンビネーション制御機器	UL508	○	○		○
	電磁式または半導体電動機制御機器	UL508			○	

現している。

このことが可能になった理由として，① MMS に格段の遮断性能を持たせ，短絡電流遮断時のアークエネルギーを極小化したこと，②電磁接触器の復帰力，接点の接触圧力，接点の材料などを MMS の遮断性能と調和させたということ，すなわち MMS の遮断時間，通過 I^2t，電磁接触器の接点動作挙動などを含めたコンビネーションスタータとして総合的に性能を確保する組合せとしたことが挙げられる。

コンビネーションスタータの組合せ機器と保護協調のタイプ，電動機の容量の概要を**図４**に示す。

(3)　UL 規格

従来，北米において，NEC（National Electrical Code）に基づき，ヒューズ，配線用遮断器と電磁接触器の組合せ機器として電動機保護回路で使用できるタイプ A からタイプ D の規定があったが，近年その規定にタイプ E とタイプ F が新設された。

表１に UL508 の電動機制御機器のタイプを示す。

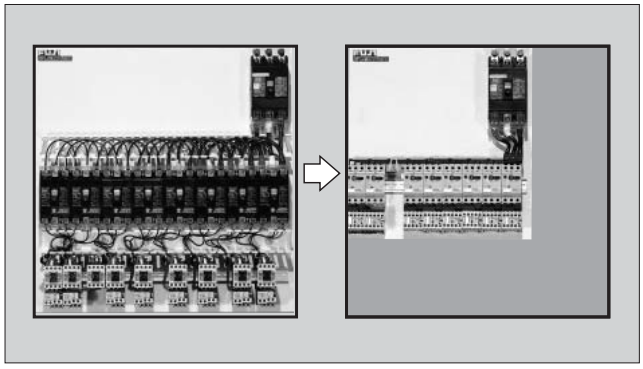
表１のとおりタイプ F は，短絡保護機器として構造および性能上の追加要求を満足した UL508 機器を採用可能としており，この結果バックアップの UL489 機器を省略できるため，まさしく**2.2**節の(1)項で述べた MMS の電動機制御回路への採用を拡大させる狙いと合致している規定といえる。

これらの動向を踏まえて今回開発したコンビネーションスタータは，電磁接触器と MMS の組合せで IEC，UL それぞれの規格に適応できる性能を持っている。

2.3　省スペース

図５に示すとおり，ブスバーシステムなどモジュール化した構成機器の組合せにより MMS 使用時は，従来の配線用遮断器，電磁接触器，サーマルリレー使用時と比較して取付け面積が約 50 %となり大幅な省スペースを実現している。

図５　省スペースの効果



3　あとがき

以上，MMS と電磁接触器とから構成されるコンビネーションスタータについての概要を紹介した。このコンビネーションスタータは富士電機の多年にわたる配線用遮断器と電磁接触器の豊富な経験と蓄積された技術を盛り込んだ製品である。

今後もよりいっそうの性能の向上を図り，市場の要求に応えるよう努力していく所存であり，需要家各位のご指導をお願いする次第である。

1回路用電力監視ユニット

高橋　文人（たかはし　ふみと）　樋口　貞夫（ひぐち　さだお）　谷　敏明（たに　としあき）

1　まえがき

近年，「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）や国際規格 ISO14001 環境マネジメントシステム認証などの社会的背景から，工場，事業所における省エネルギー活動は重要な課題となっており，エネルギー削減のためのさまざまな努力が重ねられているが，エネルギー消費の増加は今後も続くと思われる。

2003 年 4 月 1 日には「エネルギーの使用の合理化に関する法律の一部を改正する法律」（改正省エネ法）が施行され，従来，多量のエネルギーを使用する製造業などを第一種エネルギー管理指定工場として 5 業種の工場に限って指定していたが，その指定対象が拡大し全業種が対象となった。この結果，大規模オフィスビルやホテル，病院なども指定対象となり，将来的な省エネルギー計画（中長期計画）の作成・提出，定期の報告などが義務づけられた。また，第二種エネルギー管理指定工場は，工場・事業場におけるエネルギー使用量などの状況について，従来のエネルギー使用量などに関する記録義務に代えて定期的な報告が義務づけられた。

改正省エネ法では，設備の省エネルギーの目標値や運転保守などに関して「管理標準」を設定し，これに準拠した管理を行うことを義務づけ，工場・事業場のみならず，設備単位でのきめ細かい管理の徹底を求めている。このような市場動向を受けて富士電機では，すでに保護継電器とマルチメータを一体化した高圧受配電用ディジタル型多機能継電器「F-MPC60 シリーズ」，1 台で最大 10 回路（三相 3 線時）の計測が可能でしかも予防保全機能を備えた配電監視ユニット「F-MPC04」や，1 台で最大 8 回路（三相 3 線時）の計測に特化した電力監視ユニット「F-MPC04P」などを発売している。また，これらの F-MPC シリーズ機器の計測，状態データを，汎用パソコンを用いて収集管理する電力管理システム「F-MPC Net」も提供し好評を得ている。

今回，より末端に分散している個別設備や負荷機器の電気エネルギー計測に適し，デマンドメータ，高調波メータ機能などの計測機能も充実した 1 回路用の電力監視ユニット，およびこれに漏電計測・リレー機能も搭載した配電監視ユニットの 2 種類を開発したので紹介する。**図 1** にその外観を，また**表 1** に機能仕様を示す。

図 1　1 回路用電力監視ユニットの外観

表 1　1回路用電力監視ユニットの機能仕様

項目 ＼ 種類・型式		電力監視ユニットUM03-ARA3 配電監視ユニットUM03-ARA3G
適用回路		三相3線，単相3線，単相2線
計測機能	現在値	電流，電圧，有効電力，有効電力量，力率，周波数，無効電力，無効電力量 ＊漏れ電流，＊基本波漏れ電流
	デマンド値	電流，電力，総合高調波電流
	デマンド履歴値（最大値）	電流，電力，総合高調波電流 ＊漏れ電流，＊基本波漏れ電流
リレー出力		電流プレアラーム（OCA） ＊漏電プレアラーム（OCGA） ＊漏電アラーム（OCG）
外部インタフェース		RS-485 Whパルス出力

