

MITSUBISHI
Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチエンジ



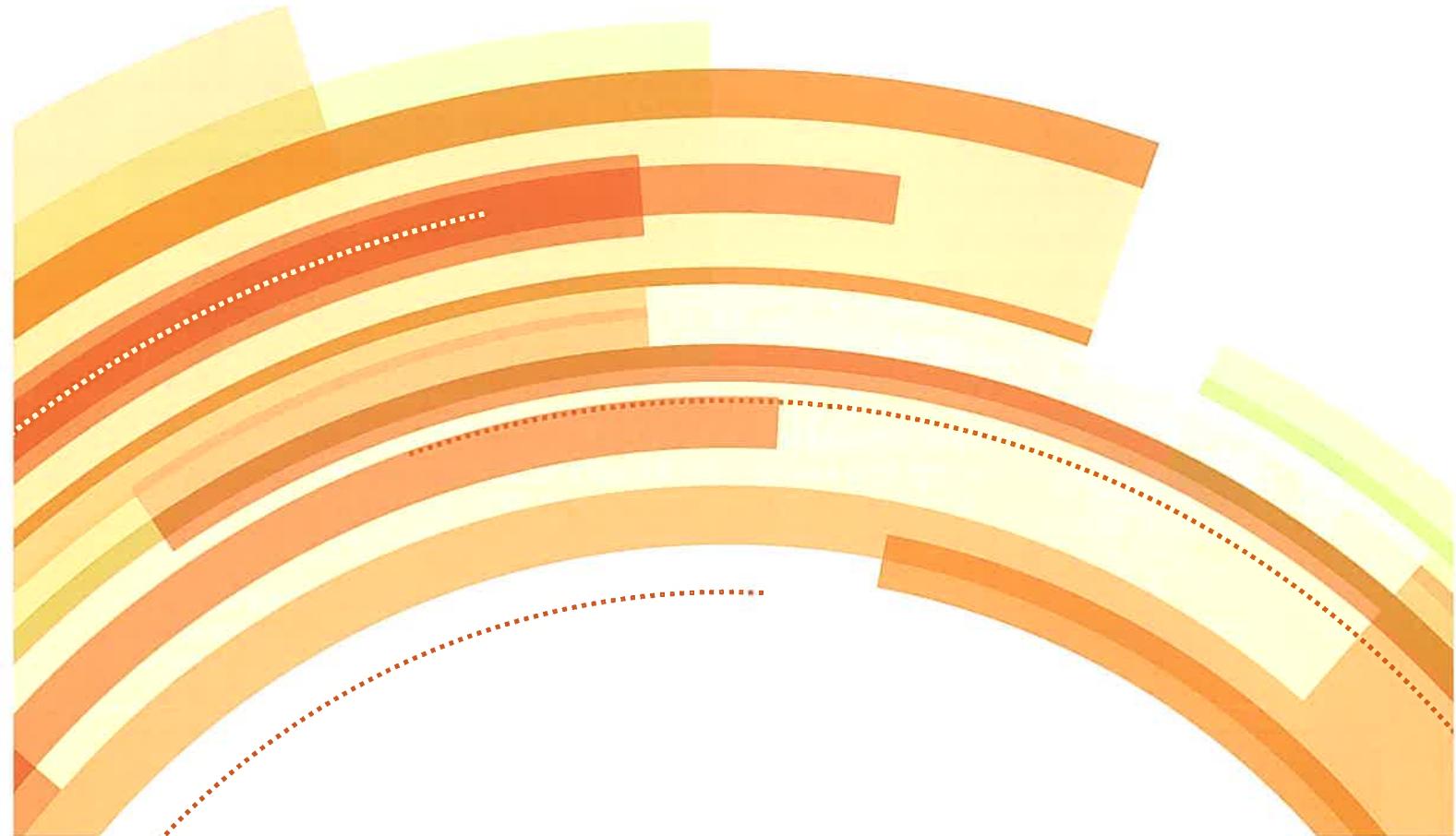
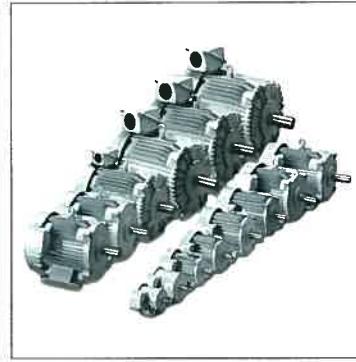
三菱電機技報

4

2014

Vol.88 No.4

「FA コントローラ・駆動制御機器の最新動向」



目 次

特集「FAコントローラ・駆動制御機器の最新動向」

グローバルものづくりに対応する "easy to use"と"e-F@ctory"の拡大	1
大久保秀之	
FAコントローラ・駆動制御機器の最新技術動向	2
小山健一	
OS非搭載モデルC言語コントローラ "Q24DHCCPU-LS"のLinux対応	7
井上直丈・山際勝美・井上志郎	
"MELSEC-Lシリーズ"省スペースユニット	11
奥山卓美・戸本千明・高木省伍・西岡隆志	
CC-Link IEフィールドネットワーク向け ブロックタイプユニット拡充	15
塩谷圭介・古川智也・亀岡裕典	
グラフィックオペレーションターミナル "GOT2000シリーズGT27モデル"	19
永利裕志・折戸孝一・長尾知幸	
C言語コントローラ／パソコン組み込み型 サーボシステムコントローラ	23
高橋仁之・柴田一樹	
次世代高機能汎用インバータ "FREQROL-A800シリーズ"	27
田中哲夫・日比野慎也・古谷真一・仁木雄大	
高性能省エネルギーモータ "スーパーラインプレミアムシリーズSF-PR形"	31
長谷川裕之・磯谷拓郎・尾本雄亮	
三菱センサレスサーボ "FR-E720EX・MM-GKRシリーズ"	35
西島大輔・諸星俊夫・宮崎高志・寺島 覚・十時詠吾	
グローバル市場に対応した最新NCシステムによる 使いやすさと生産性の向上	39
永田正広・牧野幸寛・後藤大介	
高電圧直流遮断器・開閉器の遮断技術	43
杉本康浩・麻生誠司・渡邊真也	
産業用スマートメータと検針システム	47
秋山智彦・山本将人・小林敬侍	
エネルギー計測ユニット"EcoMonitorLight"	51
松岡靖教	

特許と新案

「インバータ装置及びその製造方法」	
「レーザ装置及びレーザ加工装置」	55
「直流回路用回路遮断器及び直流回路用回路遮断装置」	56

Activities Related to Factory Automation and Drive Components

Expansion of "easy to use" and "e-F@ctory" Corresponding to Global Manufacturing	
Hideyuki Okubo	

R&D Activities Related to Factory Automation Controllers and Drive Components	
Kenichi Koyama	

OS Independent Model C Controller "Q24DHCCPU-LS" Supporting Linux	
Naotake Inoue, Katsumi Yamagiwa, Shiro Inoue	

"MELSEC-L Series" Space Saving Modules	
Takumi Okuyama, Chiaki Tomoto, Shogo Takagi, Takashi Nishioka	

Expansion of Block Type Unit for CC-Link IE Field Network	
Keisuke Shiotani, Tomoya Furukawa, Hironori Kameoka	

Graphic Operation Terminal "GOT2000 Series GT27 Model"	
Yushi Nagatoshi, Koichi Orito, Tomoyuki Nagao	

C Controller/Personal Computer Embedded Type Servo System Controller	
Kimiyuki Takahashi, Kazuki Shibata	

Next Generation High Performance Inverter "FREQROL-A800 Series"	
Tetsuo Tanaka, Shinya Hibino, Shinichi Furutani, Yuta Niki	

High Performance and Energy Saving Induction Motor "Superline Premium Series SF-PR"	
Hiroyuki Hasegawa, Takuro Isogai, Yusuke Omoto	

Mitsubishi Sensorless Servo "FR-E720EX・MM-GKR Series"	
Daisuke Nishijima, Toshio Morohoshi, Takashi Miyazaki, Satoru Terashima, Eigo Totoki	

Improvement in Productivity and Usability through Latest NC System for Global Market	
Masahiro Nagata, Yukihiko Makino, Daisuke Goto	

Circuit Interruption Technologies for High Voltage DC Circuit-breakers and Switch	
Yasuhiro Sugimoto, Seiji Aso, Shinya Watanabe	

Smart Meter and Meter Reading System	
Tomohiko Akiyama, Masato Yamamoto, Keiji Kobayashi	

Energy Measuring Unit "EcoMonitorLight"	
Yasunori Matsuoka	

スポットライト

海外向け電子式指示計器ME96SSシリーズ

表紙：FAコントローラ・駆動制御機器の最新動向

FA機器については、市場ニーズの変化にタイムリーに対応する新製品開発に取り組んでいる。

インバータとしては、機能・性能の向上は当然のことながら、安心・安全、使いやすさ、システム対応力、環境適合などの新たなニーズがある。①は、このニーズに応える、次世代高機能汎用インバータFREQROL-A800シリーズである。

グラフィックオペレーションターミナルとしては、市場環境の変化や様々な顧客要望に対応する必要がある。②は、設計、運用、保守といった表示器に関わる各フェーズで"Easy and Flexible"(使いやすく、自由度が高い)をコンセプトとした、9年ぶりの新シリーズとなるGOT2000シリーズGT27モデルである。

三相モータとしては、世界的に省エネルギー化への意識が高まる中で法規制化が進む状況下にある。③は、取付寸法や保護装置の互換性を維持しつつ、モータの各損失を徹底的に低減、国内省エネ法や米国EISA法の法規制に対応したプレミアム効率モータである。



巻/頭/言

グローバルものづくりに対応する“easy to use”と“e-F@ctory”的拡大

Expansion of "easy to use" and "e-F@ctory" Corresponding
to Global Manufacturing

大久保秀之
Hideyuki Okubo



FA(Factory Automation)のグローバル市場においては、中国をはじめとする新興国市場が拡大傾向で、持続的な成長を見込まれており、中国を中心に行われていた海外工場への投資は、ASEAN圏全体に拡大しつつある。これら新興国の製造業において、作業者の賃金上昇が継続していることから、今後、自動化・省人化に対する要求が増していくものと推察される。新興国のものづくりの現場では、FA製品の取扱いに不慣れな現地の作業者でも簡単に扱える製品が求められており、三菱電機では、“easy to use”視点ですべてのFA製品の開発を推進している。

また、最近の大きな変化のひとつとして円高のは正があげられる。前述した海外作業者賃金の上昇傾向と相まって、日本で“ものづくり”をした方が安価となる場合は、海外生産を国内生産に戻そうとする動きがみられる。政府主導による、ものづくり基盤技術の成長戦略と併せて、今後の国内製造業の競争力強化も期待される。

一方、近年のものづくりの現場では、常に生産性の向上、多品種少量生産への対応が命題となっている。生産性の向上を実現するためには、生産設備に使用されている制御装置の性能を高める必要がある。多品種少量生産においては、いわゆる“段取り替え”をいかに迅速に行えるかが重要である。同時に、上位の生産情報を実際の生産に反映する仕組みや、部品を短時間でピッキングする仕組み等も必要となる。当社が取り組んでいる、三次元ビジョンセンサや力覚センサの活用によるロボットの知能化は、これらの課題に対する解決策の一つである。

三菱電機は、工場全体を最適化する“e-F@ctory”的コンセプトを開拓しており、最先端の制御技術とネットワーク技術を駆使して、生産数量や品質データ、設備情報等の各種生産情報の“見える化”を図るとともに、上位の製造実

行システムと連携して、生産計画への反映や、品質トレーサビリティへの活用によって、生産性向上に貢献している。

さらに、東日本大震災に端を発し、工場の省エネルギーを目的としたエネルギー管理も重要な要素となってきた。工場の生産性向上とともに省エネルギー化を実現するためには、トータルな視点での取り組みが必要となる。エネルギー管理については、使用電力をきめ細かく計測する省エネ支援機器を中心とした計測技術によって、電力の使用状況の“見える化”を実現し、消費電力量のムダ・ムラの排除による省エネルギー化に貢献する。

これらの生産管理、エネルギー管理には、従来パソコンが使用されているが、OSのバージョンアップが頻繁に必要であるなど、保守に頭を悩ましているユーザーは少なくない。また、信頼性においても、パソコンのダウンによってものづくりがストップしてしまう可能性があり、不安要素となっている。今回の特集で紹介するC言語コントローラは、汎用性が高いLinux^(注1)を搭載しており、表示機能に対応することで工場内のパソコンの置き換えを可能とした。煩わしいOSの保守からの解放、及び信頼性の向上によって、ユーザーのTCO(Total Cost of Ownership)削減に貢献する。工場内のパソコンをすべてC言語コントローラに置き換えるよう、今後も製品ラインアップの拡充を図っていく。

その他、この特集号では、“e-F@ctory”, “easy to use”的コンセプトに対応した最新のシーケンサ・C言語コントローラ・プログラマブル表示器・サーボコントローラ・NC等のFAコントローラ、インバータ・高効率三相モーター等の駆動機器、太陽光発電用途のDC遮断器等の配電制御機器について紹介する。

(注1) Linuxは、Linus Torvalds氏の登録商標である。

卷頭論文

FAコントローラ・駆動制御機器の最新技術動向



小山健一*

R&D Activities Related to Factory Automation Controllers and Drive Components

Kenichi Koyama

要旨

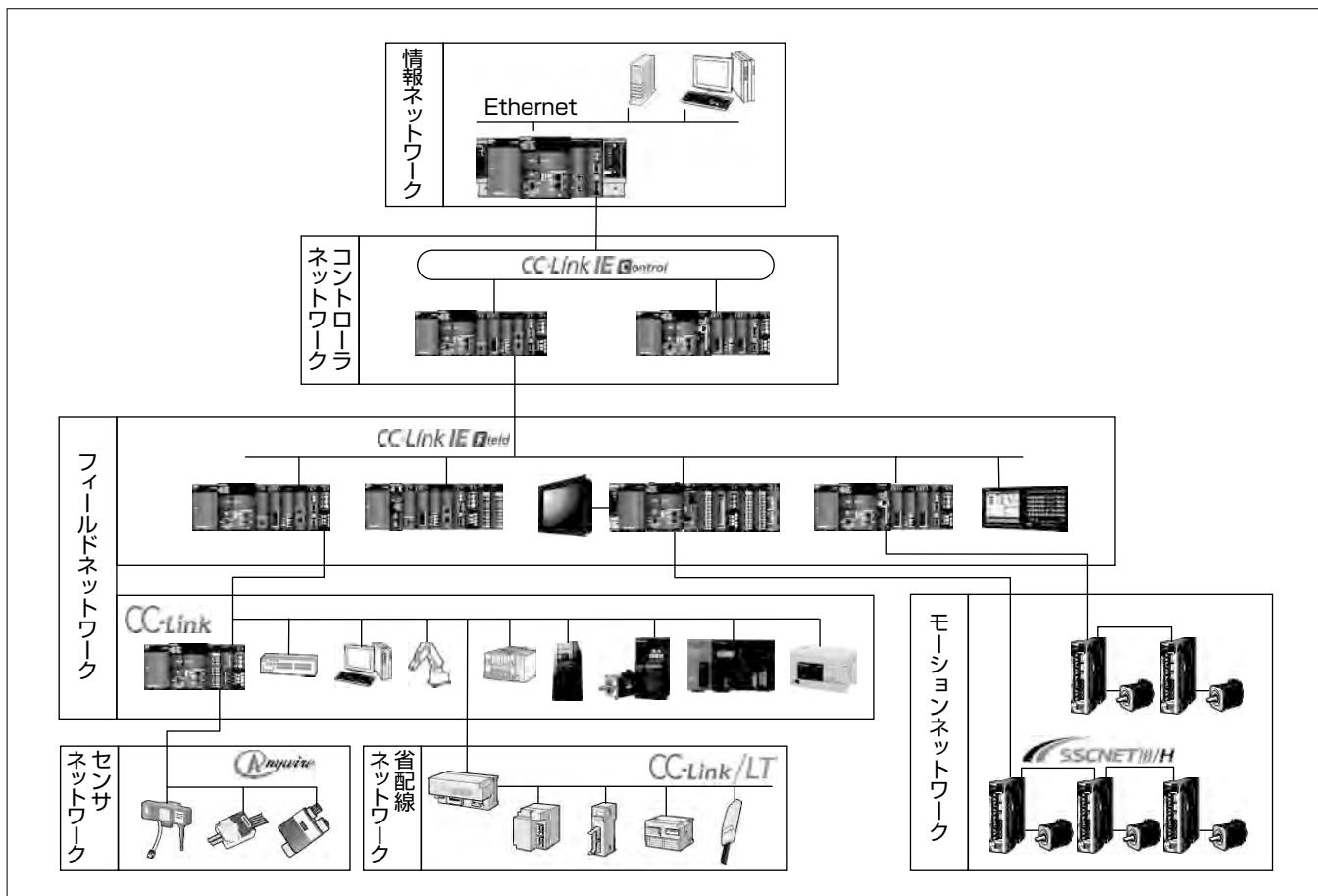
生産及び消費のグローバル化、製品のライフサイクルの短期化が進み、製造業では、更なる競争の激化が予想される。このような状況の中で、製造業の競争力を高めるためには、製造設備や製造装置の生産性向上に加え、それらの開発期間の短縮が求められている。三菱電機のFAコントローラ・駆動制御機器では、市場の変化に柔軟に対応できる生産システムの構築を支えるために、製造設備及び装置の開発における“使いやすさ(easy to use)”“作りやすさ(easy to make)”を追求したFA製品群の開発を行っている。

easy to useの実現に向けては、設定作業の簡単化やプログラミングを容易にする機能の開発を進めている。これらには、センサレスサーボにおける設定作業の簡単化やイ

ンバータへのシーケンス制御機能の内蔵などがある。また、easy to makeの実現に向けては、複雑化・多様化する装置を高速・高精度で制御する機能や立ち上げを容易にする機能の開発を行っている。これらは、FA統合コンセプト“iQ Platform”によるコントローラ間の高精度な同期機能や連携機能、Ethernet^(注1)や“CC-Link”を組み合わせたシームレスなネットワークによって実現している。

本稿では、シーケンサ、モーションコントローラ、C言語コントローラ、汎用インバータ、センサレスサーボ、サーボシステム等のFAコントローラ・駆動制御機器の最新技術動向について述べる。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。



“easy to use”と“easy to make”を追求した最新のFAコントローラ・駆動制御機器

当社のFAコントローラと駆動制御機器群は、世界標準のオープンフィールドネットワーク“CC-Linkファミリー”を中心とするネットワーク群によってシームレスな連携が可能であり、市場の変化に柔軟に対応できる生産システムの構築に貢献している。

1. まえがき

生産及び消費のグローバル化、製品のライフサイクルの短期化が進み、製造業では、更なる競争の激化が予想される。このような状況の中で、製造業の競争力を高めるためには、製造設備や製造装置の生産性向上に加え、それらの開発期間の短縮化が求められている。当社FAコントローラ・駆動制御機器では、市場の変化に柔軟に対応できる生産システムの構築を支えるために、製造設備及び装置の開発における“使いやすさ(easy to use)”“作りやすさ(easy to make)”を追求したFA製品群の開発を行っている。

easy to useの実現に向けては、設定作業の簡単化やプログラミングを容易にする機能の開発を進めている。また、easy to makeの実現に向けては、複雑化・多様化する装置を高速・高精度で制御する機能や立ち上げを容易にする機能の開発を進めている。本稿ではこれらの技術動向について述べる。

2. FAコントローラの最新技術動向

シーケンサ、モーションコントローラに代表されるFAコントローラは、製造装置の高度化・複雑化に対応するために性能・機能の向上が進められている⁽¹⁾。ここではシーケンサ、モーションコントローラなどに関する技術開発動向を述べる。

2.1 FAコントローラのシステム化

2.1.1 FA統合コンセプト

当社シーケンサ“MELSECシリーズ”では、処理速度の向上、プログラム容量・データ容量の増加などの基本性能の向上に加え、制御の種類に合わせてラダー、SFC(Sequential Function Chart)、ST(Structured Text)等のIEC(International Electrotechnical Commission)61131-3に代表される複数の制御プログラム言語に対応してきた。また、モーションコントローラは、制御周期の高速化、同期軸数の増加などで、装置の生産性向上、装置の複雑な制御を実現してきた。さらに、CNC(Computerized Numerical Controller)、ロボットコントローラなども継続的な性能向上、機能向上を図っている。

これらのFAコントローラは、FA統合コンセプト“iQ Platform”上で動作し、連携して装置を制御することができる。iQ Platformでは、システムのI/O点数、軸数等に合わせて、各種のコントローラを組み合わせて柔軟に制御システムを構築することが可能である(図1)。これらのコントローラは、高速システムバスによって接続され、複数種類の制御機能を高精度に同期させている。今後は、より複雑化する装置の開発に対応するために、更なる同期精度の向上を行っていく。

この他にも、“MELSEC-Lシリーズ”“FXシリーズ”では、

ベースレスの構造によってコンパクトなレイアウトが可能である。これらのコントローラ製品群によって、多様な製造設備、装置の開発を支援していく。

2.1.2 汎用プログラミング言語の活用

製造設備及び装置で、複雑な動作を実現するためには、従来用いられてきた制御用の言語だけでなく、C/C++言語のような汎用プログラミング言語の利用も重要となる。C言語コントローラでは、リアルタイムOSを搭載し、C/C++などを用いて装置を制御することができる。これによって、複雑な計算を伴う制御や、多様なデータ形式を扱う通信プログラムなどの開発が容易となる。

今後、制御分野でも従来のリアルタイムOSに加え、組み込み分野で広く使われているLinux^(注2)系OSの活用が増加すると見込まれる。OSにLinuxを用いることで、既存のライブラリの活用や、ソースコードの移植が容易となり、設備開発の短期化が可能となると考えられる。