＊印の機能は配電監視ユニット　UM03-ARA3Gに装備

高橋　文人

アナログ，ディジタル電子機器の設計に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部主任。

樋口　貞夫

プログラマブルコントローラの開発を経て，エネルギー管理機器の開発試験に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター品質保証部主任。

谷　敏明

エネルギー監視機器の開発に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。電子情報通信学会会員。

2　製品仕様と特徴

1回路用電力監視ユニットは，電流，電力，電力量などエネルギー監視に必要な計測機能を1台に収納したディジタル型マルチメータで，主な特徴は次のとおりである。**表2**に本ユニットの計測仕様を示す。

2.1　高速サンプリングによる皮相電力計法の採用

本ユニットは電圧，電流の計測を，電圧入力周波数の1サイクルを基本単位として，この1サイクルに64回のサンプリングを連続的に行い，この値から電力などの各電気量を演算している。これにより基本波に高調波成分が含まれている場合でも高い計測精度を維持するとともに，無効電力，力率などの計測に適した「皮相電力計法」による計測を可能としている。この「皮相電力計法」は溶接機などの間欠電流やインバータ回路など，高調波成分が多く含まれる回路計測に適している。

なお本ユニットは市販計器で一般的に採用されている「無効電力計法」の機能も備えており，いずれかを選択設定して使用することができる。

2.2　電力監視システム構築が容易なインタフェースを装備

各種コントローラ，パソコンに接続できるRS-485通信インタフェースを標準装備しており，汎用パソコンを用いた電力監視システムが経済的に構築でき，拡張・変更への対応が容易である。

2.3　電流・漏電アラームリレー出力機能を搭載

電流プレアラーム（OCA）リレー出力機能を搭載しており，過負荷時の警報あるいは負荷遮断信号として活用ができ，目標値管理に有効である。また，漏電計測機能を搭載したユニットは漏電プレアラーム（OCGA）リレー出力機能，漏電アラーム（OCG）リレー出力機能も搭載しており，EW型ZCTあるいはZCT付き配線用遮断器と組み合わせることにより，ケーブルや負荷機器の絶縁劣化など，設備の保守管理に適している。なお，この漏電プレアラームリレーの動作は基本波成分のみで動作させるモードと，高調波を含んだ電流で動作させるモードがあり，整定時に選択することにより設置環境に応じた使い分けが可能である。

2.4　警報時の計測値表示機能および記憶機能を装備

あらかじめ設定した目標値に対して電流プレアラーム，漏電プレアラームなどのリレーが動作した場合，表示器の点滅で警報を表示するとともに，そのときの計測最大値も表示するので原因の究明を迅速に行うことができる。この電流プレアラームおよび漏電プレアラームのリレー接点は，その要因がなくなると自動復帰するが，表示器はリセット操作をするまでは点滅表示を継続するので一時的な要因で動作した場合でも履歴が分かる。また，本ユニットの制御電源が喪失してもこの点滅表示および計測値は内部のROMにデータ保存され，復電すれば再び表示される。

2.5　コンパクト形状

48 × 96（mm）のパネルカット寸法に装着できるコンパクトな形状で，機械装置や設備末端の個別負荷などへの設置に適しており，電力監視システムの現場端末や従来の個別メータの置換えなど幅広く適用できる。

2.6　グローバル対応

工作機械などに組み込み，エネルギー原単位管理用途が今後予想される。機械組込み輸出対応を踏まえ，CEマーク，UL認証取得を進めている。

表2　1回路用電力監視ユニットの計測仕様

計測項目	表示けた数	計測範囲	計測精度
電　流	4	400A分割型CT使用：0，1.6～600A 200A分割型CT使用：0，0.8～300A 50A分割型CT使用：0，0.2～50A /5A CT＋50A分割型CT：0，0.02～7.5A（/5A CT二次換算）	±1.5％・FS （I_Sは±2.5％・FS）
総合高調波電流	4		±2.5％・FS
電　圧	4	直接入力：60～264V VT二次：60～1.5・V_n（V）	±1.5％・FS （V_{WU}は±2.5％・FS）
有効電力	4	±0～9,999kW （乗率10^{-3}～10^{2}）	±1.5％・FS
無効電力	4	±0～9,999kvar （乗率10^{-3}～10^{2}）	±3％・FS
有効電力量	5	0～99,999kWh （乗率10^{-3}～10^{2}）	JIS普通級相当 （力率0.5～1～－0.5）
無効電力量	5	0～99,999kvarh （乗率10^{-3}～10^{2}）	±3％
力　率	3	進み0～1～遅れ0	±5％・FS（90°位相角換算）
周波数	3	45～66Hz	±0.5％・FS
漏れ電流	4	0，0.01～1A	±2.5％・FS

3　監視ユニットの演算・動作

3.1　電圧・電流のサンプリングと実効値演算

電圧・電流の計測は，入力電圧（入力端子 Vu－Vv 間電圧）から1サイクルの時間を計測し，この1サイクルを基本単位として64回/サイクルのサンプリングを全サイクル連続して行っている。このサンプリングデータから各相ごとの電圧，電流および漏れ電流を演算して計測値表示を行う。**図2**にサンプリングの概念図を示す。また，以下に電圧，電流の実効値演算式を記す。

$$V_{RMS}=\sqrt{\frac{1}{64}\sum_{n=1}^{64}(V_n)^2}$$

$$I_{RMS}=\sqrt{\frac{1}{64}\sum_{n=1}^{64}(I_n)^2}$$

このように，常に周波数変動に応じた1サイクル時間を求め，さらに1サイクルに64回のサンプリングというきめ細かいデータと二乗加算平均により，基本波に高調波成分を含んだ回路の計測に対しても正確な実効値の計測を可能にしている。