(注2) Linuxは、Linus Torvalds氏の日本及びその他の国における商標又は登録商標である。

2. CPU技術の動向

2.2.1 シーケンサCPU

シーケンサCPUはラダーに代表される論理制御を高速に実行することができる。近年の組み込みCPUの高性能化によって、FAコントローラ分野でも処理性能が格段に向かっている。図2はシーケンサCPUの性能の推移と、それを実現する技術についてまとめたものである。半導体

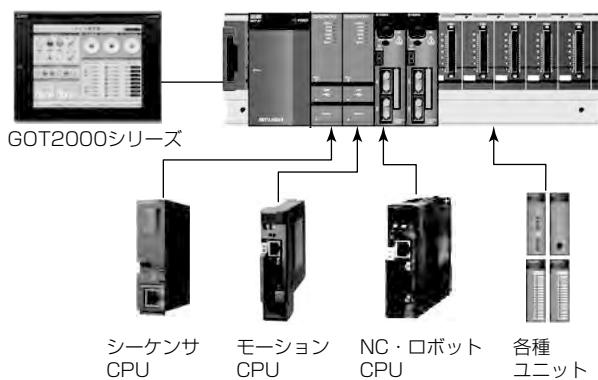


図1. FA統合コンセプト“iQ Platform”

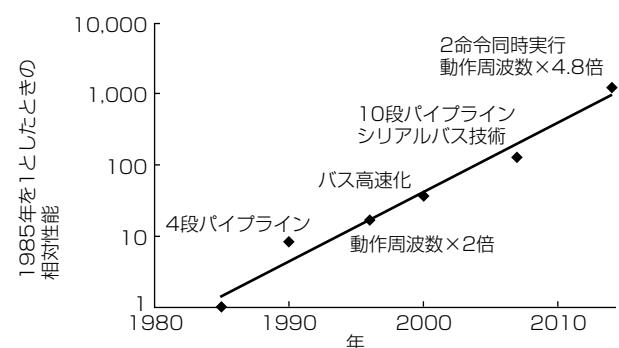


図2. シーケンサCPUの性能

プロセスの微細化に伴う動作周波数の高速化に加え、パイプラインの段数増加、命令の同時実行数の増加等を組み合わせて、総合的に性能向上を進めている。現在では、CPUの処理速度は1基本命令の処理が1980年代の μs (マイクロ秒)オーダーからns(ナノ秒)レベルのオーダーに向上し、最新のシーケンサCPUでは1.9nsを実現している。

今後は、スマートフォンなどの分野で急速に性能が向上している汎用の組み込みCPUコアの活用や、単なる周波数向上からマルチコア化への移行等が考えられる。また、現場における情報処理の比率が増えるにつれて、ビット演算を中心とした制御命令以外のデータ処理速度の向上や、データの転送能力の向上が重要となると考えられる。

2.2.2 モーションコントローラCPU

図3はモーションコントローラCPUの性能の推移を示す。モーションコントローラは定期周期のリアルタイム処理を基本とし、演算周期の短縮、同期軸数の増加を進めている。モーションコントローラは1990年代に比べ、演算周期が $1/4$ 、同期軸数が6倍に性能向上している。これによって、装置の高速・高精度な制御を実現してきた。今後も継続的に演算周期の短縮と同期軸数の増加を進めていく。

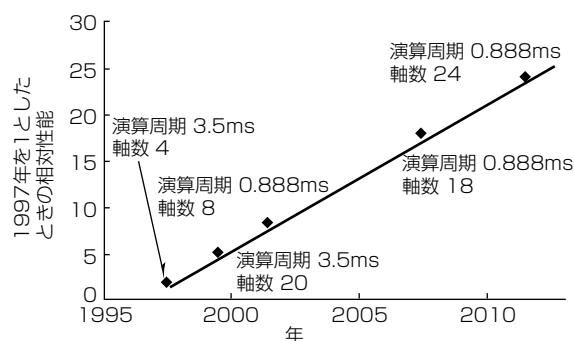


図3. モーションコントローラCPUの性能

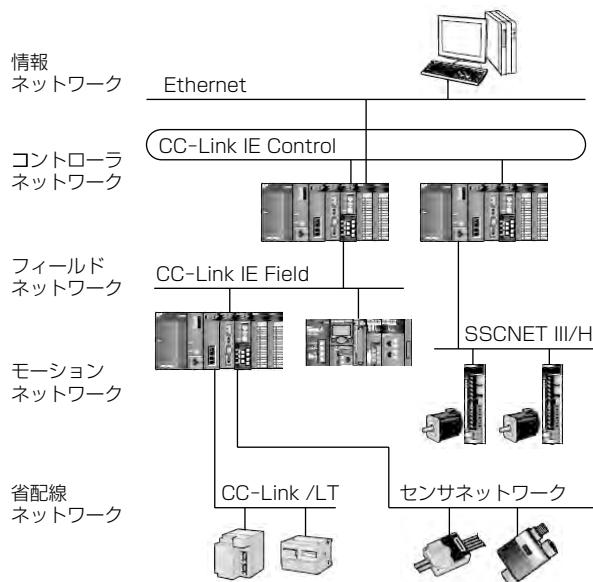


図4. ネットワークシステム

2.3 ネットワーク技術の動向

FAコントローラは製造現場における中核的な存在であり、“見える化”を実現するキーコンポーネントとなっている。このため、ネットワークの接続性が重要となる。当社FAコントローラでは、CC-Link IE フィールドネットワークを用いたリアルタイムネットワークから、FAトータルソリューション“e-F@ctory”によるIT(Information Technology)レベルの接続まで、シームレスなネットワークをサポートしている(図4)。特に制御ネットワークは、リアルタイム性に加え、製造現場の見える化を実現するためのデータ転送能力や、立ち上げ・運用の際の接続性・保守性の更なる向上を進めている。

今後は、各種デバイスの接続性強化や診断機能強化による開発・保守コストの更なる低減と、プロファイル技術などを用いたデバイスの簡単な設定が考えられる⁽²⁾⁽³⁾。また、センサネットワークの活用によって、生産設備をより簡単に構築できるソリューション対応力の強化が重要となる。

3. 駆動制御機器の最新技術動向

当社では、工作機械や搬送機等の産業機械に用いられる駆動制御機器(図5)を製品展開しており、顧客の幅広いニーズに応えるための製品開発を進めている⁽⁴⁾。ここでは汎用インバータ、センサレスサーボ、サーボシステムに関する技術開発動向を述べる。

3.1 汎用インバータの技術動向

汎用インバータは1980年代初頭に実用化されて以来、制御性能の向上と高信頼化に向けた開発が進められてきたが、近年では“easy to use”的視点から設定・操作の簡略化やシステム対応力を強化する機能を備えるようになってきている。ここでは当社の最新機種“FREQROL-A800シリーズ”(以下“A800シリーズ”という。)(図6)を例に、汎用インバータの技術動向について述べる。

3.1.1 モータ駆動性能の向上

汎用インバータでは一般的に回転センサを用いずにモータを駆動する場合が多く、ベクトル制御などのセンサレス制御機能を備えている。A800シリーズでは独自開発の進化したハイスピードドライブプロセッサを用いることで、センサレス制御の高応答化及び高速運転対応を実現してい



図5. 当社の駆動制御機器



図6. 汎用インバータA800シリーズ

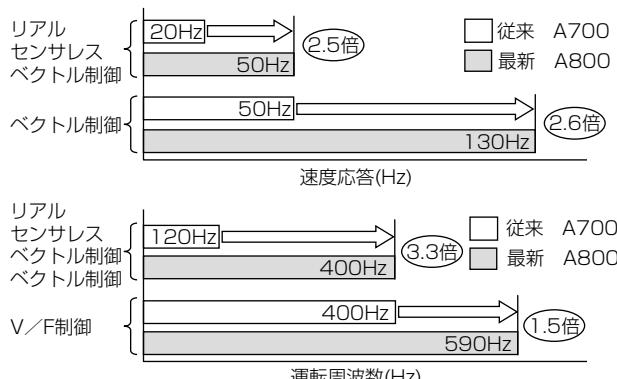


図7. 汎用インバータの高応答化・高速運転対応

る。代表的な運転条件での従来機種A700と最新機種A800の違いを図7に示す。

また、A800シリーズでは新たに、装置のタクトタイム短縮に役立つ制御機能を搭載している。制振制御は、クレーン走行軸の停止時の搬送物の揺れを抑制し、強め励磁減速は、ブレーキ抵抗器なしで搬送ラインなどの減速時間を短縮できる。

3.1.2 安全・保守性の向上

汎用インバータは駆動性能だけでなく、より安全で安心して使用できるよう進化を続けている。A800シリーズは、IEC61800-5-2の安全機能であるSTO(Safe Torque Off, SIL2)に標準対応している。内蔵オプションを使用することで、SIL3へのレベルアップも可能である。また、ユニット内部に搭載したセンサで温度を監視し、制御盤内の冷却ファン故障や運転条件変更に伴う周囲温度上昇の検知に活用することができる。さらに、万が一のトラブル発生時には、保護機能発生直前の出力周波数などの状態データを内蔵RAM(Random Access Memory)に記憶し、USB(Universal Serial Bus)メモリを介して外部パソコンに伝送することで、迅速な原因解析に活用することができる。

3.1.3 “使いやすさ”的向上

A800シリーズは、“使いやすさ”を向上させる各種新機能を搭載している。例えば、新しく搭載したシーケンス制御機能を用いることで、外部からの入力信号に応じて、起

動／停止や速度変更等インバータ動作のカスタマイズが可能であり、インバータの動作状態を反映した信号の外部出力も可能である。小規模の装置であれば、インバータ単体で制御が可能であり、制御機器の分散配置が実現できる。また、RS-485やCC-Link等多彩なネットワークに対応しており、ユーザーニーズに応じたシステム構築が可能となる。さらには、過負荷電流定格が異なる4つの定格(超軽負荷・軽負荷・標準負荷・重負荷)をパラメータで選定可能であり、用途に合わせた最適な容量が選択できる。ユーザーインターフェースに関しては、操作パネルに見やすい5桁×12セグを採用している。パラメータ構成も、従来の3桁から、大分類1桁+小分類1桁+パラメータ番号2桁の分かりやすい4桁構成に変更可能であり、使いやすさを向上させている。

3.1.4 省エネルギー性能・環境適合性の向上

省エネルギーは汎用インバータの重要な性能指標の一つであり、従来主流であった誘導モータより効率の高い永久磁石モータの採用や、制御方式の工夫によって性能向上が図られている。A800シリーズでは、励磁電流を常に最適に調整してモータ効率を向上させる最適励磁制御機能を新たに搭載している。一例では、負荷トルク10%での運転時に、従来のV/F(Voltage/Frequency)制御に比べて15%効率が向上することが確認されている。また、外部からのDC24V給電で動力部以外の制御回路を動作させることができるようにになっており、メンテナンスや設定変更時に不要な動力用電源供給を停止させることで、待機電力が削減可能である。

環境適合性に関しては、欧州EMC(Electro Magnetic Compatibility)規格やUL(Underwriters Laboratories)等の国際規格に適合している。また、400Vクラス0.4kWから160kWではIP55対応製品を新たにラインアップ予定であり、機械によって近い場所にインバータを設置可能となる。DCリアクトル内蔵と合わせて、省スペースと省配線が実現可能である。

3.2 センサレスサーボの技術動向

グローバル競争の進化に伴い、駆動制御機器が適用される装置・機械のニーズは多様化してきている。そこで、当社では高精度なサーボシステムと安価な汎用インバータの中間に当たるセンサレスサーボ(図8)を新たに製品化している。センサレスサーボは、専用のドライブユニットと専用のセンサレスPMモータ(永久磁石モータ)を組み合せたもので、エンコーダなしで高精度な運転を実現し、省エネルギーに貢献できる信頼性の高い駆動システムが構築可能である。

3.2.1 PMセンサレスベクトル制御

ドライブユニット内部の仮想モータモデルに基づいて、モータの電圧と電流からモータの速度／磁極位置を推定す

(a) 専用ドライブユニット
“FR-E700EX”(b) センサレスPMモータ
“MM-GKR”

図8. センサレスサーボ

る適応磁束オブザーバを用いることで、エンコーダを使用せずに高精度な制御を実現している。

- (1) 速度変動率 ±0.05%
- (2) 速度制御範囲 1:1,000
- (3) 速度応答 100Hz(100Wモータ)

ゼロ速制御・サーボロック機能によって、モータ停止時に保持トルクを発生させ、外力による移動を防止できる。

また、接点信号やネットワーク通信で選択するポイントテーブルを用いて、目標位置・回転速度・加減速時間を指定した位置決め運転(位置決め精度±1.8°)が可能である。

3.2.2 センサレスPMモータ

センサレスPMモータは、エンコーダを持たない小形軽量モータである。汎用インバータでよく用いられる誘導モータに比べて一例では体積が約96%減少(100Wでの比較例)している。また、冷却ファンがないため低騒音で、クリーンルームでの使用も可能である。さらには、永久磁石を用いているため効率が24%向上(200W、定格回転速度、定格トルクでの比較例)している。

サーボモータと比べても体積が約26%減少している。電子部品を使用するエンコーダがないため、故障の心配が少なく信頼性が向上する。

3.3 サーボシステムのパソコン・C言語コントローラ連携

サーボシステムは、パソコンやC言語コントローラとの連携が可能となり(図9)，システム構築の自由度が高まっている。これによって、これまでパソコンやマイコンボードを使用していたユーザーは、プログラム資産を活用しつつ、最新の高精度で高機能なサーボシステムへの移行が可能である。代表的な機能を次に述べる。

設定が容易なポイントテーブル方式の位置決め機能や、自由曲線をユーザープログラムで実現する逐次位置指令方式のインタフェースモードを使用可能である。また、ソフトウェア開発を効率化するための各種API(Application Program Interface)関数ライブラリとテストツールが用意されている。さらに、マスタ軸にスレーブ軸が追従する並列駆動、ある軸の動作内容に基づいて別の軸を起動する他

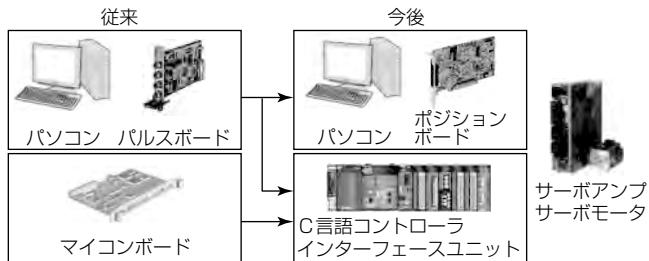


図9. パソコン・C言語コントローラとサーボシステムの連携

軸起動機能、動作中に目標位置を変更する位置変更機能、他軸との衝突を回避するための干渉チェック機能等多彩な制御機能が使用可能である。

3.3.1 C言語コントローラインターフェースユニット

C言語コントローラとI/Oシリアルインターフェース“PCI Express”で接続されたユニットを介して、ユーザーのC言語プログラムから光サーボネットワーク“SSCNET III/H”に対応したサーボアンプを制御可能である。

3.3.2 パソコン組み込み型PCI対応ポジションボード

パソコンのPCI(Peripheral Component Interconnect)バスに挿入されたボードを介して、パソコン上で動作するユーザープログラムからSSCNET III/Hに対応したサーボアンプを制御可能である。

4. むすび

ものづくりを支えるシーケンサ、モーションコントローラ、C言語コントローラ、フィールドネットワーク、汎用インバータ、センサレスサーボ、サーボシステム等FAコントローラ・駆動制御機器の最新技術動向について述べた。

製造業のグローバル競争が激化する中で、市場の変化に迅速かつ柔軟に対応可能なものづくりの実現に貢献するための、今後も当社はeasy to use/easy to make視点に立脚し、より高性能で使いやすい製品の研究・開発・製造を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 濑尾和男：FA機器及びFAエンジニアリング環境の技術展望，三菱電機技報，84，No.3，157～161（2010）
- (2) Noguchi, S., et al.: FDT technology for CC-link network, Proceedings of SICE Annual Conference 2011, 1560～1565 (2011)
- (3) Kanamaru, H., et al.: Safety field network technology and its implementation, Proceedings of SICE Annual Conference 2008, 1487～1490 (2008)
- (4) 田中健一, ほか: FA機器・産業用加工機を支えるモーション制御技術, 三菱電機技報, 86, No.4, 206～210 (2012)

OS非搭載モデルC言語コントローラ “Q24DHCCPU-LS”のLinux対応

井上直丈*
山際勝美**
井上志郎***

OS Independent Model C Controller "Q24DHCCPU-LS" Supporting Linux

Naotake Inoue, Katsumi Yamagiwa, Shiro Inoue

要 旨

近年、製造ラインでは、シーケンサだけではなく、パソコンやマイコンボードなどが各種制御装置や情報処理に使用されているが、パソコンやマイコンボード用部品の生産中止による管理コストの増大などが課題となっている。

C言語コントローラはパソコンやマイコンボード環境が抱える課題の解消を目指した、リアルタイムOS(Operating System) VxWorks^(注1)上でC言語プログラミングによって各種処理を実現する製品である。しかしながらパソコンやマイコンボードによる既存システムを置き換えるには、これまで開発してきたプログラム資産をVxWorks上に移植する必要があり、C言語コントローラを採用するにあたり課題となっていた。

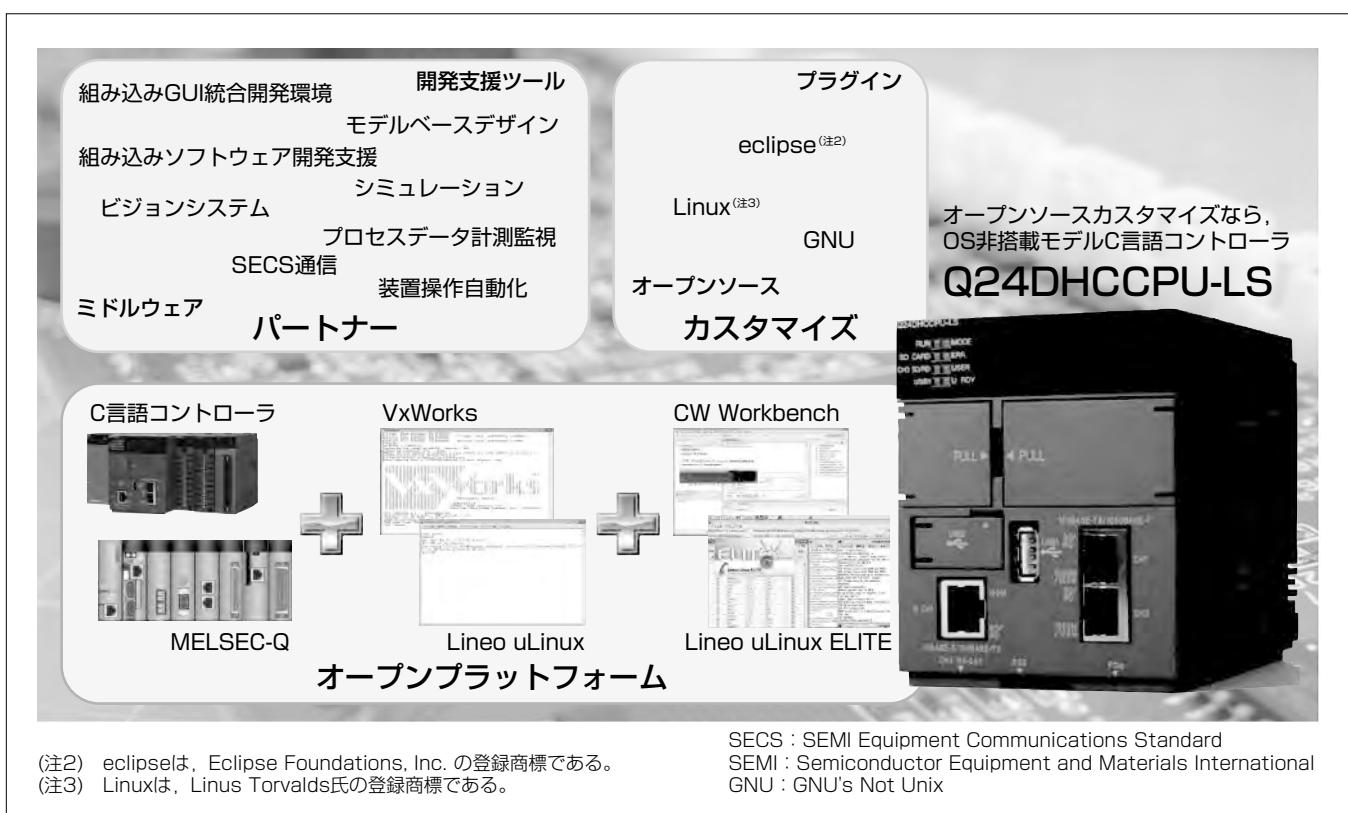
今回、従来機種に加えてOS非搭載モデルC言語コントローラ “Q24DHCCPU-LS”を開発し、第1弾としてLineo

uLinuxを対応OSとしてこの課題を解決した。この製品は次の特長を備える。

- (1) OSに依存しない汎用アーキテクチャ
- (2) 表示機能の強化、USB(Universal Serial Bus)・汎用バスによる高い拡張性
- (3) Lineo uLinux対応(100%ピュアなオープンソース構成)
- (4) オープンソース、パートナー製品によるGUI(Graphical User Interface)開発環境
- (5) 汎用ディスプレイ・USB周辺機器の活用
- (6) オープンソース及びパートナー製品の活用

本稿では、今回開発したOS非搭載モデルC言語コントローラQ24DHCCPU-LSについて述べる。

(注1) VxWorksは、Wind River Systems, Inc.の登録商標である。



OS非搭載モデルC言語コントローラ “Q24DHCCPU-LS”のコンセプトと外観

MELSEC-QシリーズのOS非搭載モデルC言語コントローラQ24DHCCPU-LSでは、リネオソリューションズ(株)のLineo uLinuxをインストールすることで、高度な情報処理と、パソコンと同様のユーザーインターフェース環境を構築することができる。

1. まえがき

近年、装置メーカー やエンドユーザーは高性能・高機能・コスト競争力のある製品開発に取り組んでおり、これまで以上にコントローラに求める要求が高くなっている。また、製造ラインではシーケンサだけではなく、パソコンやマイコンボードなどが各種制御装置や情報処理に使用されているが、パソコンやマイコンボード用部品の生産中止による管理コスト増大などが課題となっている。

三菱電機は、2006年に米国ウインドリバー・システムズ社のリアルタイムOSであるVxWorksを標準搭載したC言語コントローラ“Q06CCPU-V”を発売、2009年にはFA統合プラットフォーム“iQ Platform”対応のC言語コントローラ“Q12DCCPU-V”を発売、さらに2012年には大容量の情報を高度かつ高速に処理できるハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”を発売する等市場のニーズに応えてきた。

C言語コントローラはパソコンやマイコンボード環境が抱える課題の解消を目指した、C言語によるプログラミングで各種処理を実現する製品である。しかしながら、パソコンによる既存システムを置き換えるには、これまでパソコンをベースに開発してきたプログラム資産をVxWorks上に移植する必要があり、C言語コントローラを活用するにあたり課題となっていた。

今回、従来機種に加えてOS非搭載モデルC言語コントローラQ24DHCCPU-LSを開発し、第1弾としてリネオソリューションズ(株)のLineo uLinuxを搭載可能とした。これによって、VxWorksしか選択肢がなかったC言語コントローラのOS対応力を強化し、顧客の生産現場をより強力に支援して生産性向上に寄与する。

本稿では、現状の課題と課題解決のために今回開発したOS非搭載モデルC言語コントローラQ24DHCCPU-LSについて述べる。

2. C言語コントローラの特長

2.1 MELSEC-Qシリーズの堅牢なハードウェア

C言語コントローラは、ほかのMELSEC-Qシリーズと同一の耐環境基準を持つ。また、RAS(Reliability, Availability, Serviceability)機能でもシーケンサCPUと同等の機能を持つため、パソコンやマイコンボードを使用したシステムと比較して、高信頼かつ堅牢(けんろう)なシステムを実現できるプラットフォームである。

2.2 MELSEC-Qシリーズの豊富な資産を活用

C言語コントローラは、MELSEC-QシリーズのCPUユニットであり、MELSEC-Qシリーズの実績ある150種類以上の豊富なユニットを活用してシステムを構築できる。また、マルチCPU間高速バスによるシーケンサCPUやモ

ーションCPUとの連携による高精度な制御、“CC-Link IE”による情報系から生産現場までのシームレスな高速通信を実現する。

2.3 C言語プログラム資産の流用

C言語コントローラは、ANSI(American National Standards Institute) C標準ライブラリやBSD(Berkeley Software Distribution)4.4互換ソケットライブラリなど一般的によく使用されるライブラリを備えており、また、MELSEC-Qシリーズの各種ユニットへアクセスするための専用ライブラリを用意しているため、顧客がこれまで開発してきたC言語プログラム資産を流用して容易にC言語コントローラへ移行することができる。

3. C言語コントローラの課題

顧客からの要望が特に強い、大規模アプリケーションの実行と高いリアルタイム性を実現するため、2012年にハイエンドモデルC言語コントローラQ24DHCCPU-Vを発売した。高スペックのCPUであるIntel ATOM^(注4)プロセッサを搭載することで、高性能化を実現し、パソコンと同等の性能を持つC言語コントローラとして製品化したが、顧客がパソコンからの置き換えを行うにあたり、改善すべき次の課題がまだ残っている。

3.1 OSの汎用性向上

従来のC言語コントローラはVxWorksを標準搭載しているため、顧客の持つプログラム資産を流用するには、VxWorksへの移植が必要であり、C言語コントローラを導入する際に障害となっていた。したがって、使用するOSへの高い汎用性が必要となる。

3.2 画像表示機能への対応

パソコンを使用したシステムでは、ディスプレイと接続し画面を確認しながら作業を行うシステムが多い。このため、自由に描画できる画像表示機能を搭載する必要がある。

3.3 USBインターフェース対応力の強化

Q24DHCCPU-Vで対応しているUSB機器は、マスストレージ機器だけである。しかしながら、製造ラインでパソコンを使用する際、操作はキーボードやマウスを使用し、プリンターから作業結果の印刷が行われている。また、Q24DHCCPU-Vに搭載されているUSBは1ポートだけであるため、複数のUSB機器と接続する際にUSBハブへの対応も必要となる。このため、USB機器への対応強化が求められる。

3.4 パソコン相当の高い拡張性

パソコンを使用したシステムでは、顧客が使用しているPCI(Peripheral Component Interconnect)/PCI Express^(注5)ボード資産を流用することが可能である。また新たなPCI/PCI Expressボードを開発・追加する場合でも汎用性の高いパソコンでは拡張が容易であるため、C言語コントローラにはパソコン相当の高い拡張性が要求される。

これらの課題について対応を強化するため、図1に示すOS非搭載モデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-LS”を開発した。4章で、課題への対応と特長について述べる。

(注4) Intel ATOMは、Intel Corp.の登録商標である。
(注5) PCI/PCI Expressは、PCI-SIGの登録商標である。

4. OS非搭載モデルC言語コントローラの特長

4.1 OSに依存しない汎用アーキテクチャ

OS非搭載モデルC言語コントローラは、Q24DHCCPU-Vと同様に2MPU(Micro-Processing Unit)アーキテクチャを採用した。システム制御用MPUがMELSEC製品の制御を行い、ユーザープログラム実行用MPUには自由に選択したOSをインストールしユーザープログラムを実行することを可能とすることによって、OSに依存しない汎用アーキテクチャを実現した(図2)。

ユーザープログラムからのMELSEC製品(MELSEC-Qシリーズのユニット)の制御はシステム制御用MPUを介して行われるが、システム制御用MPUとユーザープログラム実行用MPUとの間は共有メモリで接続されており、ユーザープログラムでは共有メモリ上の制御データを読み書きするだけでMELSEC製品の制御が可能となる。

これによって、顧客は使用しているパソコンと同じOSを選択することで、既存のプログラム資産を流用することが可能となるため、システム構築・置換時のエンジニアリングコストの削減が可能となる。

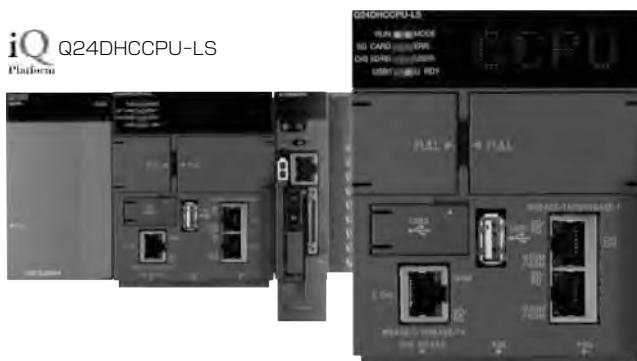


図1. OS非搭載モデルC言語コントローラ

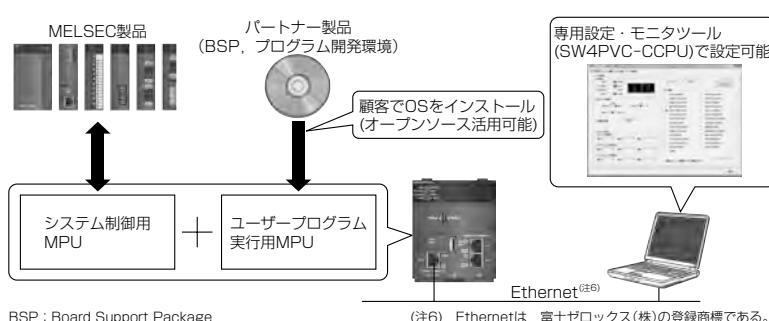


図2. OSに依存しない汎用アーキテクチャ

サポートするOSはパートナーが開発するOS(パートナーOS)のみであるが、パートナーOS以外のOSについても、顧客からの要望に応じて対応していく。

4.2 表示機能の強化

Q24DHCCPU-Vで採用したドットマトリックスLEDに加えて、新たにアナログRGB(Red Green Blue)出力ポートを搭載した。パソコン等で使用される汎用ディスプレイを接続することで、デバッグの効率化が図れるだけではなく、装置の稼働状況などGUIを自由に作成して詳細に表示・把握が可能となり、低コスト化も実現した。

4.3 USBによる高い拡張性

Q24DHCCPU-Vと同様に、USB2.0ホストインターフェースを搭載した。各種USB周辺機器を接続することで、多様なシステム構成に対応する。また、既存のカスタムUSB周辺機器(顧客資産)を活用することによって、システム構築・置き換えにおけるエンジニアリングコストの削減也可能となる。

USB周辺機器の接続可否はパートナーOS依存となるが、対応するドライバがあれば、USB外付けHDD(Hard Disk Drive), USBメモリだけではなく、プリンター・キーボードなどのUSB周辺機器への接続も可能となる。

4.4 汎用バスによる高い拡張性

Q24DHCCPU-Vと同様に、汎用バス(PCI Express)拡張コネクタを搭載した。PCI/PCI Express拡張シャーシを使用することで各種PCI/PCI Expressボードの接続が可能となり多様なシステム構成に対応する。これによって、顧客が使用しているPCI/PCI Expressボード(既存資産)を有効活用することが可能となる。

これらの特長から、顧客が選択したOSをディスプレイで表示しつつ、USBキーボード/マウスによる操作を実現し、更にPCI/PCI Expressによる機能拡張が図れる。これによってパソコンから置き換えたシステムを容易に構築することが可能となった(図3)。

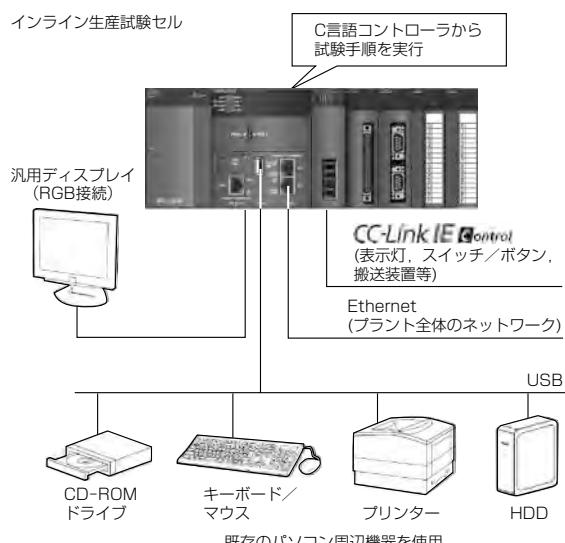


図3. C言語コントローラによるシステム構築例

5. OS非搭載モデルのLinux対応

5.1 Lineo uLinux(パートナーOS)

OS非搭載モデルC言語コントローラはOSを標準搭載せず、顧客が対応OSの中から自由に選択して搭載することが可能である。

OSの選定にあたり顧客要望や市場動向を分析したところ、よりオープンな環境を求める傾向にあり、Linuxの採用、又は採用を検討しているが、サポート面で不安を抱えている顧客が多いことが分かった。そのため、第1弾として“Lineo uLinux”を対応OSとした。

Lineo uLinuxは、PDA(Personal Digital Assistant)や携帯電話、デジタル家電、ネットワーク製品など、様々な機器に幅広く利用できるようにカスタマイズされた、組み込みに特化したLinuxディストリビューションである。100%ピュアなオープンソースで構成され、ランタイムライセンスは発生しない。

5.2 Qt/Embedded, GENWARE3によるGUI開発環境

Lineo uLinuxでは、Qt^(注7)/Embeddedを標準提供している。Qt/EmbeddedはオープンソースのGUIフレームワークの1つであり、商用OSと比較しても遜色のないGUIアプリケーションを開発することが可能となる。

また、パートナー製品のGENWARE3^(注8)を別途使用することができる。GENWARE3は組み込み機器向けのGUI統合開発環境であり、作画データからのCプログラム自動生成など数々の機能を使用して、GUI開発工数を大幅に削減することが可能となる。

(注7) Qtは、Digia Finland Ltd.の登録商標である。

(注8) GENWAREは、(株)アイ・エル・シーの登録商標である。

5.3 汎用ディスプレイ・USB周辺機器の活用

パソコンを使用したシステムでは、汎用ディスプレイ・キーボード/マウス・プリンターなどを使用することが多い。

Lineo uLinuxでは、汎用ディスプレイやキーボード/マウス・プリンターなどのUSB接続機器を使用することができるため、これらの既存デバイスを活用したまま、パソコンを使用したシステムから簡単に移行が可能である。

5.4 オープンソース及びパートナー製品の活用

Lineo uLinuxでは、スクリプト言語(perl/php/python/ruby)、ネットワークファイル共有(samba)、印刷システム(cups)など、90以上のオープンソースパッケージを標準提供している。また、世界中にあるオープンソースパッケージを独自にカスタマイズして使用することも可能である。

パートナー製品の品ぞろえにも努めており、パートナー

表1. パートナー製品

製品名	社名
軽量・高速データベース Mimer SQL Embedded	リネオソリューションズ(株)
リモートアップデートシステム SmartU2 ^(注9)	
トレースログ見える化ツール Vzet	
組み込みGUI統合開発環境 GENWARE3	(株)アイ・エル・シー

(注9) SmartU2は、リネオソリューションズ(株)の登録商標である。

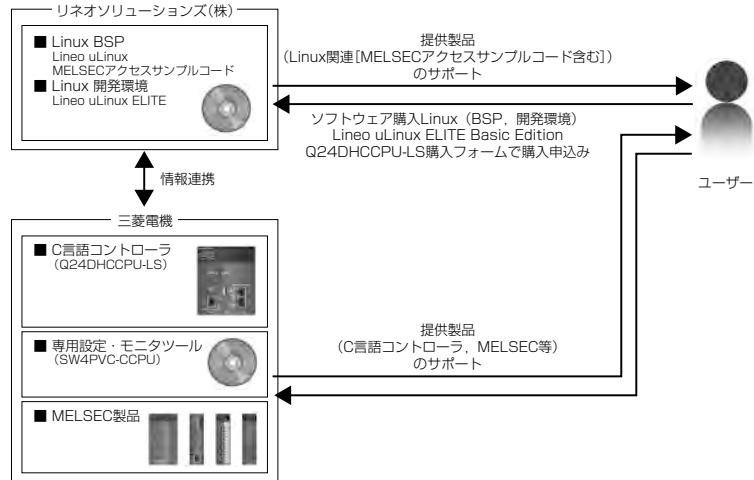


図4. 協業によるサポート体制

製品を活用することで更なる付加価値の高い製品の開発やエンジニアリングコストの削減が可能である(表1)。

5.5 協業によるサポート体制

OS非搭載モデルC言語コントローラの開発に際しては、リネオソリューションズ(株)との協業によって、Lineo uLinuxをOS非搭載モデルC言語コントローラ用にカスタマイズした。また、協業関係は製品開発だけにとどまらず、今後の販売面・サポート面でも引き続き進めている。

Linux関連のサポートをリネオソリューションズ(株)で対応することによって、サポート面でも万全の体制で顧客にOS非搭載モデルC言語コントローラを使用してもらうことができる(図4)。

6. むすび

従来のC言語コントローラの課題とOS非搭載モデルC言語コントローラによる対応について述べた。OS非搭載モデルC言語コントローラによって、リアルタイムOS VxWorks以外のOSを搭載しているシステムでも容易にC言語コントローラへ移行する環境が整いつつある。

OS非搭載モデルC言語コントローラの対応OSは今のところLineo uLinuxだけであるが、今後も顧客ニーズを踏まえて様々な対応OSをラインアップしていくこと、また、Lineo uLinux(パートナーOS)でもパートナー製品を増やしてソリューション拡充を図っていくことによって、多様なシステムに対応できる革新のオープンプラットフォームC言語コントローラをつくりあげていく所存である。

“MELSEC-Lシリーズ”省スペースユニット

"MELSEC-L Series" Space Saving Modules

Takumi Okuyama, Chiaki Tomoto, Shogo Takagi, Takashi Nishioka

奥山卓美* 西岡隆志*
戸本千明*
高木省伍*

要旨

搬送機械や一般機械等の中規模制御装置をターゲットとする“MELSEC-Lシリーズ”シーケンサで、顧客からのシステム省スペース化の要求に応えるため、省スペースユニットを開発した。今回開発した省スペースユニットの特長を次に示す。

(1) スリムタイプ電源ユニット

従来機種の“L63P”と比較して、ユニット幅を45mmから29mmへと35%省スペース化するとともに、入出力の非絶縁電源方式を採用することで、L63Pと同一の出力電流5A、効率70%以上を実現した。

(2) CPUユニット(内蔵CC-Link機能なし)

従来機種の“L26CPU-BT”から、内蔵CC-Link機能を削除することで、30%の省スペース化を実現した。

(3) 入出力混合ユニット

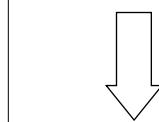
入力機能と出力機能を1ユニットに統合することで、省スペース化を実現した。出力はシンクタイプに加え、ソースタイプも品ぞろえし、接続する負荷に合わせてのユニット選択を可能とした。

(4) アナログ入出力ユニット

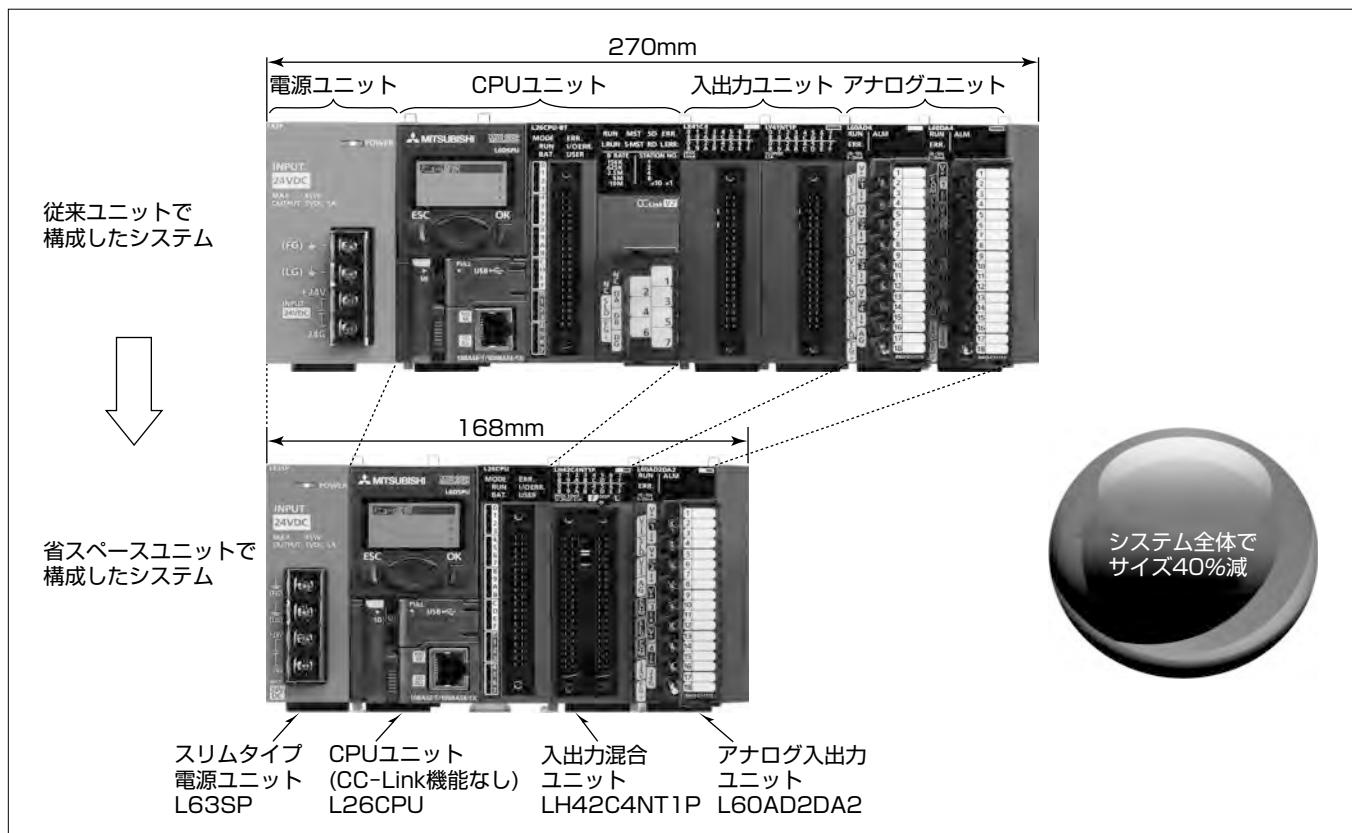
アナログ入力機能とアナログ出力機能を1ユニットに統合することで、省スペース化を実現した。また、ロギング機能や波形出力機能を搭載することで、顧客の使い勝手を向上させた。

本稿では、今回開発した省スペースユニットの特長と適用技術について述べる。

従来ユニットで構成したシステム



省スペースユニットで構成したシステム



“MELSEC-Lシリーズ”の従来ユニットで構成したシステムと省スペースユニットで構成したシステムのサイズ比較

MELSEC-Lシリーズでスリムタイプ電源ユニット、CPUユニット(内蔵CC-Link機能なし)、入出力混合ユニット、アナログ入出力ユニットの省スペースユニットを開発した。従来のシステム構成から40%の省スペース化を実現している。