一方，信号入力回路には外来ノイズに対する安定性確保の目的でフィルタ回路を内蔵しているが，このフィルタのカットオフ周波数は，1kHz 以上に設定しており，**表3**，**図3**に示すように，インバータなどの回路に多く含まれる3～11次高調波の範囲の計測では実用的に誤差が生じないようにしている。

本器は三相3線回路，単相3線回路および単相2線回路への適用が可能で，この種別は内部の演算により自動的に判別しているが，単相2線回路へ使用する場合は，電圧信号が周波数計測されている端子 Vu－Vv 間に入力することが必要である。

3.2　有効電力の演算（消費，回生）

本ユニットでは2電力計法にて有効電力演算を行っており，その表示は通常の消費電力では「符号なし」，回生電力では「マイナス（－）符号付き」となる。基本波成分の電圧に対する電流の位相差に置き換えると，消費電力は－90°～0°～＋90°の範囲となり，回生電力時は－90°～－180°および＋90°～＋180°の範囲となる。基本演算式は次のとおりである。

$$\text{有効電力 } P=\frac{1}{64}\sum_{n=1}^{64}V_n\cdot I_n$$

V_n ：電圧瞬時値

I_n ：電流瞬時値

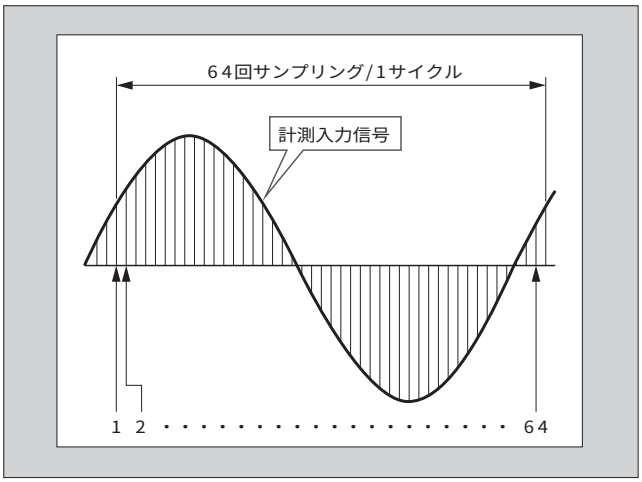
3.3　無効電力および力率の演算

本ユニットの無効電力および力率の演算・表示は，次の二とおりの方式が選択可能となっている。

(1)　無効電力計法

一般市販の計器や，電力大口需要家に設置される無効電力計や力率計と同様に，電圧と電流の基本波成分の位相差を測定値として求める。一般式は下記となる。

図2　計測データサンプリング概念図



無効電力 $Q = V_1 \cdot I_1 \cdot \sin\theta_1$

V_1 ：基本波電圧実効値

I_1 ：基本波電流実効値

θ_1 ：基本波電圧と基本波電流の位相差

力率 $PF=P/\sqrt{P^2+Q^2}$

P ：有効電力

Q ：無効電力

符号は，無効電力で求めた極性を用い，遅れ位相は符号なし，進み位相時はマイナス（－）を付けている。

(2)　皮相電力計法

3.1節の演算式で求められた高調波成分も含めた実効値電圧と実効値電流の積で求まる皮相電力と，**3.2**節の有効電力から無効電力および力率を演算する。基本演算式を下記する。

皮相電力 $S = V_{RMS} \cdot I_{RMS}$

V_{RMS} ：高調波成分を含む総合電圧実効値

I_{RMS} ：高調波成分を含む総合電流実効値

無効電力 $Q=\sqrt{S^2-P^2}$

力率 $PF = P/S$

符号は，無効電力計法と同様に，遅れ位相は符号なし，進み位相時はマイナス（－）を付けている。本方式の力率は，電圧と電流の位相差を表すのでなく，皮相電力に対する有効電力比となる。このように無効電力計法は有効電力，無効電力とも電圧・電流の同じ周波数成分（基本波成分）の位相差だけが表れるのに対し，皮相電力計法は基本成分だけでなく高調波成分も含めた値となる。

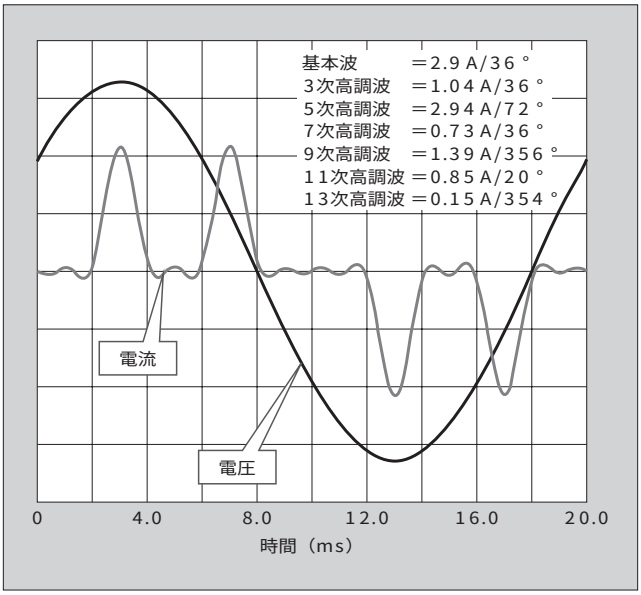
一般の計器では無効電力計法が多く用いられているが，電圧が基本波で，電流に高調波を含む場合（インバータなどのコンデンサ入力型整流回路などの電子機器）は，高調波成分によるロス分が無効電力，力率に含まれない。このためこのような高調波電流が多分に含まれる場合の無効電力，力率の計測は皮相電力計法を用いたほうが電気的な品質を管理するうえでは望ましいといえる。

表3は無効電力計法と皮相電力計法の相違を理論値と実測値により比較したもので，この比較値は，**図3**に示すよ

表３　無効電力計法と皮相電力計法の相違

分類 / 項目	理論値		実測値	
	無効電力計法	皮相電力計法	無効電力計法	皮相電力計法
電流値〔R〕(A)	4.620		4.62	4.62
電流値〔T〕(A)	4.620		4.62	4.62
有効電力（kW）	0.894		0.873	0.873
無効電力（kvar）	0.650	1.516	0.653	1.513
力　率	0.801	0.508	0.80	0.50