1. まえがき

MELSEC-Lシリーズは、小中規模制御装置に必要な機能、性能、操作性をコンパクトなシステムに凝縮し、現場ニーズに応えるコストパフォーマンスとユーザビリティを追求したシーケンサである⁽¹⁾。

Lシリーズの特長の一つであるベースレス構造は、ベースサイズの制約を受けないシーケンサシステムの構築を可能としており、制御盤のサイズを最適化できるという点で顧客にスペースメリットを提供してきた。

一方で、搬送機械、一般機械、自動化機械、梱包(こんぽう)・結束機械等多岐にわたる分野の顧客から、更に制御盤を小型化するため、省スペースでシーケンサシステムを構築したいという要望が多くある。このような要望に応えるため、厳選した必要な機能・性能を従来よりも省スペースで実現できるユニットとして、新たに5機種を開発した(表1)。

これらの製品を組み合せることで、従来のシステム構成と比較して40%のシステムサイズ削減が実現できる(図1)。

本稿では各ユニットの特長と、省スペースユニットを実現するための技術について述べる。

表1. 開発機種一覧

ユニット種別	形名
スリムタイプ電源ユニット	L63SP
CPUユニット	L26CPU
入出力混合ユニット	LH42C4NT1P(出力シンクタイプ) LH42C4PT1P(出力ソースタイプ)
アナログ入出力ユニット	L60AD2DA2

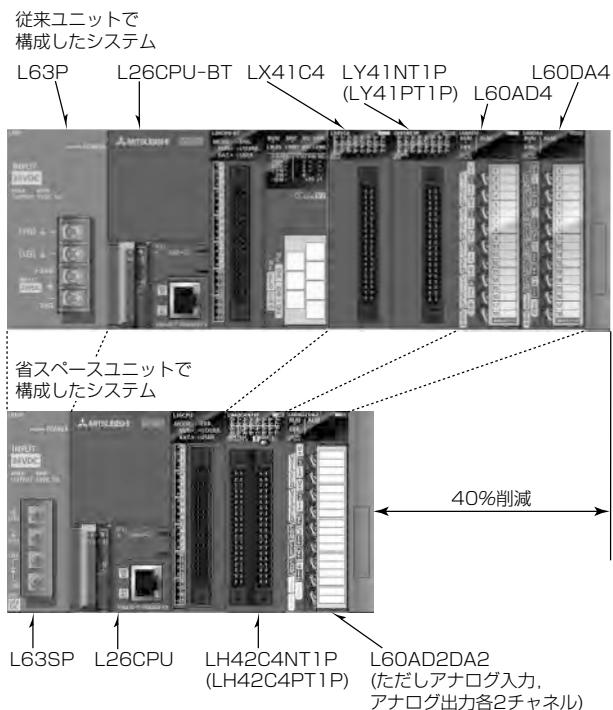


図1. 従来ユニットで構成したシステムと省スペースユニットで構成したシステムのサイズ比較

2. スリムタイプ電源ユニット

2.1 特長

今回開発したスリムタイプ電源ユニット(以下“L63SP”という。)は、従来機種であるDC入力電源ユニット(以下“L63P”という。)と比較して、ユニット幅を45mmから29mmへと35%省スペース化するとともに、同一の出力電流5A、効率70%以上を実現した(図2)。

従来のLシリーズ電源ユニットと同一の出力電流を確保することによって、顧客のシステム構成を変える必要がなく、使い勝手を良くしている。

2.2 省スペース化実現のための技術

従来機種のL63Pは、入力DC24Vと出力DC5Vが絶縁されている絶縁電源方式である。一方、L63SPは、電源ユニットの省スペース化を実現するため、非絶縁電源方式を採用している。非絶縁電源方式は、絶縁電源方式と比べて、入力側から印加されたノイズが出力側に伝播(でんぱ)しやすくDC5V回路や装着ユニットに与える影響が大きくなる。

この開発品は、各種ノイズの周波数特性を考慮して、インピーダンス特性が最適になるノイズフィルタを設計するとともに、静電気やサージの影響を受けにくい基板パターン設計を行うことで、L63Pと同等の耐ノイズ性能を確保した。非絶縁にすることで、トランジistorなどの絶縁部品を削減するとともに、低背部品のコンデンサ、コイルなどを選定して、ユニット幅を削減し、省スペース化を実現した。

3. CPUユニット

3.1 特長

LシリーズCPUユニット(例えば“L26CPU-BT”)では、汎用入出力、位置決め、高速カウンタ等の内蔵I/O(Input/Output)機能、SDメモリカードインターフェース、内蔵CC-Link機能等の多彩な機能を標準で搭載しており、各機能専用のユニットが不要となるため、省スペース化を実現できる。



図2. 従来製品とスリムタイプ電源ユニットの仕様比較

今回、リモートI/O分散が不要なシステムへの適用に向けて、L26CPU-BTと同等の演算処理性能を持ち、内蔵CC-Link機能を削除したCPUユニットを品ぞろえすることで、更なる省スペース化とコストの削減を可能とした(図3)。

3.2 省スペース化実現のための技術

今回開発したL26CPUは、L26CPU-BTから内蔵CC-Link機能を削除することで省スペース化を実現した。

システムASIC(Application Specific Integrated Circuit)やマイコンから内蔵CC-Link機能へのアクセスに使用するバスによっては、L26CPU-BTから内蔵CC-Link機能を削除した際に演算処理性能に影響が出る。そのため、L26CPU-BT開発時に、内蔵CC-Link機能やその他CPU内蔵機能の拡張が、演算処理性能に影響を与えないようなバス設計や基板設計を行っている(図4)。

システムASICやマイコンは、制御用メモリからプログラムを読み出し、演算処理に応じてデバイスマメモリから必要なデバイスを読み出し、演算結果をデバイスマメモリに書き戻す。これらのシーケンス演算処理には、内部バスを用いている。内部バスとは別に、CPUユニットと、I/Oユニットなどのユニット間の通信には、シーケンサシステムバスを用いている。



図3. 従来製品とL26CPUの仕様比較

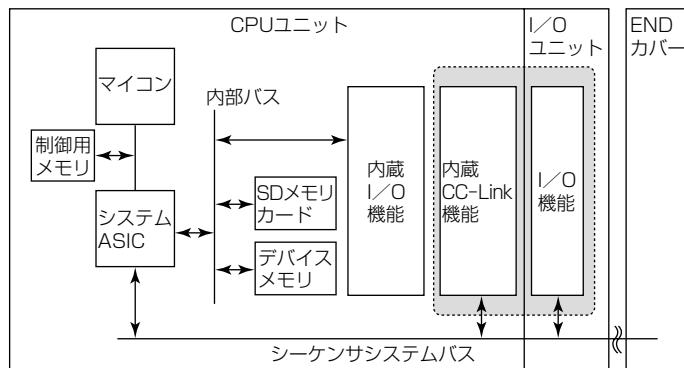


図4. L26CPU-BTのハードウェアのブロック図

内蔵CC-Link機能を内部バス上に配置すると、内蔵CC-Link機能やその他CPU内蔵機能の拡張によって内部バスを占有する時間が変わり、演算処理性能に差異が出てしまう。そこで、演算処理性能に差異が出ないよう、内蔵CC-Link機能をシーケンサシステムバス上に配置し、内蔵CC-Link機能の有無にかかわらず同じ演算処理性能を実現した。

4. 入出力混合ユニット

4.1 特長

従来のLシリーズでは、顧客が入力機能と出力機能を使用する場合、入力ユニットと出力ユニットを別々に用意し、システムに組み込む必要があった。

今回、顧客の要望に応えて入力機能32点と出力機能32点を1ユニットに統合した入出力混合ユニットを品ぞろえすることで、スペースとコストの削減を可能とした。これによつて、従来は入力ユニットと出力ユニットの計2台分のスペースが必要であったシステムを、1ユニット分のスペースで構築することができる(図5)。

また、接続する負荷のタイプに合わせてユニットを選択できるように、出力機能部はシンクタイプとソースタイプを開発した。入力機能部は、プラスコモン/マイナスコモンを共用として、ユニット選定の手間をなくし、顧客のシステムに合わせた配線を容易にした。

4.2 省スペース化実現のための技術

今回開発した入出力混合ユニットは、入力回路と出力回路を同一基板に実装することで、入出力機能を1ユニットに統合している。

発熱部品を含む部品点数が増加するため、部品配置と基板パターンが高密度化するとともに、入出力信号パターンが同一基板上に混在することになる。そのため、入出力信号が受けるノイズと発熱部品が周辺回路へ与える影響を抑えることが課題であった。

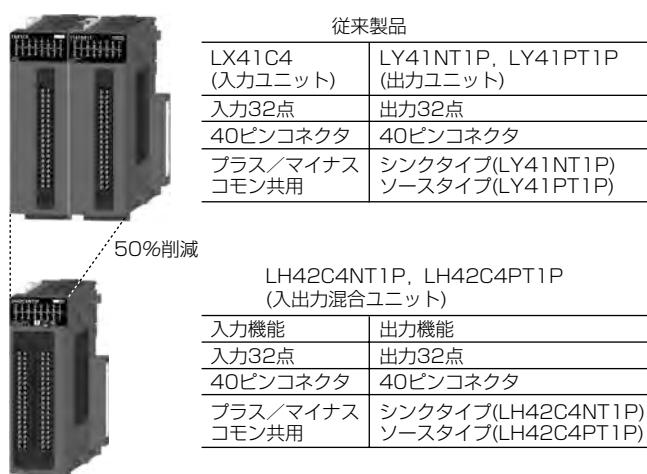


図5. 従来製品と入出力混合ユニットの仕様比較

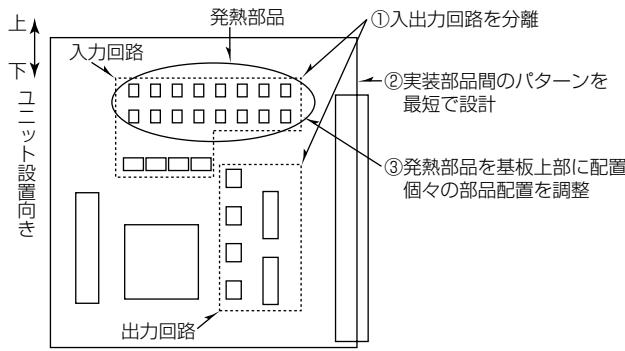


図 6. 入出力混合ユニット基板上の部品実装検討

この開発品では、入出力回路を各々分離して基板に実装して入力、出力の信号パターンができるだけ混在することを防ぎ、実装部品間のパターンを最短に設計することで、耐ノイズ性能を確保した(図 6 ①, ②)。同時に、発熱部品を基板上部に配置し、またシミュレーションなどを活用して個々の部品配置を調整することで、周辺部品の温度上昇を抑えた(図 6 ③)。これらの部品実装検討、基板パターン設計、熱設計によって、入出力機能の統合を実現した。

5. アナログ入出力ユニット

5.1 特長

従来のLシリーズでは、アナログ入力機能とアナログ出力機能を使用する場合、それぞれ少ないチャネル数であっても、アナログ入力ユニット(4チャネル)とアナログ出力ユニット(4チャネル)を個別に用意する必要があった。

今回、顧客の要望に応えてアナログ入力機能とアナログ出力機能を1ユニットに統合したアナログ入出力ユニットを開発することで、スペースとコストの削減を可能とした。機能を統合するにあたり、従来製品の使い勝手や便利機能を踏襲し、市場要求を満足する性能・機能を目指して開発した(図 7)。

5.2 省スペース化実現のための技術

従来のLシリーズアナログ入力ユニット及びアナログ出力ユニットは、検査装置などの高速な制御用途にも対応できるように、マイコンに加えてA/Dコンバータと通信する専用IC及びD/Aコンバータと通信する専用ICを用いることによって、それぞれ $20\mu\text{s}/\text{ch}$ の高速変換を実現している(図 8)。

今回開発したアナログ入出力ユニットは、従来製品から内部アーキテクチャを見直し、高性能なマイコンを搭載することで専用ICを削除し、1ユニット分のサイズに両機能を統合した。また、専用ICを削除しながら、他社よりも高速な変換速度 $80\mu\text{s}/\text{ch}$ の実現とコストダウンの両立を図った(図 8)。

両機能の独立性を実現するために、1チャネル分のA/D変換処理とD/A変換処理を $80\mu\text{s}$ 以下で並行して実行するように新規に設計することで、機能ごとに変換周期 $160\mu\text{s}$



図 7. 従来製品とアナログ入出力ユニットの仕様比較

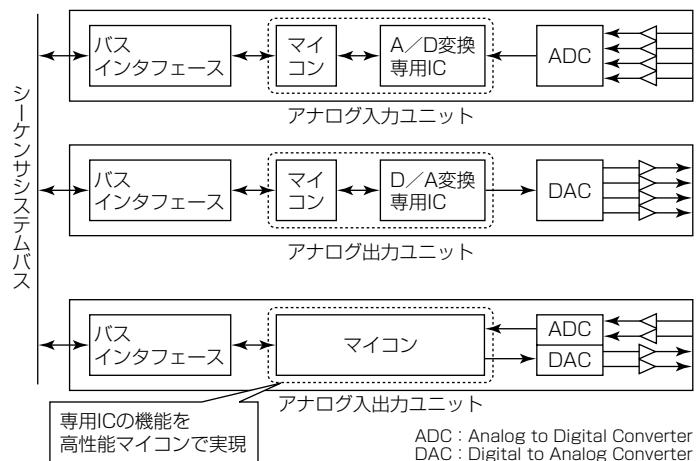


図 8. Lシリーズアナログユニットのアーキテクチャ

(変換速度 $80\mu\text{s}/\text{ch} \times 2\text{ ch}$)の変換を可能とした。

また、ロギング機能や波形出力機能など高速性を活用できる機能を実現するため、各種データの配置にも配慮し、参照頻度の高い変数をマイコン内蔵の高速メモリに、参照頻度の低い変数や大容量のデータを外付けのSDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)に配置するなどの設計を実施した。その結果、シーケンサCPUのスキャントайムに依存せず、 $80\mu\text{s}/\text{ch}$ の変換速度を活用した、よりきめ細やかなアナログ信号のモニタ／制御を可能とした。

6. むすび

MELSEC-Lシリーズで、省スペースユニット5機種を開発し、各ユニットの特長と省スペース化実現のための技術について述べた。

今後も顧客に対して最適な提案ができるように、更なるシステムの小型化、省スペース化を目指したシーケンサ製品を拡充していく。

参考文献

- (1) 柿本康一, ほか: “MELSEC-Lシリーズ”シーケンサ, 三菱電機技報, 84, No.3, 183~186 (2010)

CC-Link IE フィールドネットワーク向け ブロックタイプユニット拡充

塩谷圭介*
古川智也*
亀岡裕典*

Expansion of Block Type Unit for CC-Link IE Field Network

Keisuke Shiotani, Tomoya Furukawa, Hironori Kameoka

要 旨

近年のFAネットワークでは、Ethernet^(注1)技術を活用したネットワークがスタンダードになりつつある。この流れはコントローラ間や上位情報システムとの通信だけでなく、センサや各種デバイスを接続する下位のフィールド領域のネットワークまで拡大してきている。また一方で生産現場では、品質やセキュリティの意識の高まりから、トレーサビリティ(製造履歴情報)管理の重要度が増しており、扱うデータ量が増大している。更に熟練エンジニアの大量定年などによってシステムの構築・運用・保守に関わる人材が不足しているなどの課題があり、それらを解決するネットワークが望まれている。

こうした背景から三菱電機では、高速・大容量通信と使

いややすさを両立させたギガビットイーサネットベースのオープンフィールドネットワーク“CC-Link IE フィールドネットワーク”を提案してきた。

今回、CC-Link IE フィールドネットワークを更に使いやすいものにするため、複数のコネクタタイプに対応した“ブロックタイプのリモートI/O(Input/Output)ユニット”と、温度制御に必須である“ブロックタイプの温度調節ユニット”を製品化した。

本稿では、新たにラインアップに追加したブロックタイプのユニットの機能・特長、及び開発に当たり採用した技術について述べる。

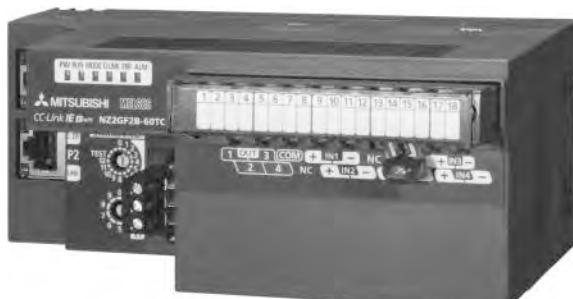
(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。



e-CONタイプ デジタル入力／出力
リモートI/Oユニット



MILコネクタタイプ デジタル入力／出力
リモートI/Oユニット



温度調節ユニット

CC-Link IE フィールドネットワーク向けブロックタイプユニットの新ラインアップ

今回は、CC-Link IE フィールドネットワークを更に使いやすいものにするため、センサ接続が容易なe-CONタイプのI/Oユニット、リレーターミナルや端子台変換ユニットへの接続が容易なMILコネクタタイプと高速・高精度な温度制御を可能とする温度調節ユニットを新たにラインアップに追加した。

1. まえがき

当社は、ギガビットイーサネットをベースに、オープンネットワークとして、2010年にCC-Link IEフィールドネットワークを市場投入した。このネットワークは制御データと診断データが混在するインテリジェント化された高度な製造システムに対応する新しいタイプのネットワークである。また、設定の容易化、配線性・診断機能を強化し、顧客の使い勝手が良いネットワークとなっている。

今回、このCC-Link IE フィールドネットワークの更なる使い勝手向上と機器拡充を目的に、次に述べる3種類のブロックタイプのリモートユニットを開発した。センサ接続が容易なe-CONタイプのリモートI/Oユニット、リレーターミナルや端子台変換ユニットへの接続が容易なMILコネクタタイプのリモートI/Oユニット、及び高速・高精度な温度制御を可能とする温度調節ユニットである。これらは工場におけるフィールド機器としては欠かせない機器である。

2. ブロックタイプリモートI/Oユニット⁽¹⁾

今回、CC-Link IEフィールドネットワーク対応ブロックタイプリモートI/Oユニットとして新たにe-CONタイプI/Oユニット、MILコネクタタイプI/Oユニットをラインアップし、顧客の使い勝手向上を実現した。

なお、現行品であるねじ端子台タイプユニットに搭載した増設機能、ファストロジック機能、入力応答時間設定機能、入力OFFディレイ機能、出力ON回数積算機能、外部供給電源監視機能、出力HOLD/CLEAR設定機能については、この開発品でも継承している。

2.1 電源ラインのワンタッチカスケード接続 (e-CONタイプ、MILコネクタタイプ)

e-CONタイプ、MILコネクタタイプはともにコネクタにIN側、OUT側を個別に配線できるようにしているため、電源のカスケード配線が可能となり、中継端子台を必要とせず、省スペース化を実現できる(図1)。また、ワンタッチでの取付けが可能なため配線性の向上や配線工数の削減、誤配線の防止を実現できる。

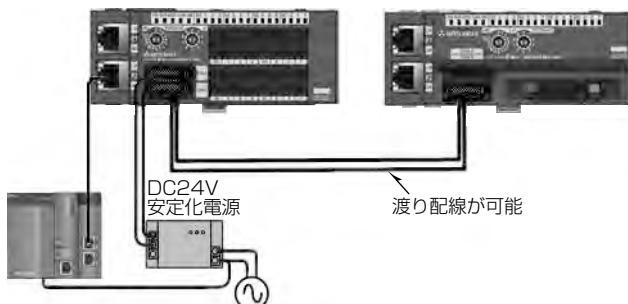


図1. パワークランプコネクタによる電源のカスケード接続

2.2 センサの接続容易化(e-CONタイプ)

e-CONタイプユニットは、ねじ締め作業が不要で2線式及び3線式のセンサが直接接続でき、コネクタを外すのみでセンサの交換が可能なため、配線性の向上及びメンテナンス工数の削減が可能である。また、中継端子台などを介さず直接接続できるため、中継端子台のコスト・スペースも削減できる。

2.3 リレーターミナルや端子台変換ユニットへの接続容易化(MILコネクタタイプ)

I/Oインターフェース部にMILコネクタを採用することによって、リレーターミナルや端子台変換ユニット・電磁弁などへの接続を容易にした。三菱電機エンジニアリング株製ターミナルユニットとの組合せで、リレー出力やAC入力等の様々な用途に適用が容易となる。また、ねじ締め作業が不要で、コネクタを外すだけでユニットの交換が可能なため、配線やメンテナンスの工数を削減できる。

2.4 通信基板共用化のための技術

今回開発したe-CONタイプ、MILコネクタタイプユニットは、現行品のねじ端子台タイプユニットとは電源部、I/O部の配線方式は異なるが、現行品と合わせた3種類の製品で、イーサネットのコネクタ部の使用性を統一するため、通信基板の共用化を図った。

しかし、e-CONタイプユニットは、e-CONがねじ端子台に比べ実装面積が大きいため、3種類の製品で通信基板を共用化すると入出力点数を減らすか、製品サイズを大きくする必要があった。

そこで、現行品と同じ入出力点数とするために、基板構成や基板間接続方法を工夫することでe-CON実装面積を確保した。更にe-CON、パワークランプコネクタ、ロータリスイッチを同一基板上に実装するなどの部品配置の見直しを行い(図2)，現行品と同じ入出力点数を実現しながら、通信基板の共通化と、同等サイズの実現を両立させた。

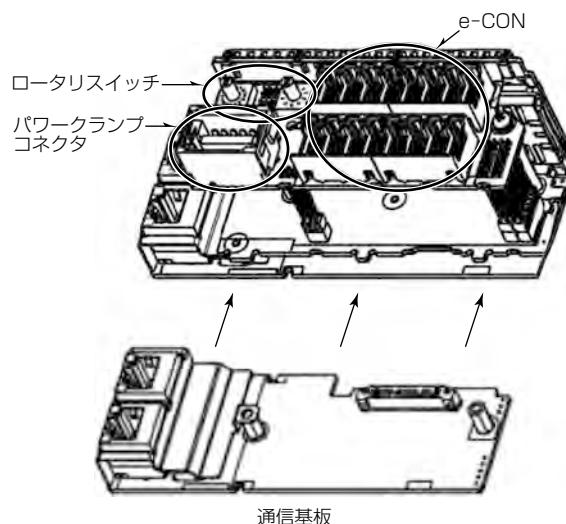


図2. e-CONタイプユニットの部品配置

3. 温度調節ユニット

今回開発したCC-Link IEフィールドネットワーク温度調節ユニットは、外部配線の省配線を実現できる小点数分散向けのリモートユニットとしてラインアップした。

3.1 性能

表1に温度調節ユニット2機種の性能・機能を示す。この製品は、シーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”や“MELSEC-Lシリーズ”的温度調節ユニットと同等の性能を備えており、高速・高精度な温度制御を実現した。

3.2 機能

CC-Link IEフィールドネットワーク温度調節ユニットに搭載した機能のうち、加熱冷却制御、同時昇温機能、及びピーク電流抑制機能について、機能の概要と実現のための技術について述べる。

3.2.1 加熱冷却機能

(1) 概要

加熱冷却制御は、ヒーターなどの加熱と、冷却水などの冷却の両方の制御手段を用いて温度制御を行う制御である。この機能によって、加熱、冷却のどちらか一方の制御手段を用いた標準制御に比べ、応答性の高い制御を実現できる。

(2) 実現のための技術

加熱冷却制御のPID(Proportional, Integral, Derivative)演算では、2系統の出力を制御する演算アルゴリズムを追加し、加熱と冷却の両方の制御が必要なシステムを1台のユニットで実現した。

・加熱の制御出力

温度測定値(PV)が目標値(SV)を下回っている場合の操作量(MVh)

・冷却の制御出力

温度測定値(PV)が目標値(SV)を上回っている場合の操作量(MVc)

これによって、車載プラスチック部品、プラスチックケース、ゴムパッキン等、特定形状のプラスチック製品やゴム製品を金型で成形する射出成形機(図3)で、金型に高温の樹脂を注入しても、冷却と加熱の両方の制御によって金型内部の温度を一定に保つことが可能となる。

しかし、加熱冷却制御を使用した場合、制御対象の自己発熱と自然冷却が釣り合っている状態となるシステムでは、わずかな加熱又は冷却の制御出力によって温度測定値が大きく変化するため、必要以上の制御出力を出してしまったことがある。これを解決するため、冷却の制御出力を始めるポイントをずらして、加熱と冷却のどちらの操作量も0%となる温度域(図4)を設けることで、温度変化が少ないシステムでは必要以上の加熱処理や冷却処理が行われないようになり、省エネルギーを実現した。

表1. 温度調節ユニットの性能・機能

形名	NZ2GF2B-60TCTT4	NZ2GF2B-60TCRT4
制御出力	トランジスタ出力	
温度入力点数	4チャネル	
使用可能なセンサ	熱電対	測温抵抗体
サンプリング周期	250ms/4チャネル 500ms/4チャネル	
機能	加熱冷却制御、ピーク電流抑制機能、同時昇温機能、ループ断線検知機能、オートチューニング機能	

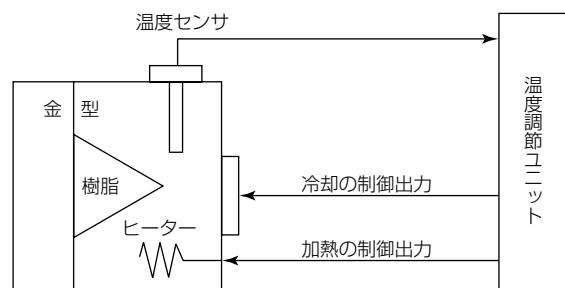


図3. 金型の加熱冷却制御

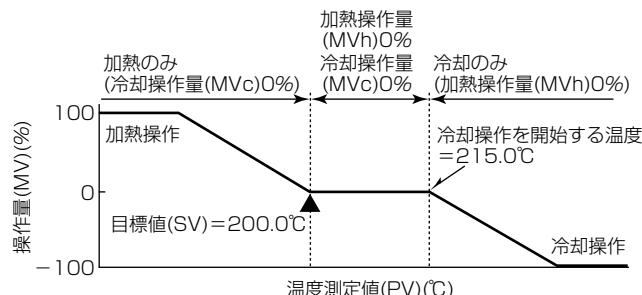


図4. 操作量が0%となる温度域(200~215°C)

3.2.2 同時昇温機能

(1) 概要

同時昇温機能は、複数ループの昇温を実行した場合に昇温到達時間をそろえる機能である。この機能によって、部分焼けや部分的な熱膨張のない、均一な温度制御を実現できる。

(2) 実現のための技術

各チャネルの目標値までの昇温を同時に実行した場合、制御対象によって目標値に到達する時間のばらつきが発生し、先に目標値に到達したチャネルが、最も遅いチャネルの昇温到達までの間、目標値に保温するエネルギーが無駄となっていた(図5)。そのため、同時昇温開始時に、昇温到達時間が最も遅いチャネルを基準とし、他のチャネルを基準チャネルに追従するように制御することによって、昇温が完了する時間を合わせることが可能となった(図6)。

これによって、先に目標値に到達したチャネルの保温期間がなくなることによる省エネルギーを実現するとともに、半導体製造(ウェーハ加熱)工程での温度調節(図7)で、部分焼けや、部分的な熱膨張のない均一な温度制御が可能となった。

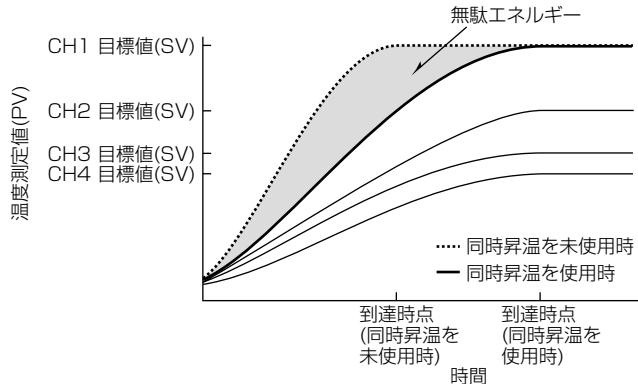


図5. CH1における同時昇温未使用時と使用時の比較

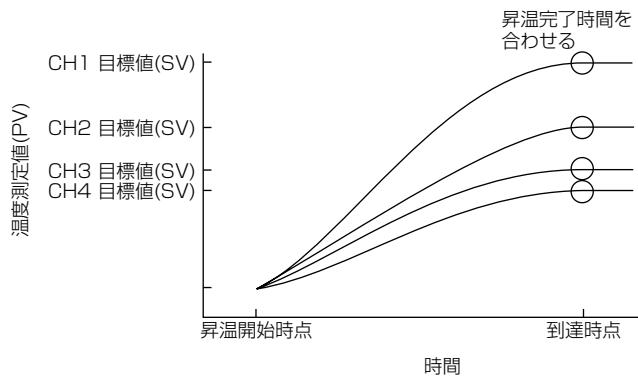


図6. CH4を基準チャネルとした場合の同時昇温

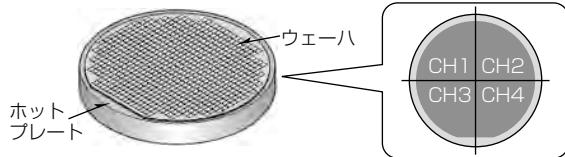


図7. 半導体製造装置(ウェーハ加熱)工程での温度調節

3.2.3 ピーク電流抑制機能

(1) 概要

ピーク電流抑制機能は、各チャネルのトランジスタ出力のONタイミングをずらし、出力を同時ONせずに制御を行うことでピーク電流を抑える機能である。この機能によって、出力の同時ONで発生するピーク電流の抑制が可能となり、設備の電源容量削減が実現できる。

(2) 実現のための技術

従来、各チャネルのトランジスタ出力は、制御出力周期の開始時点で同時ONしていたが、制御出力周期を4分割して各チャネルに割り当て、各チャネルのトランジスタ出力のONタイミングを自動的にずらすことで、ピーク電流の抑制を実現した(図8)。

しかし、包装機のシーラや食品の加熱殺菌炉など、一部チャネルのみ出力を同時ONして均一な温度制御を実現する場合、4分割のみでは、トランジスタ出力がONするタイミングの遅れによって、温度制御の安定度が低くなることが想定された。

そのため、各チャネルにグループ設定を設け、出力を同時ONしないチャネル、するチャネルを自由に設定できる

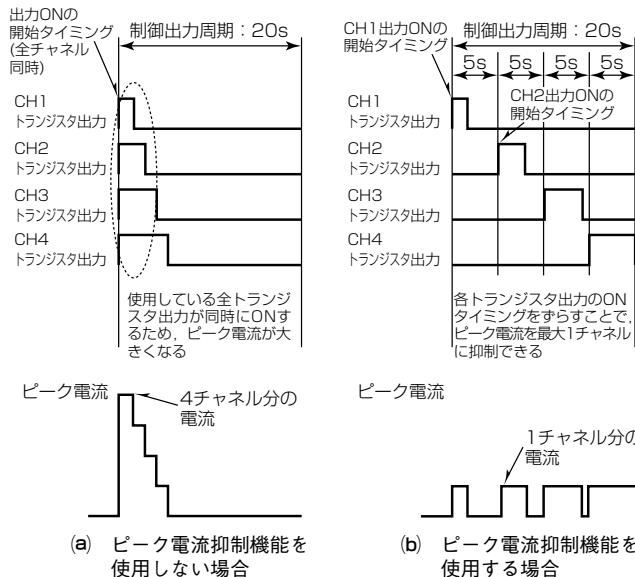
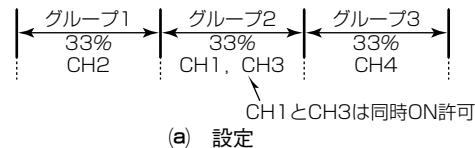
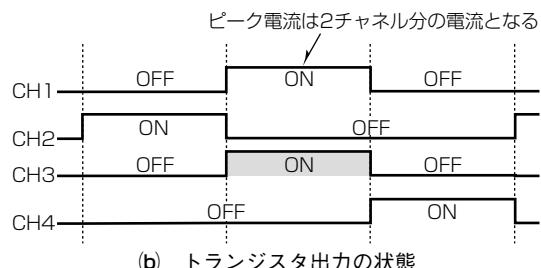


図8. トランジスタ出力のONタイミングとピーク電流

例: CH1とCH3は安定度を優先する設定で制御を行う場合



(a) 設定



(b) トランジスタ出力の状態

図9. 安定度を優先する場合のグループ分割例

ようにすることで、安定度を優先するグループでは出力の同時ONを可能とした(図9)。

これによって、温度制御の安定とピーク電流の抑制を、それぞれの装置に最適な形で実現できる。

4. むすび

今回は、ブロックタイプのリモートユニット3種類(e-CONタイプI/Oユニット・MILコネクタタイプI/Oユニット・温度調節ユニット)を開発し品ぞろえの拡充を実施した。

今後、更なる品ぞろえの拡充を図るとともに、顧客にとって使い勝手の良い魅力ある製品群にするための製品開発を推進していく所存である。

参考文献

- 矢木孝浩, ほか: CC-Link IE フィールドネットワークブロックタイプリモートユニット, 三菱電機技報, 87, No.3, 157~160 (2013)

グラフィックオペレーションターミナル “GOT2000シリーズGT27モデル”

永利裕志*
折戸孝一*
長尾知幸*

Graphic Operation Terminal "GOT2000 Series GT27 Model"

Yushi Nagatoshi, Koichi Orito, Tomoyuki Nagao

要旨

三菱電機は9年ぶりの表示器新シリーズとなるグラフィックオペレーションターミナル“GOT2000シリーズGT27モデル”，及びそれに対応した作画ソフトウェア“GT Works3”的発売を2013年9月に開始した。

市場環境の変化や様々な顧客要望に対応し，設計，運用，保守といったユーザーが表示器に関わる各フェーズで“Easy and Flexible(使いやすく，自由度が高い)”をコンセプトとした開発を実施した。

GT27モデルはGOT2000シリーズのフラッグシップモデルであり，アーキテクチャを刷新し，他社に先駆けた進歩的な機能を製品に盛り込んだ。GT27モデルとGT Works3の特長を次に挙げる。

(1) GT27モデルの特長

- ①モニタ性能向上(従来比2倍以上)
- ②大容量メモリ搭載(従来比9倍)
- ③マルチタッチ・ジェスチャ操作による直観的操作
- ④きれいで見栄えの良い画面表示
- ⑤無線LAN(Local Area Network)接続による利便性向上
- ⑥使いやすい筐体(きょうたい)デザインとラインアップ充実

(2) GT Works3の特長

- ①検索機能強化による流用作成効率化
- ②入力アシスト機能による簡単設定



GT Works3

検索機能強化による流用作成効率化

入力アシスト機能による簡単設定

GT27モデル

モニタ性能向上

大容量メモリ搭載

マルチタッチ・ジェスチャ操作による直観的操作

きれいで見栄えの良い画面表示

無線LAN接続による利便性向上

使いやすい筐体デザインとラインアップ充実

“GOT2000シリーズ”の“GT27モデル”

GOT2000シリーズのGT27モデルは“Easy and Flexible”をコンセプトとし，アーキテクチャの刷新によって他社を凌駕(りょうが)する高性能・高機能を実現してユーザーが簡単に設計・操作・保守できる表示器を提供する。

1. まえがき

当社はFA(Factory Automation)向け表示器事業を1992年にスタートし、三菱FA機器との親和性を武器に事業拡大を行ってきた。2004年7月に現在の主力である“GOT1000シリーズ”を発売し、基本性能の高さと三菱FA機器との独自連携機能によって他社との差別化を図り、売上規模を伸ばしてきた。この結果、2010年に国内シェアNo.1を獲得し、現在までその地位を継続するまでに至っている^(注1)。

しかしながら、スマートフォン・タブレットといったタッチパネル搭載機器の普及などによって、市場環境や市場要望は刻々と変化しており、これらに対応していくためにはアーキテクチャの刷新が必要となってきた。

そこで当社は、“Easy and Flexible(使いやすく、自由度が高い)”のコンセプトの下に、9年ぶりの新シリーズとなるGOT2000シリーズの開発を行い、シリーズのフラッグシップモデルであるGT27モデルを2013年9月に市場投入した。

本稿ではGOT2000シリーズGT27モデルの特長及び新機能について述べる。また、対応する作画ソフトウェアGT Works3の新機能についても述べる。

(注1) 2013年12月25日現在、当社調べ

2. GOT2000シリーズ GT27モデルの開発目的

市場動向を分析すると、表示器自体には付加的な機能をほとんど求めず、操作・表示といった基本的な機能を低価格で手に入れようとするユーザー層と、より高性能・高機能な表示器を搭載することによって製品の差別化を図りたいユーザー層とが存在しており、市場の分化が進行していることが伺えた。

当社従来機種であるGOT1000シリーズの“GT16モデル”は、高性能・高機能を求めるハイエンド市場のユーザー層に受け入れられ売上規模を伸ばしてきた。GT27モデルではGT16モデルとの互換性を重視し、従来のユーザーが容易に置き換えるとともに、アーキテクチャの刷新による他社を凌駕する性能と、他社に先駆けた先進的な機能を盛り込むことで、ユーザー製品の更なる付加価値向上を目指し、より多くのユーザーに受け入れられるように製品開発を行った。

3. GT27モデルの製品ラインアップ

図1にGT27モデルの製品ラインアップを示す。GT27モデルでは従来機種GT16モデルとの互換性を踏襲した製品ラインアップを展開し、液晶モジュールの解像度がSVGA(Super Video Graphics Array)で画面サイズが12.1／10.4／8.4インチの製品、

解像度がVGA(Video Graphics Array)で画面サイズが10.4／8.4インチの製品を市場投入した。また、解像度がXGA(eXtended Graphics Array)で画面サイズが15インチの製品を近日中に市場投入予定である。

加えて、前面パネル部の洗浄性を要望する顧客に対応し、前面USB(Universal Serial Bus)インターフェース部分を背面に移動し、前面パネル部をフラット化して洗浄性を高めたホワイトモデルを新規に市場投入した。

表1に従来機種GT16モデルとの主要な仕様比較を示す。GT27モデルでは、市場から高評価を得ている前面USBなど従来の互換性を維持しつつ、LED(Light Emitting Diode)バックライトや2点押し・マルチタッチ可能なタッチパネルの採用、無線LAN対応やSDカードといった標準インターフェースの強化を行った。

4. GT27モデルの特長と新機能

4.1 モニタ性能向上とメモリ容量拡大

従来はロギング、スクリプト、アラーム収集、デバイスデータ転送等のCPUに高負荷となるバックグラウンド処理を実行している際に、モニタ処理が間に合わなくなり、モニタ性能(表示更新時間)に影響を与える場合があった。GOT2000シリーズではバックグラウンド処理とモニタ処理の調停を実行することによって、高負荷処理中でもモニタ性能を向上させ、従来機種GT16モデル比で2倍以上のモニタ性能を実現した(図2)。



図1. GT27モデルの製品ラインアップ

表1. GT27モデルとGT16モデルの仕様比較

	GOT2000シリーズ GT27モデル	GOT1000シリーズ GT16モデル
表示色	65,536色	65,536色
バックライト	LED	CCFL
タッチパネル	アナログ抵抗膜方式 (2点押し可能)	アナログ抵抗膜方式 (2点押し不可)
標準ユーザー メモリ	57MB(実質128MB(4.1節))	15MB
メモリカード	SDカード	CFカード
Ethernet ^(注2)	100Mbps 1ch	100Mbps 1ch
標準 インタ フェース	USB ホスト：前面1ch、背面1ch (ホワイトモデルは背面1ch) デバイス：前面1ch (ホワイトモデルは背面1ch)	USB1.1 Full-Speed 12Mbps ホスト：前面1ch デバイス：前面1ch
RS-232	1ch	1ch
RS-422/485	1ch	1ch
無線LANインターフェース	あり(オプション対応)	なし
電源	AC100~240V/DC24V	AC100~240V/DC24V

(注2) Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。

CCFL : Cold Cathode Fluorescent Lamp

また、図3に示すように内蔵メモリの容量も15MBから57MBと大幅に増強し、さらにプロジェクトデータ圧縮技術の導入によって、従来機種GT16モデル比で実質的には128MBのデータが格納できるので9倍のメモリ容量を実現した。これによって、ユーザーにおける画面作成の自由度を大幅に向上させた。

4.2 マルチタッチ・ジェスチャ操作による直観的操作

スマートフォンやタブレット機器で広まったマルチタッチ・ジェスチャ操作をFAの現場でも使用したいという要望が出てきているが、これらの機器で採用されている静電容量方式のタッチパネルは、軍手などの手袋をつけたままではタッチパネルの操作ができないという問題があった。

この問題を解消するため、FA機器で実績のあるアナログ抵抗膜方式を改良した領域分割方式のアナログ抵抗膜タッチパネルを採用し、FAの現場でもフリック、スライド、ピンチイン／アウトといったジェスチャの操作入力を実現した。

画面全体への適用とともに、各種ログデータの閲覧に多用されるグラフなどのオブジェクト単体にも適用可能であり、フリック操作によるスクロールやピンチアウト操作による部分拡大表示によって、従来必要であった拡大操作ボタンを不要とし、直観的な操作を可能とした。さらに、従来機能であるドキュメント表示機能でも、このジェスチャ操作を適用することによって、容易に利用しやすくなった（図4）。

また、2点同時押しの検出が可能であるため、両手を使用した2点押し操作での操作者の安全確保や、図5に示すシフト入力のような確実な操作にも対応可能である。

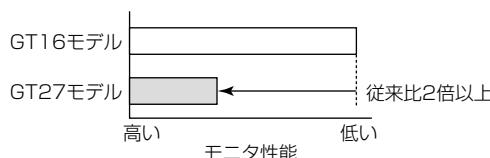


図2. GT27モデルとGT16モデルのモニタ性能(表示更新時間)比較

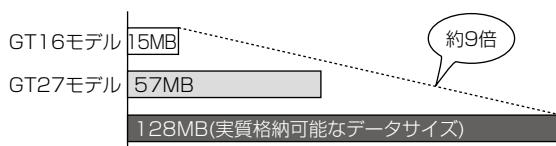


図3. GT27モデルとGT16モデルのメモリ容量比較



図4. ジェスチャ操作事例

4.3 きれいで見栄えの良い画面表示

顧客装置の高機能・高性能化、表示画面の見栄え向上に伴い、画面データ量の肥大化が問題となっている。また、従来機種で採用しているビットマップ形式の画像データは拡大表示すると、画像の輪郭の粗さが目立ち、見栄えが悪化するという問題もあった（図6）。

これら問題の解決と、更に効率的で自由度の高い画面データを作成することができるよう、画像データのメモリ内での保持方法を変更し、PNG(Portable Network Graphics)形式の画像データと自由なサイズで文字描画が可能なスケーラブルフォント(アウトラインフォント)に対応することによって、画面のデータサイズの圧縮と、見栄えの良い画面表示の両立を実現した。

4.4 無線LAN接続による利便性向上

GT27モデルでは無線LAN通信ユニットを新たに開発し、このユニットをGOT本体に装着することによって、パソコンとGOT間のデータ送受信の無線化を可能とした。

これによって、図7のようにパソコンとGOT間のケーブル接続が無線化され、GOTの画面データダウンロードや、シーケンサのラダーのプログラミング、モニタがGOT経由で無線によって対応できるようになり、メンテナンスの作業効率向上に寄与する。