図３　インバーター次電流の模擬波形



うなインバーター次回路電流を模擬したものである。図中右上の値は，模擬電流の基本波および高調波成分の入力値と，電圧に対する位相差である。回路条件は，入力電圧220 V，三相３線である。

3.4　有効電力量・無効電力量

積算電力は，全サイクル連続して（波形の欠落なく）測定した有効電力，無効電力すべての測定値データを積算しているので，溶接機などの間欠電流入力波形に対しても確実な積算計測が可能となっている。

運転中に装置の制御電源が喪失した場合は，これらの積算値は，本ユニットに設定されているCT比などの各種データやデマンド最大値，あるいは電流プレアラームなど警報が発生している場合はこの情報も含めE^2ROMに確実に保存され，復電時は停電直前の状態から再び運転が開始できるように構成している。

4　あとがき

保護継電器や電気指示計器の基盤技術がディジタル型に急速に移行しているが，CPUの処理能力の向上，適用技術の向上が大きく寄与している。今回これらの性能を生かして，インバータ負荷や間欠電流負荷に対してもより高精度の計測が可能な１回路用電力監視ユニットを開発した。

従来の多回路複合型F-MPCシリーズと併用して適用用途の拡大，点数に応じたより経済的なシステム構築を可能にするものと確信している。また，小型ケース構造により機械装置への組込みも少スペースで可能であり，この分野への適用拡大も期待するものである。

電気保全技術者の仕事は，従来の安定供給・安定稼動にとどまらず，省エネルギーの推進へと拡大しており，エネルギー監視と予防保全を統合化した現場機器として開発を行ったわけで，必ずやお役に立つと考えている。

今後とも需要家各位のご意見・ご指導により一層の向上を図っていく所存である。

参考文献

(1)　鹿野俊介ほか．ディジタル形電力監視用機器と電力監視システム．富士時報．vol.72, no.7, 1999, p.403-409.
(2)　鹿野俊介ほか．省エネルギー支援・エネルギー監視機器「F-MPCシリーズ」．富士時報．vol.74, no.11, 2001, p.632-637.
(3)　省エネルギーセンター．〈http://www.eccj.or.jp/〉.
(4)　電機事業連合会．〈http://www.fepc.or.jp/〉.

カンパニー別営業品目

電機システムカンパニー

情報・通信・制御システム，水処理・計測システム，電力システム，放射線管理システム，FA・物流システム，環境システム，電動力応用システム，産業用電源，車両用電機品，クリーンルーム設備，レーザ機器，ビジョン機器，電力量計，変電システム，火力機器，水力機器，原子力機器，省エネルギーシステム，新エネルギーシステム，UPS

機器・制御カンパニー

電磁開閉器，操作表示機器，制御リレー，タイマ，ガス関連機器，配線用遮断器，漏電遮断器，限流ヒューズ，高圧受配電機器，電力制御機器，電力監視機器，交流電力調整器，検出用スイッチ，プログラマブルコントローラ，プログラマブル操作表示器，ネットワーク機器，インダクションモータ，同期モータ，ギヤードモータ，ブレーキモータ，ファン，クーラントポンプ，ブロワ，汎用インバータ，サーボシステム，加熱用インバータ，ミニ UPS

電子カンパニー

磁気記録媒体，パワートランジスタ，パワーモジュール，スマートパワーデバイス，整流ダイオード，モノリシック IC，ハイブリッド IC，半導体センサ，サージアブソーバ，感光体およびその周辺装置

富士電機リテイルシステムズ（株）*

自動販売機，コールドチェーン機器，フードサービス機器，通貨関連機器

＊平成 15 年 4 月 流通機器システムカンパニーと富士電機冷機（株），吹上富士自販機（株）は再編統合され，富士電機リテイルシステムズ（株）として発足しました。

富士時報	第 76 巻 第 8 号	平成 15 年 7 月 30 日 印刷 平成 15 年 8 月 10 日 発行 定価 525 円（本体 500 円・送料別）
編集兼発行人	原嶋 孝一	
発行所	富士電機株式会社 技術企画室	〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目 11 番 2 号 （ゲートシティ大崎イーストタワー）
編集室	富士電機情報サービス株式会社内 「富士時報」編集室	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 （新宿コヤマビル） 電話（03）5388 －7826 FAX（03）5388 －7369
印刷所	富士電機情報サービス株式会社	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 （新宿コヤマビル） 電話（03）5388 －8241
発売元	株式会社オーム社	〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目 1 番地 電話（03）3233 －0641 振替口座 東京 6－20018

© 2003 Fuji Electric Co., Ltd., Printed in Japan（禁無断転載）

富士時報論文抄録

コンパクト型インバータ「FRENIC-Mini シリーズ」

松本　吉弘　　石井　新一　　中西　孝司
富士時報　Vol.76 No.8 p.453-456（2003）

「FRENIC-Mini シリーズ」は小型・低価格を狙った機種であるが，単純な可変速用途だけでなく水平搬送などの，これまで上位機種で対応していた性能・機能を低価格で実現した。また，ノイズ低減や鉛フリーはんだの一部適用などの環境への配慮，長寿命化などの保守性の改善を行い，世界で広く使用できるグローバル製品とすることをコンセプトとした。本稿では，その特徴を中心に紹介する。

PWM コンバータ「RHC-C シリーズ」

豊田　敏久　　木下　操　　金沢　直樹
富士時報　Vol.76 No.8 p.457-460（2003）

汎用インバータなどの可変速駆動システムに適用される PWM コンバータは，高調波抑制対策ガイドラインへの適応や，電源回生機能による省エネルギー対策，電源設備容量の低減などを目的に，さまざまな用途に適用されている。このような状況のもと，容量系列の拡充を図り，各種通信機能の対応，タッチパネルの標準装備などにより，機能，操作性を飛躍的に向上させた「RHC-C シリーズ」を新たに開発した。本稿では，RHC-C シリーズの特徴，仕様について紹介する。