図5. 2点押し操作事例

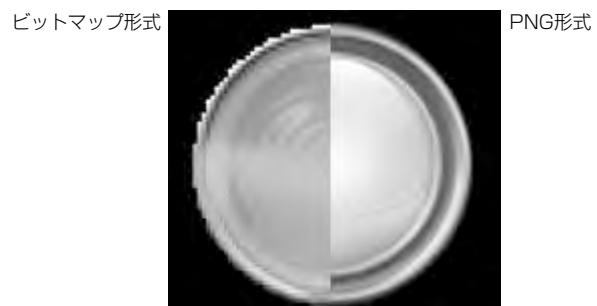


図6. ビットマップ形式とPNG形式の見栄え比較



図7. 無線LAN接続構成



図8. GT27モデル



図9. 流用作成機能

4.5 使いやすい筐体デザイン

図8に示すようにGOT2000シリーズでは表示器が搭載される様々なシーンに調和する直線基調のシンプルな筐体デザインを採用した。また、前面USBカバーをプッシュ式とすることによって凹凸をなくし、表示面のフラット化を実現した。さらに、背面のインターフェースを示す文字にユニバーサルデザインフォントを採用するなど視認性向上させている。

5. GT Works3の新機能

GOTシリーズの画面作成を行うための作画ソフトウェアであるGT Works3をGOT2000対応としてバージョンアップし、更なる画面作成の効率化を実現している。

5.1 画面流用作成の効率化

GT Works3では、ユーザーの画面資産や当社が提供しているサンプル画面の再利用性向上を狙い、“流用作成”機能を強化した。

この機能は、図9に示すようにユーザーのやりたいことや使用している機能名称などをキーワードとして、画面の情報を検索することで、ベースとなる画面を簡単に探し出せ、そこへ修正を加えることで流用性を高めることが可能となる。画面データの検索キーワード(例：“アラームをレベルに応じて表示”“ロギング”など)をデータベースで高速に検索し、候補となる画面のサムネイル画像を選択することで取り込むことができる。



図10. 入力アシスト機能



図11. 目的に応じたヘルプ

5.2 入力アシスト機能

GOTが接続するシーケンサなどのアドレス値(デバイス)を参照する設定を行なう際，“M10”的ようにデバイス名をそのまま使用するのではなく，“装置Aブザー停止”といった、それらデバイスの意味(コメント)や変数名(ラベル)を選択することで設定できる，“入力アシスト”機能を開発した。

ユーザーが入力画面で検索したい文字列を入力していくと、1文字入力ごとに該当する可能性のあるデバイスを絞り込んでいくため、ユーザーは目的としているデバイスを簡単に設定することができる(図10)。

これによって、ユーザーはデバイスとコメント・ラベルとの対応表や機器のマニュアルを見ながら画面作成をする必要がなくなり、画面作成の工数削減に寄与する。

5.3 ヘルプの強化

GT Works3に搭載しているヘルプの内容を充実化し、紙マニュアルを不要とするよう改善した。

図11に示すように、画面作成に慣れていないユーザーであっても、ユーザーがやりたいことや、困っている状況を選択することで、設定すべき項目のヘルプ情報を表示することができるようになった。設定中に設定内容に不明点があった場合はF1キーを押すことで該当機能のヘルプを直接表示可能となり、マニュアルを見ることなく設定を進めていくことができる。

6. むすび

GOT2000シリーズGT27モデルは従来機種からの互換性を維持しつつ、他社に先駆けた先進的な機能を盛り込み、製品の設計・運用・保守の各段階でユーザーに利点を提供できる機種である。

今後も機種ラインアップの拡充と、市場の声を積極的に反映した機能拡張を実施していく。

C言語コントローラ／パソコン組み込み型 サーボシステムコントローラ

高橋仁之*
柴田一樹*

C Controller/Personal Computer Embedded Type Servo System Controller

Kimiyuki Takahashi, Kazuki Shibata

要 旨

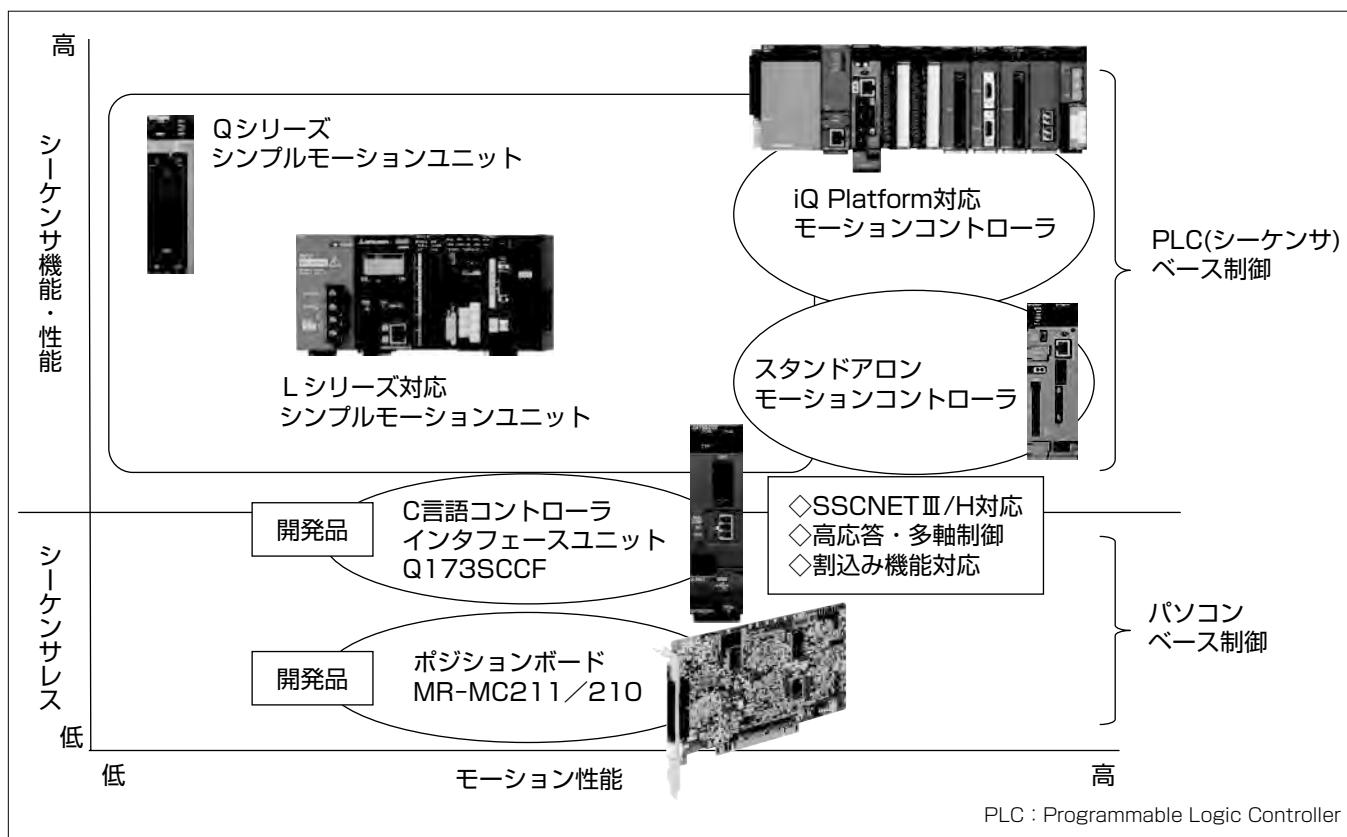
C言語コントローラ／パソコン組み込み型サーボシステムコントローラは、パルスボードを組み込んだパソコンやマイコンボードを使用したパソコンベース制御の装置でサーボアンプの性能・サーボインターフェースの向上を図りたいユーザーの要望を実現する新シリーズのサーボシステムコントローラである。パソコンベース制御では開発言語としてC言語を採用することが多く、三菱電機C言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”とPCI(Peripheral Component Interconnect) Express^(注1)で接続するC言語コントローラインターフェースユニット“Q173SCCF”と、パソコンとPCIバスで接続するポジションボード“MR-MC211／210”的3機種をラインアップした。ユーザーからは装置の生産性向上のため、より高頻度に運転ができる性能・機能を要求され

ており、この製品はサーボシステムコントローラの中でも位置決め機能をPTP(Point To Point)制御に特化することで多軸化、高応答化を実現した。

本稿では、Q173SCCFとMR-MC211／210の概要及び次の特長について述べる。

- (1) サーボネットワーク“SSCNET(Servo System Controller NETwork)Ⅲ/H”対応による高速・高精度な軸制御
- (2) 高速処理(制御周期0.22ms/8軸、1サイクル起動)
- (3) 割り込み出力によるイベント高速通知(位置決め完了など)
- (4) 他軸起動機能によるユーザープログラムの負荷(ばらつき)に依存しないタイミング制御

(注1) PCI Expressは、PCI-SIG社の登録商標である。



C言語コントローラインターフェースユニット“Q173SCCF”とポジションボード“MR-MC211／210”的製品位置付け

C言語コントローラ／パソコン組み込み型サーボシステムコントローラには、Q173SCCF(C言語コントローラQ24DHCCPU-VとPCI Express接続)とMR-MC211／210(パソコンとPCI接続)の3機種をラインアップしている。ユーザーはC言語プログラムからAPI(Application Programming Interface)ライブラリを使用して位置決め制御を行う。高速サーボネットワークSSCNETⅢ/Hの採用によって、制御周期0.22ms(最大8軸)を実現した。

1. まえがき⁽¹⁾⁽²⁾

当社サーボシステムコントローラは、2011年にiQ Platform モーションコントローラ“Q172DSCPU/Q173DSCPUシリーズ”を発売し、“Qシリーズ”シーケンサと高速にデータ授受することで、システム全体のスループット向上とフレキシブルなシステム構成という市場のニーズに応えてきた。

一方、パルスボードを組み込んだパソコンやマイコンボードを使用しているユーザーは開発言語にC言語を採用している割合が多く、当社C言語コントローラとシンプルモーション又はモーションコントローラというシステム構成を提案してきた。しかし、高速・高頻度運転による生産性向上の要求や、大容量データ・大規模な演算を扱うためパソコンを活用したいユーザーニーズもあり、それに応えるため、今回パソコンベース制御やC言語プログラミングと親和性の高い新たなシリーズをリリースした。

新シリーズとなるC言語コントローラ／パソコン組み込み型サーボシステムコントローラには、C言語コントローラインタフェースユニットQ173SCCF及びポジションボードMR-MC211／210(以下“MR-MC21n”という。)の3機種をラインアップする。

本稿では、Q173SCCF／MR-MC21nの概要及び特長について述べる。

2. Q173SCCF／MR-MC21nの概要

2.1 製品仕様

今回開発したQ173SCCF／MR-MC21nは、パソコン分野で普及している汎用バス(PCI Express／PCIバス)に接続するタイプのサーボシステムコントローラである。仕様を表1に示す。汎用バスと直接接続することで、この製品内部の2ポートメモリに高速アクセスが可能となり、またこの製品から出力される割り込み信号を受けることも可能となる(図1)。

表1. Q173SCCF／MR-MC21nの仕様

項目	仕様		
	Q173SCCF	MR-MC210	MR-MC211
上位コントローラ(OS)	C言語コントローラ Q24DHCCPU-V (VxWorks ^(注2) 6.8.1)	パソコン (Windows ^(注3) 7等)	
接続バス	PCI Express (x1)		
サーボネットワーク SSCNET III/H(150Mbps)	1系統	2系統	
制御周期	0.22ms	最大8軸	
	0.44ms	最大16軸	
	0.88ms	最大20軸	最大32軸
主な位置決め機能	JOG運転、インクリメンタル送り運動、自動運動、直線補間運動、並列駆動、他軸起動機能、インターフェースモード機能(逐次位置指令方式)等		
ソフトウェア開発環境	CW Workbench/ Wind River Workbench	Microsoft Visual Studio ^(注3)	
ユーティリティソフト ウェア(テストツール, APIライブラリ)	Q173SCCF ユーティリティ SW1DNC-QSCCF-B	ポジションボード ユーティリティ MRZJW3-MC2-UTL	

(注2) VxWorksは、米国Wind River Systems, Inc.の登録商標である。
(注3) Windows, Visual Studioは、Microsoft Corp.の登録商標である。

トメモリに高速アクセスが可能となり、またこの製品から出力される割り込み信号を受けることも可能となる(図1)。

2.1.1 Q173SCCF

Q173SCCFは当社C言語コントローラQ24DHCCPU-VとPCI Expressで直接接続することで、C言語コントローラの汎用性を活用しつつ、MELSECシリーズのユニットを使用したフレキシブルなシステムの構築が可能となる。C言語コントローラはリアルタイムOS(Operating System)の一つであるVxWorksを採用しており、安定かつ応答性に優れた制御が実現可能である。Q173SCCFユーティリティに付属するVxWorks用の位置決め制御APIライブラリをC言語コントローラの開発環境に追加することで、C言語によるサーボ制御を容易なものとする。また、C言語コントローラとQ173SCCFを使用することで、製品安定供給に対する不安や維持管理コスト増大といったマイコンボード／パソコン環境が抱える課題を解消する。システム構成を図2に示す。

2.1.2 MR-MC21n

MR-MC21nは、パソコンのPCIバスに接続するタイプのサーボシステムコントローラである。位置決め機能は

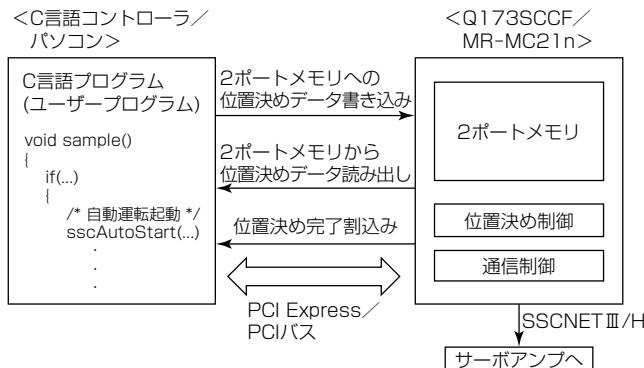


図1. Q173SCCF／MR-MC21nの構成

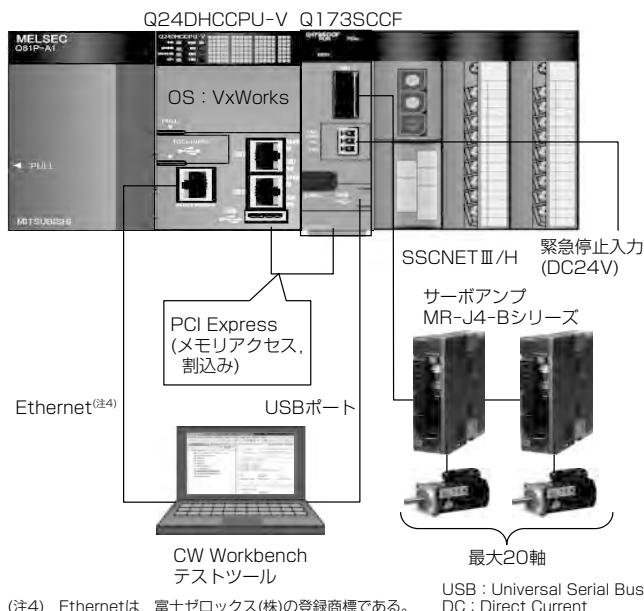


図2. Q173SCCFのシステム構成

Q173SCCFと同等であるものの、パソコンの高速処理を活用した多軸処理に応えるため、MR-MC21nは最大4台(最大128軸)まで制御可能とした。ポジションボードユーティリティに付属するWindows用の位置決め制御APIライブラリをVisual C++^(注5)等の開発環境に追加することで、C言語によるサーボ制御を可能とする。システム構成を図3に示す。

(注5) Visual C++は、Microsoft Corp.の登録商標である。

3. Q173SCCF/MR-MC21nの特長

Q173SCCF/MR-MC21nは、パソコンベース制御の比重が高い特に半導体製造装置分野からの高速・高応答な位置決めのニーズに応えるために、ユーザー装置のタクトタイムを短縮し、生産性向上に直結できるような機能を拡充している。

次にQ173SCCFの機能と特長を述べるが、MR-MC21nも同様の機能と特長を持つ。

3.1 高速・多軸制御

Q173SCCFでは位置決め機能の中でPTP(Point To Point)制御に特化することでマイコンの演算負荷を軽減し、SSCNET III/Hによるサーボネットワークの高速化との組み合わせることで、制御周期0.22ms時で最大8軸制御を実現した。制御周期の高速化によって、より高精度・高応答な制御が可能となる。それによって、運転起動指令からモータの起動までの時間が短縮され、タクトタイムの短縮にも貢献する。

3.2 割り込み機能

Q173SCCFは位置決め完了やアラーム発生、指定した位置通過時など25種類以上の様々な要因による割り込みを出力することができる。ユーザーは割り込みを使用したイベントドリブン型のプログラムを構築することができ、ポーリング処理でデータを監視する必要がないため、ユーザー

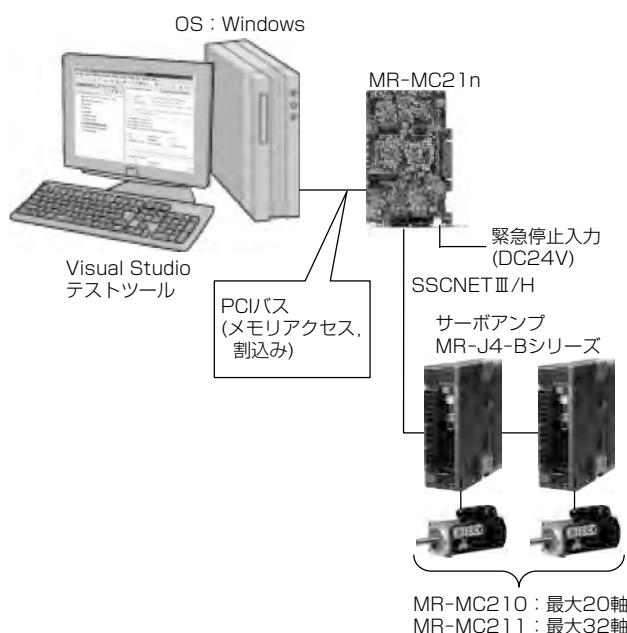


図3. MR-MC21nのシステム構成

プログラムの負荷を軽減すると同時に高応答なイベント処理を行うことが可能となる。

3.3 高応答ハンドシェイク

Q173SCCFとユーザープログラムは、ユニット内部の2ポートメモリ(共有メモリ)を介して情報伝達を行う。その際、Q173SCCFとユーザープログラムは非同期で動作しており、モニタデータなど定期的に更新するデータを除き、ハンドシェイクによる要求と応答の同期が必要となるため、応答遅れとなる。一般的なハンドシェイクのタイミングチャートを図4に示す。

応答時間に関して一般的なハンドシェイクを使用した場合の課題を次に示す。

- (1) 次回の要求時に要求信号のOFFと応答信号OFFの確認(前処理)が必要であり、次回要求実行時に応答が遅れる(図4)。
- (2) 要求信号を事前にOFFする処理を要求と次の要求の間に実行する手法もあるが、実行タイミングの判別が難しい場合や、要求の間隔が短いと間に合わない場合があるなど、ユーザープログラムの処理に依存し、応答がばらつく可能性がある。

例えば、要求信号が運転起動指令とすると、次回の運転

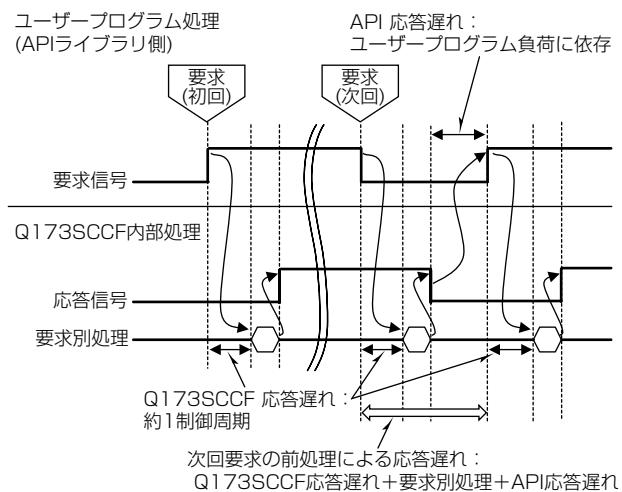


図4. 一般的なハンドシェイク

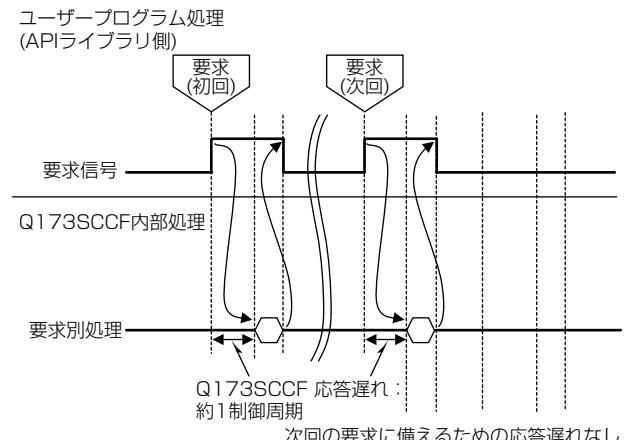


図5. 高応答ハンドシェイク

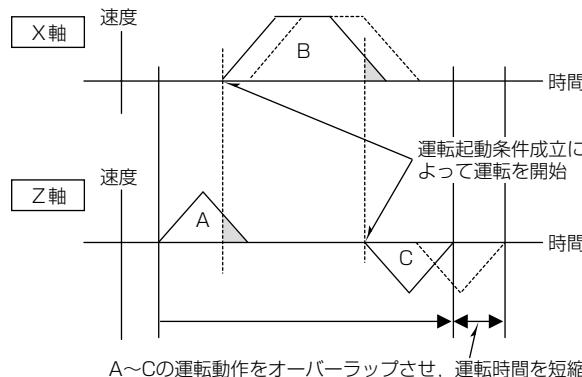
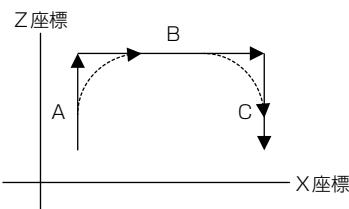


図 6. 運転動作のオーバーラップ

起動時には運転起動指令のOFFとその応答確認が必要となり、制御周期0.88ms使用時、約3ms弱(=Q173SCCF応答遅れ(約1制御周期)+要求別処理(1制御周期未満)+API応答遅れ(ユーザープログラム負荷によるが1ms程度以上))の応答遅れとなる。そのため、ハンドシェイクそのものの処理を見直すことによってハンドシェイクの高応答化に取り組んだ。

高応答ハンドシェイクのタイミングチャートを図5に示す。高応答ハンドシェイクでは応答信号の代わりにQ173SCCFが要求信号を直接OFFする方式を採用した。そのため、次の要求時の前処理が不要となり、その分の応答遅れがなくなる。

Q173SCCFでは高頻度の運転(運転起動→運転完了割り込み→運転起動→・・・の繰り返し動作)で、特に運転起動指令・割り込み要因確認完了指令に対する応答時間の要求が厳しく、それらの指令に対して高速ハンドシェイクを適用することによって、位置決め処理の高応答化を実現した。

3.4 他軸起動

運転時間短縮のため、運転動作をオーバーラップさせて動作させる方法がよく使われている(図6)。この際、ユーザープログラムでは、運転起動条件(フィードバック位置など)を監視し、運転起動が行われている。Q173SCCFは制御周期単位でデータの更新を行っているため、ユーザープログラムの運転起動要求に対する応答遅れによって、狙ったタイミングによる運転動作のオーバーラップが困難な状況となっている。また、短周期で運転起動条件を監視することはユーザープログラム側の負荷を増加させる。

この問題を解消するため、ユーザープログラムで行っていた運転起動条件の監視処理をQ173SCCFに取り込み、Q173SCCFの内部処理で運転起動させることができる“他

表2. 他軸起動条件

条件種別	選択項目
判定条件	残距離指定、 指定位置通過指定
判定座標	フィードバック、 指令位置

表3. 他軸起動の動作指定

動作種別	動作指定
起動軸指定	運転起動させる軸番号を指定 (最大16軸まで指定可能)
出力信号指定	出力制御を行う出力信号を指定 極性指定(ON/OFF)

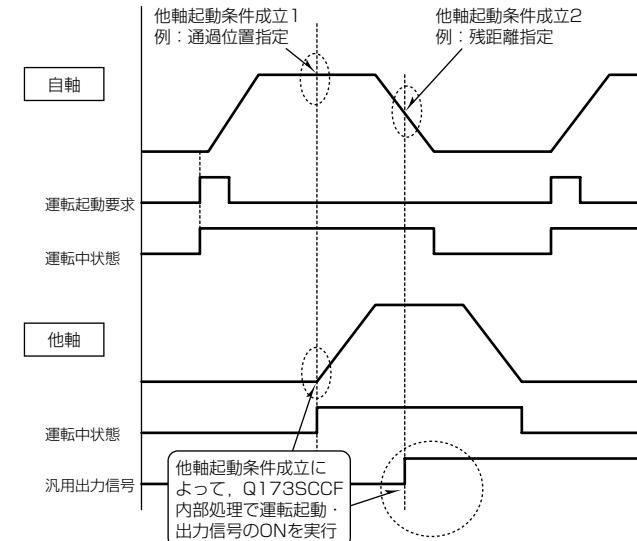


図7. 他軸起動の動作例

軸起動”の開発を行った。次に他軸起動の起動条件及び、条件成立時の動作内容について述べる。

Q173SCCFは他軸起動条件(表2)を監視し、条件成立によって、他軸起動の動作指定(表3)で指定された他軸の運転起動及び、出力信号制御(ON/OFF)を実施する。他軸起動機能を使用した場合の動作例(図7)を示す。

他軸起動条件の監視をQ173SCCFの内部処理で行うこと、Q173SCCFとユーザープログラムのハンドシェイクが必要となり、運転起動時の応答遅れなしを実現した。

4. むすび

C言語コントローラやパソコンの環境に最適なサーボシステムコントローラの新シリーズであり、高速・多軸制御を可能とするC言語コントローラインタフェースユニットQ173SCCF及びポジションボードMR-MC211/210を開発した。今後も市場ニーズに最適にマッチするサーボシステムコントローラ製品群をタイムリーに投入し、適用分野の更なる拡大を目指していく所存である。

参考文献

- (1) 西原 昇, ほか: 次世代サーボネットワーク対応モーションコントローラ, 三菱電機技報, 86, No.4, 215~218 (2012)
- (2) 宮丸卓也: ハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”, 三菱電機技報, 87, No.3, 189~192 (2013)

次世代高機能汎用インバータ “FREQROL-A800シリーズ”

田中哲夫* 仁木雄大***
日比野慎也*
古谷真一**

Next Generation High Performance Inverter "FREQROL-A800 Series"

Tetsuo Tanaka, Shinya Hibino, Shinichi Furutani, Yuta Niki

要旨

汎用インバータは、搬送機械、繊維機械、ファンポンプ等、適用用途がますます拡大している。このような中、機能・性能の向上は当然のことながら、安心・安全、使いやすさ、システム対応力、環境適合等の新たなニーズに応える必要があり、好評を博している高機能汎用インバータ“FREQROL-A700シリーズ”に対して、次世代高機能汎用インバータ“FREQROL-A800シリーズ”を開発・製品化した。

FREQROL-A800シリーズの主な特長を次に示す。

(1) ダントツの駆動性能

- ・速度応答の向上、高速運転対応
- ・PM(Permanent Magnet)センサレスベクトル制御による高精度運転
- ・PMオートチューニング機能

(2) 安心・安全

- ・安全規格適合

- ・DC24V制御電源対応

(3) 使いやすさ(easy to use)

- ・USB(Universal Serial Bus)メモリによるパラメータコピー
- ・インバータセットアップソフトウェア“FR Configurator2”による簡単セットアップ
- ・見やすい操作パネル(“FR-DU08”“FR-LU08”)

(4) システム対応力

- ・シーケンス機能内蔵
- ・高保護構造品(IP55)による盤外設置対応
- ・インバータとコンバータの分離構造品

(5) 環境適合

- ・ノイズ対策
- ・基板コーティング対応


FREQROL-A800
(標準構造品IP20/IP00)


FREQROL-A800
(高保護構造品IP55)

次世代高機能汎用インバータ“FREQROL-A800シリーズ”

FREQROL-A800シリーズは、ダントツの駆動性能は当然として、安心・安全、使いやすさ(easy to use)、システム対応力、環境適合等の新たなニーズに対応した次世代高機能汎用インバータである。200V系は0.4~90kW、400V系は0.4~500kW(315~500kWはインバータ、コンバータ分離構造品)、高保護構造品(IP55)として400V系0.4~160kWまでの幅広い容量レンジをラインアップしている。

1. まえがき

汎用インバータは、搬送機械、繊維機械、ファンポンプ等、適用用途がますます拡大している。このような中、機能・性能の向上は当然のことながら、安心・安全、使いやすさ、システム対応力、環境適合等の新たなニーズに応える必要があり、次世代高機能汎用インバータFREQROL-A800シリーズを開発した。

本稿では、FREQROL-A800シリーズで採用した、最新技術、機能について述べる。

2. 製品概要

2.1 機種構成

FREQROL-A800シリーズの機種構成を表1に示す。

従来機種であるFREQROL-A700シリーズ⁽¹⁾⁽²⁾からの置き換えに適した標準構造品(IP20/IP00)に加えて、インバータ、コンバータ分離構造品(IP00)，高保護構造品(IP55)を新たにラインアップした。

2.2 多重定格対応

FREQROL-A800シリーズでは、負荷定格に合わせて4つの定格をパラメータで選択できる多重定格を採用した(表2)。用途に合わせて最適なインバータが選択できるため、特に、SLD定格、LD定格ではインバータ容量よりも大きい容量のモータを駆動できるため、設備の小型化を図ることができる。

また、多重定格に対応に当たり、インバータの製品形名を従来のkW表記に加えて、定格電流(SLD定格)表記を選択できるようにしたことで、グローバル統一形名となり、国内、海外に同じ形名の製品を提供できるようになる(表3)。

表1. FREQROL-A800シリーズの機種構成

機種構成 (IP等級)		ラインアップ	
標準構造品 (IP20/IP00)		3相200V	0.4~90kW
		3相400V	0.4~280kW
インバータ、コンバータ分離構造品 (IP00)		3相400V	315~500kW
高保護構造品 (IP55)		3相400V	0.4~160kW

表2. FREQROL-A800シリーズの多重定格対応

定格	SLD	LD	ND	HD
	超軽負荷	軽負荷	標準負荷	重負荷
用途				
Pr.570(E301)設定値	ファン・ポンプ			
	シールドマシン、巻取り・巻出し、印刷機械			
	クレーン、プレス			
	搬送			
過負荷電流定格 (反限時特性)	110% 60s, 120% 3s	120% 60s, 150% 3s	150% 60s, 200% 3s	200% 60s, 250% 3s
周囲温度	40°C	50°C	50°C	50°C

3. ダントツの駆動性能

3.1 速度応答の向上、高速運転対応

FREQROL-A800シリーズでは、高速演算が可能なマイクロプロセッサや、独自開発した駆動専用ICを搭載することで、従来機種であるFREQROL-A700シリーズに対して、速度応答、端子応答の高応答化と運転周波数の高速化を実現した(表4、図1)。例えば、紙、糸、電線等の長尺材の加工に必要なライン制御では、ライン速度の変化に対する素早い追従が要求されるため、高応答化が有効である。また、切削、研磨を行う工作機械では、鏡面のような精緻な加工が要求されるため、高速運転が有効である。

3.2 PMセンサレスベクトル制御による高精度運転

センサ(エンコーダ)を使用せずに、磁極位置、速度を検出してPMモータを制御するPMセンサレスベクトル制御をFREQROL-A800シリーズで新たに搭載した。インバータ内部で速度検出を行うため、センサがなくてもACサーボに迫る速度制御を実現し、高精度でPMモータを駆動することが可能となった。例えば、プリント基板の搬送装置の位置制御では、正確な搬送を要求されるため、有効である。

3.3 PMモータオートチューニング機能

他社製PMモータのセンサレスベクトル制御を可能とするために、FREQROL-A800シリーズでは、PMモータの磁気飽和特性を利用したパルス電圧印加方式によるPMオートチューニング機能を搭載した。図2に示すように、オ

表3. FREQROL-A800シリーズ形名(例: 0.4kWの場合)

容量表記	形名	備考
kW表記	FR-A820-0.4K-1	国内標準は従来互換のため、kW表記とする。
定格電流表記 (SLD定格)	FR-A820-00023-1	定格電流表記も選択可能。 (グローバル統一形名)

表4. FREQROL-A800シリーズの性能仕様

項目	FREQROL-A700	FREQROL-A800
速度応答	リアルセンサレスベクトル制御 ベクトル制御	20Hz 50Hz 50Hz 130Hz
端子応答、通信応答	5~20ms	2~3 ms
運転周波数 (上限)	V/F制御 リアルセンサレスベクトル制御、 ベクトル制御	400Hz 590Hz 120Hz 400Hz

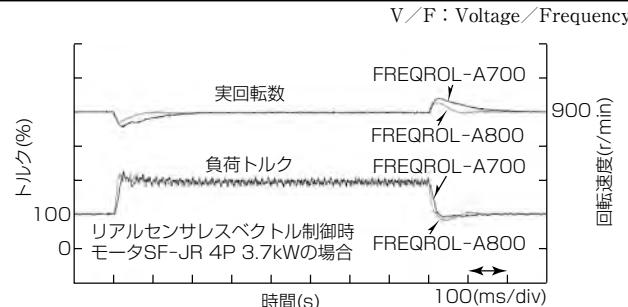


図1. インパクト負荷時の実回転速度変化

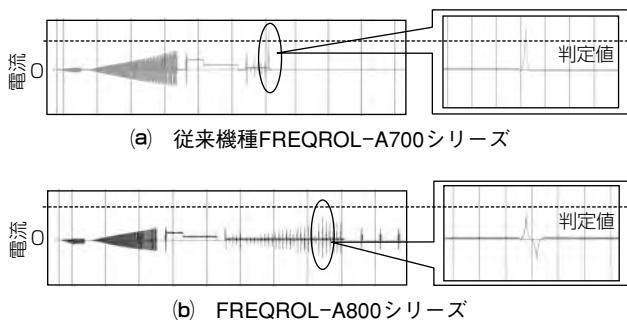


図2. PMオートチューニング中の電流波形

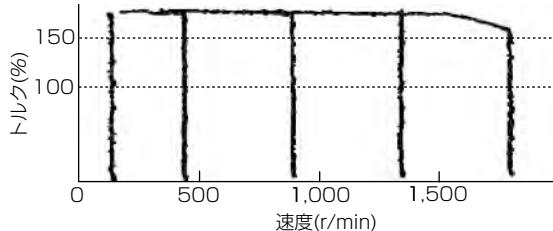


図3. 他社モータ駆動時の速度ートルク特性

ートチューニング中のパルス電圧を最適化することで、過電流を防ぐことができ、他社製PMモータでもインダクタンス推定が可能になった。図3は、他社製モータでの速度ートルク特性の測定結果であり、他社モータを駆動した際も速度変動なく定格150%トルクを得ることができた。他社製PMモータが駆動可能となることで、三菱製、他社製の誘導モータ、PMモータがいずれも駆動可能となり、在庫、予備品が削減できる。

4. 安心・安全

4.1 安全規格適合

FREQROL-A800シリーズでは、安全規格(EN ISO13849-1など)に適合する安全回路を搭載している(表5)。従来機種であるFREQROL-A700シリーズでは、外部回路としてMC(electro Magnet Contactor)を2個使用して安全遮断回路を構成する必要があったが、それらが不要となり、低成本、省スペースで安全規格に適合できるようになる。近年は更に高いレベルの安全規格や安全機能、安全ネットワーク対応を要求されることが増えてきており、それらに対応する内蔵オプションを準備する(対応予定)。

4.2 DC24V制御電源対応

インバータの制御電源は、従来機種であるFREQROL-A700シリーズでは単相交流入力であったが、FREQROL-A800シリーズでは、単相交流入力に加えて、DC24V入力を新たに追加した。外部からDC24V電源を入力した場合には、CPUや通信オプション等の制御電源が動作するため、主回路電源をオフした状態でも、パラメータ設定や通信が継続できるようになり、安全にメンテナンスが行うことができる。

表5. FREQROL-A800シリーズの安全規格対応

項目		FREQROL-A800	
標準対応	安全規格	EN ISO 13849-1 EN 61508, EN 61800-5-2	PLd, Cat.3 SIL2
	安全機能	IEC/EN 61800-5-2	STO
オプション 対応 (対応予定)	安全規格	EN ISO 13849-1 EN 61508, EN 61800-5-2	PLe, Cat.4 SIL3
	安全機能	IEC/EN 61800-5-2	STO, SS1, SS2, SLS, SOS
	安全ネットワーク	CC-LINK IE Safety, PROFIsafe	

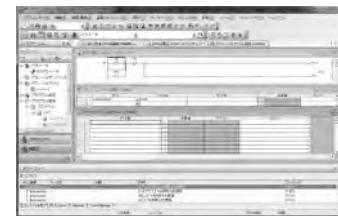


図4. FR Configurator2のDeveloper機能画面

5. 使いやすさ(easy to use)

5.1 USBメモリによるパラメータコピー

FREQROL-A800シリーズでは、従来機種であるFREQROL-A700シリーズで搭載していたUSBデバイスコネクタ(ミニBコネクタ)に加えて、USBホストコネクタ(Aコネクタ)を追加した。USBホストコネクタにはUSBメモリなどの外部デバイスが接続可能であり、パラメータ設定値やシーケンスプログラム等を外部デバイス保存し、FREQROL-A800本体にコピーすることで、セットアップ作業やメンテナンス作業がより簡単になる。

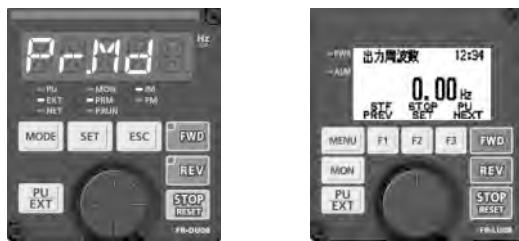
5.2 FR Configurator2による簡単セットアップ

FREQROL-A800シリーズでは、従来のFR Configuratorを使いやすく進化させたFR Configurator2を使用することによって、パソコン画面上から更に簡単にセットアップ作業ができるようになった。

FR Configurator2は、従来機種であるFREQROL-A700/A500シリーズからのリニューアル時に便利なパラメータ自動変更機能、運転状態を表示するグラフ機能、インバータ部品の寿命診断機能(対応予定)等の基本機能に加えて、後述するシーケンス機能に対応するためにDeveloper機能を新たに追加し、シーケンスプログラムの作成とインバータへの書き込みが可能になった(図4)。

5.3 見やすい操作パネル

従来機種であるFREQROL-A700の操作パネルFR-DU07の4桁7セグメント表示に対して、FREQROL-A800シリーズでは5桁12セグメント表示を採用したFR-DU08と、漢字表示、メニュー表示、グラフ表示が可能なLCD(Liquid Crystal Display)パネルを採用したFR-LU08の2種類の操作パネルを準備することで、用途に応じて使い分けることができるようになった(図5)。FR-DU08を



(a) FR-DU08(5桁12セグメントタイプ) (b) FR-LU08(LCDタイプ)

図5. 新型操作パネル

表6. FREQROL-A800シリーズのシーケンス機能仕様

項目		FREQROL-A800
プログラム言語	シーケンス制御言語	リレーシンボリック語 ファンクションブロック
	作成ツール	FR Configurator2
メモリカードインターフェース		USBメモリ
命令数	シーケンス命令	25
	基本命令	84
	応用命令	37
処理速度(インバータ処理に影響)	40ms/1Kステップ	
入出力アナログ点数	19点(入力12点、出力7点)	
プログラム容量	6 Kステップ	

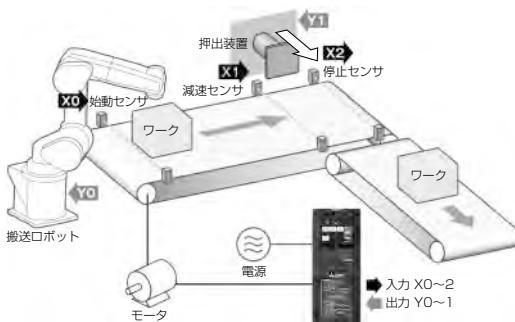


図6. シーケンス機能の適用例(搬送コンベヤ制御)

標準装備し、FR-LU08はオプションである。

6. システム対応力

6.1 シーケンス機能内蔵

FREQROL-A800シリーズでは、入力信号に対するインバータの動作や、インバータの運転状態に応じた信号出力、モニタ出力等、機械の仕様に合わせて自由にカスタマイズできるシーケンス機能を標準内蔵した。小規模なシーケンスプログラムであれば、インバータ単独で制御可能となるため、システムコストが低減できる(表6、図6)。

6.2 高保護構造品(IP55)による盤外設置対応

FREQROL-A800シリーズでは、標準構造品(IP20/IP00)に加えて、新たに高保護構造品(IP55)をラインアップすることで、盤外設置対応を実現した(図7)。盤外設置によって制御盤の小型化が可能となり、システムコストが低減できる。また、IP55の保護構造によって、多湿、粉塵(ふんじん)といった悪環境下でも使用できるため、設置可能な場所が広がる。

6.3 インバータとコンバータの分離構造

FREQROL-A800シリーズでは、315kW以上の容量では、



図7. 高保護構造品(IP55)

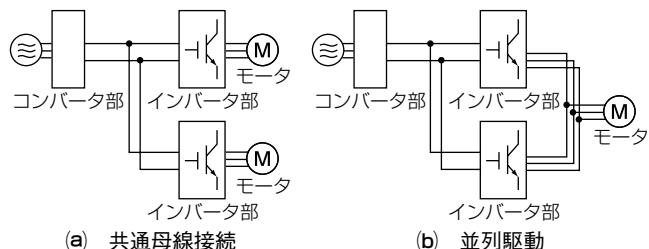


図8. インバータ、コンバータ分離構造品の適用例

インバータとコンバータを分離した構造とすることで、共通母線接続、並列駆動等、様々なシステムに柔軟に対応することができ、取付けスペースの省スペース化や低コスト化を実現する(対応予定)(図8)。

7. 環境適合

7.1 ノイズ対策

FREQROL-A800シリーズでは、EMC(Electro Magnetic Compatibility)フィルタを標準内蔵することで、インバータ単体で工業環境対応のEMC規格(EN61800-3 2nd Environment Category C3)に適合できる。また、高保護構造品(IP55)では、工業環境対応フィルタに加えて、住環境対応フィルタを準備しており、これを使用することで、住環境対応のEMC規格(EN61800-3 1st Environment Category C2)に適合できる。