高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」の制御技術

市中　良和　　山田　達也　　宮下　勉
富士時報　Vol.76 No.8 p.461-464（2003）

従来，専用のコントローラや可変速駆動装置が使われてきた分野において，性能・機能が大幅に向上した汎用インバータのシステムをカスタマイズして適用するケースが年々増加してきている。本稿では，「FRENIC5000VG7S」の特徴である，誘導機から同期機，直流機までを駆動できる制御技術と，柔軟性のあるディジタル制御システム技術を生かした応用例に加え，プログラマブル機能を備えたオプションカードを利用したアプリケーション実施例について紹介する。

新型業務用加熱インバータ

白石　博隆　　角垣　隆宣　　白木　敏明
富士時報　Vol.76 No.8 p.465-467（2003）

世の中のグローバル化につれて環境保全・衛生管理の徹底に関する認識がますます高まってきており，食品・厨房（ちゅうぼう）分野での IH 化が家庭用電磁調理器の普及拡大に呼応して活発になっている。今回，富士電機ではテーブルビルトイン加熱器などに適用できるビルトイン型新 2.5 kW 業務用加熱インバータを製品化した。本稿では，その仕様，回路構成および特徴を紹介する。

高性能 AC サーボシステム「FALDIC-αシリーズ」の系列拡大

林　寛明　　三垣　巧　　五十嵐　功
富士時報　Vol.76 No.8 p.468-471（2003）

富士電機のサーボシステム「FALDIC-αシリーズ」は，発売以来好評をいただいているが，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，今回，中容量 FALDIC-αシリーズを発売した。このシリーズは，2.9 kW から 15 kW までの容量拡大に加え，16 ビットシリアルエンコーダの採用，「制振制御」「ノッチフィルタ」の標準装備を実現している。本稿では，この中容量 FALDIC-αシリーズの概要，仕様，特徴について紹介する。

統合コントローラ「MICREX-SX」によるモーションコントロールシステム

富永　保隆　　有薗　義博　　羽鳥　秀夫
富士時報　Vol.76 No.8 p.472-475（2003）

モーションコントロールでの，複雑な位置決め，制御軸数の増大，扱いやすさの向上などの要求に対応するため，「MICREX-SX」で使われるモーションコントロールモジュール（MC モジュール）を開発した。MC モジュールは，8 軸のサーボシステム「FALDIC-α」を制御し，複雑な連続位置決めを実行できる。また，モーションコントロールとシーケンス制御を独立して作成でき，システムの開発，保守が容易である。本稿では，MC モジュールを用いたモーションコントロールシステムの特徴と，その適用事例について紹介する。

モーションコントロールシステムの適用事例

井本　博幸　　富永　保隆　　相田　忠勝
富士時報　Vol.76 No.8 p.476-479（2003）

統合コントローラ「MICREX-SX」，サーボシステム「FALDIC-α」では，3 種類のモーションコントロール方式を選択できる。本稿では，FB 方式（CPU モジュール），表形式（MC モジュール）および分散配置（サーボアンプ）のプログラム方法，システム構成を説明する。また，実際の適用事例を示し，機械の動きによるモーションコントロール方式の選択方法を紹介する。

大容量 UPS「UPS6000D-3 シリーズ」

山本　弘　　幸林　久詩　　池田　健一
富士時報　Vol.76 No.8 p.480-483（2003）

信頼度の高い常時インバータ給電方式の大容量 UPS を開発した。冷却方式の改良により，IGBT パワーユニットを大容量化しつつも，装置の小型・軽量化を実現した。DSP による高速ディジタル制御方式で，負荷容量の増加に応じた UPS の増設や高信頼度システムの構築が可能な「完全独立並列システム」に対応している。また，Web/SNMP カードを標準搭載し，UPS の運用状態をネットワーク経由で容易に監視することが可能である。

Abstracts (Fuji Electric Journal)

RHC-C Series of PWM Converters

Toshihisa Toyota Misao Kinoshita Naoki Kanazawa
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.457-460 (2003)

PWM converters such as utilized in a general-purpose inverter-based variable speed driving system are suitable for various applications because they aim to comply with guidelines for the suppression of harmonic emission, to achieve energy-savings by means of a power regeneration function and to reduce the capacitance of power facilities. Under these circumstances, the RHC-C series of PWM converters was newly developed to dramatically enhance functionality and ease of operation by expanding the capacity of the series, providing support for all types of communication functions, and coming equipped with a touch panel as standard equipment. This paper introduces the features and specifications of the RHC-C series.

New Induction Heating Inverter for Professional Use

Hirotaka Shiraishi Takanobu Kadogaki Toshiaki Shiroki
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.465-467 (2003)

As globalization increases, there is heightened interest in environmental protection and careful sanitation management. In the food products and kitchen industries, the trend toward increased use of induction heating (IH) is gaining momentum in response to the growing popularity of electromagnetic cooking appliances. Fuji Electric has recently commercialized a new built-in-type 2.5 kW professional-use induction heating inverter that can be used in heaters that are built into tables. This paper presents the specifications, circuit configuration and features of this induction heating inverter.

Motion Control System for Integrated Controller "MICREX-SX"

Yasutaka Tominaga Yoshihiro Arizono Hideo Hatori
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.472-475 (2003)

In response to requests for motion control that is capable of complicated positioning, has a greater number of control axes and is easier to use, Fuji Electric has developed a motion control module (MC module) that used by the MICREX-SX. The MC module control 8 axis FALDIC-α servo systems and can perform complicated and continuous positioning operations. Moreover, the motion control and sequence control can be implemented independently to simplify system development and maintenance. This paper introduces the characteristics and application examples of a motion control system that utilizes MC modules.

UPS6000D-3 Series of Large Capacity Uninterruptible Power Systems

Hiroshi Yamamoto Hisashi Koubayashi Kenichi Ikeda
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.480-483 (2003)

Fuji Electric has developed a large capacity UPS for highly reliable always-on inverter-based power supply systems. An improved cooling system enables the device to be made smaller and lighter in weight, while increasing the capacity of the IGBT power unit. DSP-based high-speed digital control supports fully autonomous parallel systems capable of adding UPS capacity in response to an increase in load volume and enabling the configuration of highly reliable systems. A Web/SNMP card is provided as standard equipment, making it possible to easily monitor the UPS operating status via a network.

FRENIC-Mini Series of Compact Inverters

Yoshihiro Matsumoto Shinichi Ishii Takashi Nakanishi
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.453-456 (2003)

The FRENIC-Mini series of inverters were designed to be small size, low-cost and to realize a level of performance and functionality that was previously only available with top-of-the-line inverter models, and are suitable for sophisticated applications such as horizontal transport as well as simple tasks such as variable speed operation. Featuring a longer life, improved maintainability and an environmentally-conscious design that incorporates noise reduction measures and the use of lead-free solder in some parts, this inverter series was designed to be a global product that can be used in a wide-range of applications. This paper introduces features of the FRENIC-Mini series of inverters.

Control Technologies with Vector-Control-Inverter "FRENIC5000VG7S System"

Yoshikazu Ichinaka Tatsuya Yamada Tsutomu Miyashita
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.461-464 (2003)

In fields where dedicated controllers and variable speed driving systems once were used, year-by-year it is becoming increasingly common to utilize a customized general-purpose inverter system that provides dramatically enhanced performance and functionality. This paper presents the features of the FRENIC5000VG7S and describes control technology capable of driving a wide range of devices, from induction machines to synchronous machines and DC machines. In addition to example applications that leverage flexible digital control system technology, an example of a practical application of a programmable option card is also presented.

Extension of AC Servo System "FALDIC-α Series"

Hiroaki Hayashi Takumi Migaki Isao Igarashi
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.468-471 (2003)

Since its release onto the market, Fuji Electric's FALDIC-α Series servo system has been well received. However, in response to requests from industries such as printing machines, molding machines, large conveying equipment, etc., Fuji Electric has recently released a medium-capacity FALDIC-α Series. For this series, capacity has been increased from 2.9 to 15 kW, and a 16-bit serial encoder, vibration suppressing control and a notch filter are provided as standard equipment. This paper presents an overview of the medium-capacity FALDIC-α Series and introduces its specifications and features.

Example Applications of Motion Control System

Hiroyuki Imoto Yasutaka Tominaga Tadakatsu Aida
Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.476-479 (2003)

Three types of motion control methods are selectable with the MICREX-SX integrated controllers and the FALDIC-α servo systems. This paper describes the FB (CPU module), tabular (MC module) and distributed (servo amp) programming methods and system configurations. Examples of actual application are described and a method for selecting a motion control method according to the action of the machine is presented.

新型単相中容量 UPS「UPS6000D-1 シリーズ」

日永田　守　　石井　紀好　　加藤　雅彦
富士時報　Vol.76 No.8 p.484-487（2003）

性能，機能での差別化が難しくなってきた中容量 UPS の中で，「UPS6000D-1 シリーズ」は，周辺盤機能を UPS 本体に組み込み，構成部品の最適化を図り，従来の UPS と周辺盤を合わせた設置面積に比べて 89 %と小さく，質量も 84 %と軽量化を達成した。直送入力電圧，UPS 出力電圧の 100 V/200 V の要求を 1 台の UPS で対応，保守作業もオンライン保守を実現した製品である。本稿では，UPS6000D-1 の特徴，構成および要素技術を紹介する。

ミニ UPS の系列拡大とネットワーク対応

三反畑　博　　田中　伸央　　内藤　英臣
富士時報　Vol.76 No.8 p.488-492（2003）

ミニ UPS のさまざまな用途とその管理に対する市場要求への対応として電源ソリューションビジネスに取り組んでいる。カスタム仕様タイプの UPS として，メンテナンスフリーを実現した瞬時電圧低下対策装置の「DipHunter」，エレベータ向けの「P シリーズ」，輸出用の「海外電圧対応 J シリーズ」「NetpowerProtect 200 V 3,000 VA」のラックタイプ，また，ネットワーク対応のための UPS 周辺機器として，「マルチサーバシャットダウンボックス」「Web/SNMP カード」，UPS 管理ソフトウェア「NetpowerView F」をそれぞれ紹介する。

電動機制御回路用保護器「マニュアルモータスタータ」

久保山 勝典　　川田　久夫　　浜田　佳伸
富士時報　Vol.76 No.8 p.493-498（2003）

現在，国内の技術基準への IEC の導入がすでに始まり，低圧開閉機器の規格および顧客の電気設備のグローバル化が進行している。さらに安全で経済的に盤内構成が実現できる低圧開閉機器を待望する顧客要求が高い。本稿では，配線用遮断器とサーマルリレーの機能をコンパクトに一体化し，国内の電動機回路の機器構成に変革を与える新商品であるマニュアルモータスタータの本体，ワンタッチ取付け付属品および省配線部材の特徴，仕様，構造について紹介する。

コンパクト一体型コンビネーションスタータ

武内 志乃夫　　永廣　勇　　代島　英樹
富士時報　Vol.76 No.8 p.499-501（2003）

コンビネーションスタータは，マニュアルモータスタータ，電磁接触器，接続モジュールと，組合せ機器の定格によってはベースプレートで構成される。このコンビネーションスタータは，電動機の過負荷保護，欠相保護が可能で，さらにヒューズを使用せずに 400 V，50 kA に対する短絡保護協調のタイプ 2（IECでの分類）を実現した画期的な電動機制御機器である。

1 回路用電力監視ユニット

高橋　文人　　樋口　貞夫　　谷　敏明
富士時報　Vol.76 No.8 p.502-505（2003）

省エネルギーを計画的に推進するためには設備や負荷機器のエネルギー使用実態を把握したうえで，目標設定，対策実施，効果確認が必要である。このためには現場への計量器設置による計測ときめ細かい管理が必要となる。本稿では，高精度かつ豊富な計測機能を有し，さらにリレー機能により電気設備の保全監視も可能で，特に機械装置や設備末端負荷への設置に適した電力監視ユニットを紹介する。

Expansion of Mini-UPS and Support of Networked Operation

Hiroshi Sandanbata Nobuhisa Tanaka Hideomi Naitou

Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.488-492 (2003)

Fuji Electric is working to provide power supply solutions in response to market needs for various mini-UPS applications and for the control of those applications. This paper introduces the following custom-spec UPSs: the DipHunter, a maintenance-free system that helps prevent brownouts, the P series for use in elevators, the foreign voltage-compliant J series for export, and the NetpowerProtect 200 V, 3,000 VA rack-type. Additionally, the Multi-servo Shutdown Box, the Web/SNMP card and NetpowerView F UPS control software are also introduced as UPS peripheral devices that support networked usage.

UPS6000D-1 Series of New-type Medium Capacity Uninterruptible Power Systems

Mamoru Hieda Noriyoshi Ishii Masahiko Katou

Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.484-487 (2003)

Among the class of medium capacity uninterruptible power systems where it is difficult to achieve product differentiation, the UPS6000D-1 Series has incorporated peripheral functions into the UPS main unit and has optimized component parts to achieve a smaller footprint and lighter weight of 89 % and 84 %, respectively, than the conventional UPS and its peripheral panel. Able to meet demands for 100 V/200 V direct input voltage and UPS output voltage with a single UPS unit, this new product series also allows maintenance to be performed online. This paper presents the features of the UPS6000D-1, and describes its configuration and elemental technologies.

Development of Compact Combination Starter

Shinobu Takeuchi Isamu Nagahiro Hideki Daijima

Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.499-501 (2003)

The combination starter consists of a Manual Motor Starter, an electromagnetic contactor, and a link module, and together a base plate according to device ratings. The combination starter is an innovative electric motor control device that enables overload and open phase protection for an electric motor, and furthermore type 2 (IEC classification) short-circuit protection coordination for 400 V and 50 kA without the use of a fuse.

Motor Circuit Protection “Manual Motor Starters”

Katsunori Kuboyama Hisao Kawata Yoshinobu Hamada

Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.493-498 (2003)

At present, IEC standards have already begun to be adopted as Japanese technical standards, and the trend toward globalization of standards for low-voltage switching devices and of customer electronic equipment is progressing. Moreover, customer demand is increasing for low-voltage switching devices that are safe and can be configured at low cost within a panel. This paper introduces the features, specifications and construction of the Manual Motor Starter, a revolutionary new product that integrates the function of a circuit breaker and a thermal overload relay into a single compact unit that is revolutionizing the configuration of electronic motor circuits in Japan. Also described are snap-on accessories and wire-saving components.

One Circuit-type Electric Power and Distribution Monitor Unit

Fumito Takahashi Sadao Higuchi Toshiaki Tani

Fuji Electric Journal Vol.76 No.8 p.502-505 (2003)

In order to promote energy conservation, after determining the actual state of energy usage by equipment or load devices, it is necessary to set targets, implement energy-reducing measures and verify the effect of those measures. For these purposes, onsite measurement by measuring instruments and precise control are essential. This paper introduces a high-precision electric power monitoring unit that provides an abundance of measuring functions. This electric power monitoring unit is equipped with a relay function that makes it possible to monitor the maintenance status of electric equipment. The unit is especially suited for installation in mechanical systems and at terminal load in equipment.

富士電機株式会社

本社事務所	☎(03)5435-7111	〒141-0032	東京都品川区大崎一丁目11番2号（ゲートシティ大崎イーストタワー）
北海道支社	☎(011)261-7231	〒060-0042	札幌市中央区大通西四丁目1番地（道銀ビル）
東北支社	☎(022)225-5351	〒980-0811	仙台市青葉区一番町一丁目3番1号（日本生命仙台ビル）
北陸支社	☎(076)441-1231	〒930-0004	富山市桜橋通り3番1号（富山電気ビル）
中部支社	☎(052)204-0290	〒460-0003	名古屋市中区錦一丁目19番24号（名古屋第一ビル）
関西支社	☎(06)6455-3800	〒553-0002	大阪市福島区鷺洲一丁目11番19号（富士電機大阪ビル）
中国支社	☎(082)247-4231	〒730-0022	広島市中区銀山町14番18号
四国支社	☎(087)851-9101	〒760-0017	高松市番町一丁目6番8号（高松興銀ビル）
九州支社	☎(092)731-7111	〒810-0001	福岡市中央区天神二丁目12番1号（天神ビル）
首都圏北部支店	☎(048)657-1231	〒330-0802	さいたま市大宮区宮町一丁目38番1号（野村不動産大宮共同ビル）
北関東支店	☎(048)648-6600	〒330-0854	さいたま市大宮区桜木町一丁目9番地1（三谷ビル）
首都圏東部支店	☎(043)223-0702	〒260-0015	千葉市中央区富士見二丁目15番11号（日本生命千葉富士見ビル）
神奈川支店	☎(045)325-5611	〒220-0004	横浜市西区北幸二丁目8番4号（横浜西口KNビル）
新潟支店	☎(025)284-5314	〒950-0965	新潟市新光町16番地4（荏原新潟ビル）
長野支店	☎(026)228-6731	〒380-0836	長野市南県町1002番地（陽光エースビル）
東愛知支店	☎(0566)24-4031	〒448-0857	刈谷市大手町二丁目15番地（センターヒルOTE21）
兵庫支店	☎(078)325-8185	〒650-0033	神戸市中央区江戸町95番地（井門神戸ビル）
岡山支店	☎(086)227-7500	〒700-0024	岡山市駅元町1番6号（岡山フコク生命駅前ビル）
山口支店	☎(0836)21-3177	〒755-8577	宇部市相生町8番1号（宇部興産ビル）
松山支店	☎(089)933-9100	〒790-0011	松山市千舟町四丁目5番4号（住友生命松山千舟町ビル）
沖縄支店	☎(098)862-8625	〒900-0004	那覇市銘苅二丁目4番51号（ジェイ・ツービル）
道北営業所	☎(0166)68-2166	〒078-8801	旭川市緑が丘東一条四丁目1番19号（旭川リサーチパーク内）
北見営業所	☎(0157)22-5225	〒090-0831	北見市西富町二丁目18番18号
釧路営業所	☎(0154)22-4295	〒085-0032	釧路市新栄町8番13号
道東営業所	☎(0155)24-2416	〒080-0803	帯広市東三条南十丁目15番地
道南営業所	☎(0138)26-2366	〒040-0061	函館市海岸町5番18号
青森営業所	☎(017)777-7802	〒030-0861	青森市長島二丁目25番3号（ニッセイ青森センタービル）
盛岡営業所	☎(019)654-1741	〒020-0021	盛岡市中央通一丁目7番25号（朝日生命盛岡中央通ビル）
秋田営業所	☎(018)824-3401	〒010-0962	秋田市八橋大畑一丁目5番16号
山形営業所	☎(023)641-2371	〒990-0057	山形市宮町一丁目10番12号
新庄営業所	☎(0233)23-1710	〒996-0001	新庄市五日町1324番地の6
福島営業所	☎(024)932-0879	〒963-8033	郡山市亀田一丁目2番5号
いわき営業所	☎(0246)27-9595	〒973-8402	いわき市内郷御厩町二丁目29番地
水戸営業所	☎(029)231-3571	〒310-0805	水戸市中央二丁目7番33号（あいおい損保・水戸第一ビル）
茨城営業所	☎(029)266-2945	〒311-1307	茨城県東茨城郡大洗町桜道304番地（茨交大洗駅前ビル）
栃木営業所	☎(028)639-1151	〒321-0953	宇都宮市東宿郷三丁目1番9号（USK東宿郷ビル）
金沢営業所	☎(076)221-9228	〒920-0031	金沢市広岡一丁目1番18号（伊藤忠金沢ビル）
福井営業所	☎(0776)21-0605	〒910-0005	福井市大手二丁目7番15号（安田生命福井ビル）
山梨営業所	☎(055)222-4421	〒400-0858	甲府市相生一丁目1番21号（清田ビル）
長野営業所	☎(026)228-0475	〒380-0836	長野市南県町1002番地（陽光エースビル）
甲信営業所	☎(026)336-6740	〒390-0811	松本市中央四丁目5番35号（長野県鋳物会館）
松本営業所	☎(0263)40-3001	〒390-0852	松本市島立943番地（ハーモネートビル）
岐阜営業所	☎(058)251-7110	〒500-8868	岐阜市光明町三丁目1番地（太陽ビル）
静岡営業所	☎(054)251-9532	〒420-0053	静岡市弥勒二丁目5番28号（静岡荏原ビル）
京滋営業所	☎(075)253-6081	〒604-8162	京都市中京区烏丸通蛸薬師上ル七観音町637（朝日生命京都ビル）
和歌山営業所	☎(073)432-5433	〒640-8052	和歌山市鷺ノ森堂前丁17番地
鳥取営業所	☎(0857)23-4219	〒680-0862	鳥取市雲山153番地36〔鳥電商事(株)内〕
倉吉営業所	☎(0858)23-5300	〒682-0802	倉吉市東巌城町181番地（平成ビル）
山陰営業所	☎(0852)21-9666	〒690-0007	松江市御手船場町549番地1（損保ジャパン松江ビル）
徳島営業所	☎(088)655-3533	〒770-0832	徳島市寺島本町東二丁目5番地1（元木ビル）
高知営業所	☎(088)824-8122	〒780-0870	高知市本町四丁目1番16号（高知電気ビル別館）
小倉営業所	☎(093)521-8084	〒802-0014	北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号（富士電機小倉ビル）
長崎営業所	☎(095)827-4657	〒850-0037	長崎市金屋町7番12号
熊本営業所	☎(096)387-7351	〒862-0950	熊本市水前寺六丁目27番20号（神水恵比須ビル）
大分営業所	☎(097)537-3434	〒870-0036	大分市寿町5番20号
宮崎営業所	☎(0985)20-8178	〒880-0805	宮崎市橘通東三丁目1番47号（宮崎プレジデントビル）
南九州営業所	☎(099)812-6522	〒890-0046	鹿児島市西田一丁目5番1号（GEエジソンビル鹿児島）
エネルギー製作所	☎(044)333-7111	〒210-9530	川崎市川崎区田辺新田1番1号
変電システム製作所	☎(0436)42-8111	〒290-8511	市原市八幡海岸通7番地
千葉製作所	☎(0436)42-8111	〒290-8511	市原市八幡海岸通7番地
東京システム製作所	☎(042)583-6111	〒191-8502	日野市富士町1番地
神戸工場	☎(078)991-2111	〒651-2271	神戸市西区高塚台四丁目1番地の1
鈴鹿工場	☎(0593)83-8100	〒513-8633	鈴鹿市南玉垣町5520番地
松本工場	☎(0263)25-7111	〒390-0821	松本市筑摩四丁目18番1号
山梨工場	☎(055)285-6111	〒400-0222	山梨県南アルプス市飯野221番地の1
技術開発・生産センター	☎(048)548-1111	〒369-0192	埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号
機器製作所	☎(0287)22-7111	〒324-8510	大田原市中田原1043番地
(株)富士電機総合研究所	☎(0468)56-1191	〒240-0194	横須賀市長坂二丁目2番1号
(株)FFC	☎(03)5351-0200	〒151-0053	東京都渋谷区代々木四丁目30番3号（新宿コヤマビル）

昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成15年8月10日発行（毎月1回10日発行）富士時報　第76巻　第8号（通巻第821号）

e-Front runners

本誌は再生紙を使用しています。

定価525円（本体500円）