7.2 基板コーティング対応

耐環境性向上を目的に、FREQROL-A800シリーズでは、基板コーティング仕様を、特殊品として準備した。基板コーティング対応によって、IEC60721-3-3 3C2に準拠できる。

8. むすび

次世代高機能汎用インバータFREQROL-A800シリーズの最新技術、機能について述べた。今後も更なる機能性能の向上と、高付加価値を目指した製品開発に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 白石康裕, ほか: 次世代省エネインバータ“FREQROL-F700シリーズ”, 三菱電機技報, 79, No.3, 189~192 (2005)
- (2) 池田克司, ほか: 次世代高機能汎用インバータ“FREQROL-A700シリーズ”, 三菱電機技報, 79, No.11, 735~738 (2005)

高性能省エネルギーモータ “スーパーラインプレミアムシリーズSF-PR形”

長谷川裕之*
磯谷拓郎*
尾本雄亮*

High Performance and Energy Saving Induction Motor "Superline Premium Series SF-PR"

Hiroyuki Hasegawa, Takuro Isogai, Yusuke Omoto

要旨

世界的に省エネルギー化への意識が高まる中、2008年10月に制定されたIEC(International Electrotechnical Commission) 60034-30によって三相モータの効率クラスが規格化され、各国で高効率モータ普及拡大のための法規制化が加速している。先行する米国では2010年12月から効率クラスIE3での法規制が開始され、日本国内でも「エネルギーの使用の合理化に関する法律施行令第21条第27号(以下“省エネ法”という。)」として、2015年度からトップランナ基準値(IE3相当)での法規制施行が2013年11月1日に経済産業省から告示された。このような要求に応えるため、三菱電機は高性能省エネルギーモータ“スーパーラインプレミアムシリーズ(以下“プレミアム効率モータ”という。)SF-PR形”を開発し、2013年4月に発売した。

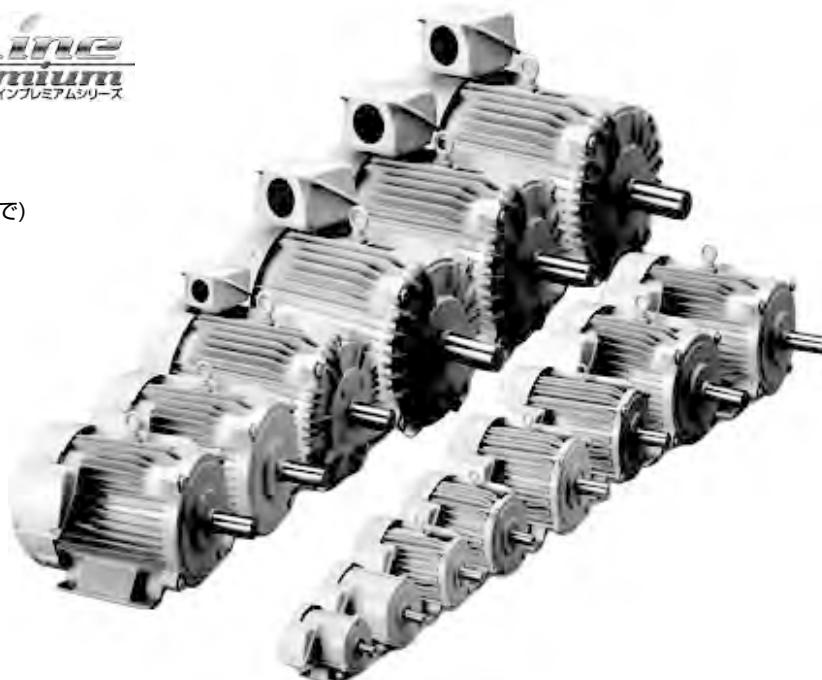
一般的に、三相モータの損失を低減するには、磁路の確保や巻線抵抗の低減(巻線導体断面積増加)のためモータ本格は大きくなり、始動電流も大きくなる傾向にある。

プレミアム効率モータSF-PR形は、三相モータユーザーの市場ニーズに応えるため、取付寸法や保護装置の互換性を維持しつつ、モータの各損失を徹底的に低減することでIE3基準値を超える効率を実現し、1台のモータで国内省エネ法と米国EISA(Energy Independence and Security Act)法の法規制に対応している。ブレーキ付モータ“SF-PRB形”もラインアップに追加し、幅広い用途に対応した。

また、プレミアム効率モータSF-PR形を当社工場に導入し、ほぼ設計値どおりに消費電力量が12%削減することを確認した。



形名：SF-PR
出力：0.75～55kW
(6極は45kWまで)
極数：2, 4, 6極



高性能省エネルギーモータ “スーパーラインプレミアムシリーズSF-PR形”

当社独自の鋼板フレーム⁽¹⁾技術を採用し、徹底した低損失設計によって国内省エネ法及び米国EISA法の法規制に1台のモータで実現したプレミアム効率モータである。標準効率シリーズ“SF-JR形”と互換性のある取付寸法(枠番号の互換)を実現し、置き換えを考慮した特性(始動電流増大及びすべり減少を抑制)によって装置・設備はそのままで置き換えをスムーズに行える製品仕様である。

1. まえがき

世界の総発電量は約21.4兆kWh⁽²⁾で、産業用モータによる電力使用量は総発電量の46%⁽³⁾を占めていると言われている。近年の地球温暖化や将来予想されている化石燃料の枯渇に対して、モータ高効率化の更なる推進が喫緊の課題となっている。

このような状況下で、三相モータの効率基準値を国際的に統合し、標準化することを目的としてIEC 60034-30によって効率クラスが規格化された。あわせて、効率試験方法も国際的に統一化され、各国で法規制化が進んでいる。

日本国内でも省エネ法が施行され、2015年度からトップランナ基準値(IE3相当)で法規制されることを受け、プレミアム効率モータSF-PR形を開発・発売した。

プレミアム効率モータSF-PR形は、モータの各損失を徹底的に低減し、1台のモータで国内省エネ法と米国EISA法の法規制に対応し、取付寸法や保護装置の互換性を維持した製品である。ブレーキ付モータSF-PRB形もラインアップに追加し、幅広い用途に対応している。また、プレミアム効率モータSF-PR形を当社工場に導入し、ほぼ設計値どおりに消費電力量が12%削減することを確認した。

2. 高効率化の技術

2.1 損失分析

三相モータは、電気エネルギー(入力)を機械エネルギー(出力)に変換する機械であり、エネルギー変換の際、その一部が損失として三相モータ内部で消費される(図1)。

入力と出力の比を三相モータの効率 η で表し、損失が小さいほど効率 η が高く、モータの高効率化が実現可能である。

三相モータの発生損失は銅損(一次銅損及び二次銅損)、鉄損及びその他(機械損及び漂遊負荷損)に分けることができる。次に、損失低減について代表的な項目を述べる。

2.2 一次銅損低減

銅損とは、電気エネルギーが導体の電気抵抗によって熱エネルギーに変わることによる損失である。

特に一次銅損は巻線抵抗に大きく依存するため、スロット面積の拡大が有効であるが、一方で磁路を減少させることになる。

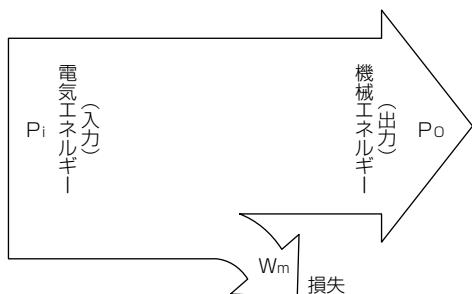


図1. 入出力と損失の関係

プレミアム効率モータSF-PR形では生産技術の革新によって、限られたスロット面積で巻線占積率の向上をさせることで、巻線導体断面積増加を達成し、一次銅損の低減を実現した。

2.3 二次銅損低減

二次銅損は、回転子導体の電気抵抗による損失であり、回転子溝形状に大きく依存する。回転子溝形状を大きくすることで二次銅損の低減を達成できるが、始動電流の増大とすべりの減少が懸念点となる。

プレミアム効率モータSF-PR形では回転子溝形状の最適化を実施し、始動電流の増大やすべりの減少を抑制しつつ、二次銅損の低減を実現した。

2.4 鉄損低減

鉄損とは、鉄心の磁場が変化することによって発生する損失で、ヒステリシス損と渦電流損がある。ヒステリシス損は、磁性体のヒステリシス減少によるもので、周波数及び磁束密度に依存する。渦電流損は、三相モータの鉄心で起こる電磁誘導の際に発生する渦電流によってエネルギーを消失する現象である。

鉄損は、低損失鉄心材料や最適なスロット形状の採用によって低減可能であるが、低損失鉄心材料は飽和磁束密度が低下する。

プレミアム効率モータSF-PR形では鉄心材料とスロット形状を最適化し、モータ全体としてバランスを取ることで鉄損の低減を達成した。

2.5 機械損低減

銅損と鉄損の低減によってモータの温度上昇が低減するため、外扇ファンの小型化が可能となる。ただし、外扇ファンを小型化することはモータの温度上昇を増大させ、巻線抵抗を増加させることになる。

プレミアム効率モータではモータ全体のトータル損失が最小となる小型の外扇ファンを採用することで機械損の低減も実現した。

3. 製品の特長

先に述べた技術でIE3効率基準値より高いプレミアム効率モータSF-PR形を実現した。次にこの製品の特長について述べる。

3.1 幅広いラインアップ

プレミアム効率モータSF-PR形は、脚付・フランジ・屋外などをラインアップしており、新たにブレーキ付モータSF-PRB形も拡充した(図2)。ブレーキ付モータでは、非常停止などの制動目的や搬送装置などの保持目的で使用されており、より広い用途での省エネルギー化に貢献する。

3.2 4定格でのIE3効率実現

プレミアム効率モータSF-PR形では、損失を平均39%改善し、IE3効率基準値より高い効率を実現している(図

3、図4)。

これによって、国内省エネ法に対応した標準3定格と米国EISA法に適合した1定格の合計で4定格対応を実現している。

ここでの定格数は、モータ電源電圧と周波数の組合せ数を指し、プレミアム効率モータSF-PR形の定格名板を図5に示す。

3.3 取付寸法の互換性

当社は従来、三相モータの外装構造部材(フレーム)とし

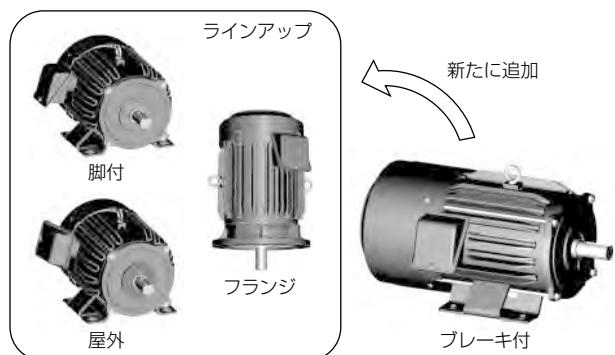


図2. 幅広いラインアップ

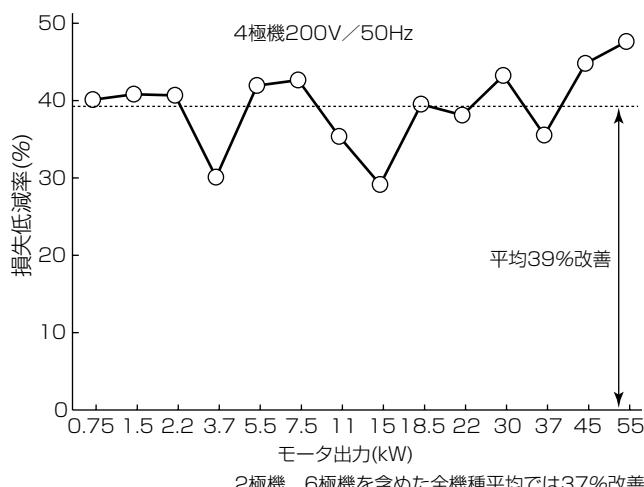


図3. 損失低減率(SF-JR形→SF-PR形)

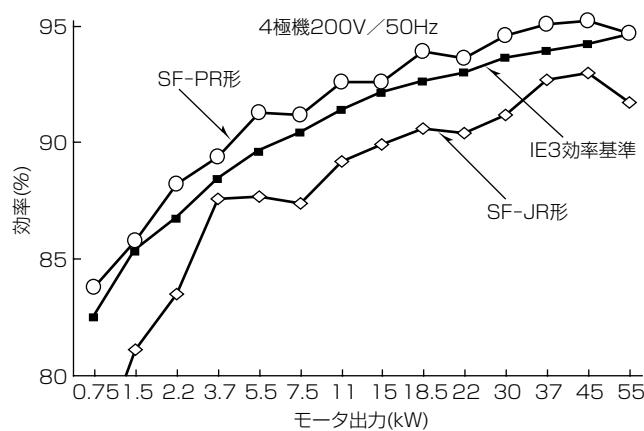


図4. 効率比較(SF-PR形, SF-JR形とIE3基準)

て、枠番号225Sまでの全機種に鋼板フレームを採用している(図6)。

一般に三相モータのトルクは、円筒形回転子の外径の2乗に比例し、回転子積層鉄心長に比例する。鋼板はアルミニウムと比較して強度面で優れており、鋳物と比較して製造面でも優れているため、フレーム厚を薄くできる。その結果、回転子の外径を大きくすることができ、必要な積層鉄心長を短縮し、三相モータの小型化が可能となる。また、鋼板フレームに鉄鋼素材を採用することで磁性体となり、鋼板フレーム自体に磁気を通すことができ、高効率化に寄与できる。当社は、鋼板フレームの製造ラインとして、10台の多間接ロボットを配置する溶接セルを採用し、工程が複雑な鋼板フレームの生産性向上を実現している(図7)。

これらの取組みの結果、プレミアム効率モータSF-PR

3.7 kW	4 POLE	TYPE SF-PR
FRAME 112M	RATING SI	AMB TEMP RISE
Hz	50	60
V	200	200
A	15.4	14.4
mNm	1450	1745
RATED EFF.	89.2%	89.8%
EFF. CLASS	IE3	IE3
IEC-213-2000		
NOM. EFF.	89.5% (50Hz 230V)	TH. CLASS 120(E)
SERIAL	C012A	BEARING 6207ZZ
DATE	2013-6	MASS 39kg
MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION MADE IN JAPAN		

国内向け標準3定格 米国向け1定格

図5. SF-PR形の定格名板

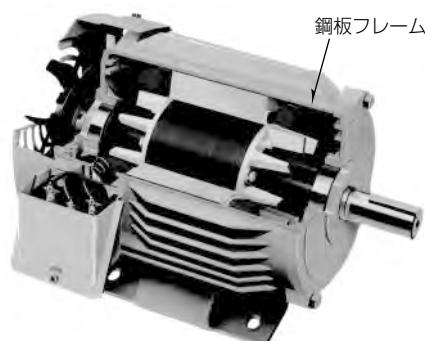


図6. 三相モータの構造



図7. 鋼板フレームの製造ライン

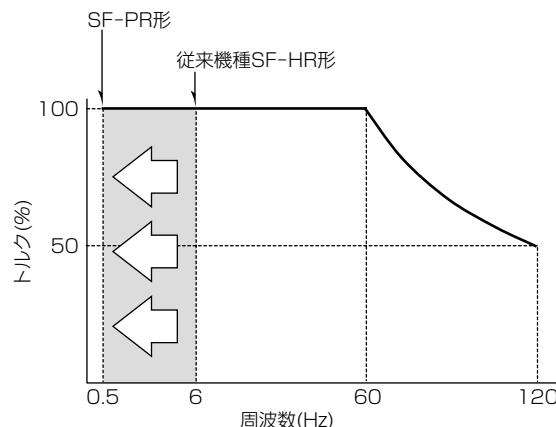


図8. 定トルク連続運転範囲の拡大

形でも、業界最小級の全長を実現している。

3.4 保護装置の互換性

一般的に三相モータの高効率化によって始動電流が増加する傾向にあり、標準効率モータからプレミアム効率モータへの更新時に保護装置の変更が必要となる場合がある。

プレミアム効率モータSF-PR形では、始動電流抑制の回転子溝形状を採用しているため、保護協調部品の当社製ブレーカとの組合せで、標準効率の三相モータと同一容量を選定することができ、保護装置を変更することなく既設の標準効率モータSF-JR形からプレミアム効率モータSF-PR形への更新を可能としている。

3.5 インバータ駆動定トルク連続運転範囲の拡大

三相モータをインバータで低速運転するとき、冷却能力が低下するため、従来高効率モータ“SF-HR形”の定トルク連続運転範囲は1:10(6~60Hz)であった。プレミアム効率モータSF-PR形では定格速度における温度上昇が低減されているため、当社製インバータのアドバンスト磁束ベクトル制御との組合せによって1:120(0.5~60Hz)での定トルク連続運転範囲を拡大、広範囲の变速運転を可能としている(図8)。

4. 導入事例

当社名古屋製作所新城工場での導入事例として、三相モータの巻線製造ラインに使用している油圧ユニット巻線装置を図9に示す。この装置には、当社標準効率モータSF-JR形が2台搭載されていたが、そのうち1台をプレミアム効率モータSF-PR形へ置き換えて効果を検証した。

装置Aに搭載してある三相モータが当社標準シリーズSF-JR形であり、装置Bに搭載したのがプレミアム効率シリーズSF-PR形である。装置Aと装置Bの負荷仕様は同一である。

1日の消費電力量は、標準効率モータSF-JR形からプレミアム効率SF-PR形への置き換えで設計値の10%削減(13.73kWh→12.37kWh)に対し、実測でもほぼ同等の12%削



図9. 油圧ユニット巻線装置

表1. 油圧ユニット巻線装置の仕様比較

		装置A	装置B
シリーズ	標準効率	プレミアム効率	
形名	SF-JR	SF-PR	
出力・極数・電圧	5.5kW 4P 200V		
周波数	60Hz(商用駆動)		
重負荷運転 (0.5Hr/日)	消費電力量(設計) 1.96kWh	1.84kWh	
	消費電力量(実測) 2.00kWh	1.87kWh	
軽負荷運転 (8.75Hr/日)	消費電力量(設計) 11.78kWh	10.53kWh	
	消費電力量(実測) 12.14kWh	10.56kWh	
1日の消費電力量(設計)	13.73kWh	12.37kWh	
1日の消費電力量(実測)	14.14kWh	12.43kWh	

- ・稼働日数：250日/年
- ・CO₂排出量：0.555kg/kWh
- ・杉の木のCO₂吸収量：14kg/年



<この装置を10台置き換えた場合>

年間の消費電力量削減 → CO₂排出量の削減 → 杉の木に換算
4,300kWh/年 → 2.4t/年 → 172本/年

減(14.14kWh→12.43kWh)していることを確認した。

この装置を10台置き換えた場合のCO₂排出量は2.4t/年削減となり、省エネルギー化へ大きく貢献する(表1)。

5. むすび

国際的な環境意識の高まりから、モータの高効率化・省エネルギー化が求められる時代となっている。特に三相モータについては、先行する米国の法規制化に日本・欧州・韓国・中国も追随しており、今後、その他の国でも法規制化が進むことが予測される。グローバル化に対応したモータの高効率化・省エネルギー化が持続的に求められる社会に対して、引き続き貢献していく所存である。

参考文献

- 倉田裕次：高効率モータ，三菱電機技報，75，No.4，273～276 (2001)
- International Energy Agency : Key World Energy STATICS 2012
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/kwes.pdf>
- MOTOR SUMMIT 2012
<http://www.eceee.org/events/calendar/2012/motor-summit-2012/detailed-program-motor-summit-2012/>

三菱センサレスサーボ “FR-E720EX・MM-GKRシリーズ”

西島大輔* 寺島 覚*
諸星俊夫* 十時詠吾**
宮崎高志*

Mitsubishi Sensorless Servo "FR-E720EX・MM-GKR Series"

Daisuke Nishijima, Toshio Morohoshi, Takashi Miyazaki, Satoru Terashima, Eigo Totoki

要 旨

これまで、インバータとACサーボは可変速駆動機器という共通性を持つつつ、産業界で各々固有の適用範囲を拡大している。しかし、近年の産業界のグローバル化に伴い、装置を構成する駆動システムでも一層の価値向上が求められており、従来は安価なACサーボのラインアップなどでコスト低減を実施していた。今回、更なる価値向上を図るため、全く異なるアプローチとして既存のインバータ・ACサーボという機種の枠を超えた“三菱センサレスサーボ”的開発を行った。この開発によって、センサレス(検出器非搭載)で簡易位置決めを可能にしたドライブユニット“FR-E720EX”とサーボモータ“MM-GKR”を新規ラインアップしている。

この機種の主な特長は次のとおりである。

(1) センサレスで高精度

PM(Permanent Magnet)モータをPMセンサレスベクトル制御によって、センサを使用せずに磁極位置、速度を検出する高精度な運転を実現しており、①位置決め運転(位置決め精度 $\pm 1.8^\circ$)、②負荷変動時も安定した運転(速度変動率 $\pm 0.05\%$ 、速度制御範囲 1 : 1,000、速度応答100Hz)、③停止時も保持トルクによって外力による移動の防止が可能となる。

(2) センサレスでコンパクト

ACサーボモータの小形機をベース機種としており、さらに、センサレス化によって検出器が不要となるため、コンパクトな外形サイズを可能としている。



三菱センサレスサーボ
FR-E720EXシリーズ
MM-GKRシリーズ



サーボモータの小形化

センサレスサーボ標準仕様

ドライブユニット	FR-E720EX-□K	0.1	0.2	0.4	0.75
出力	定格電流(A)	0.8	1.5	3	5
	過負荷電流定格	150% 60s, 200% 3s (モータ定格電流基準、反限時特性)			
電源	定格入力	3相200~240V			
	交流電圧・周波数	50/60Hz			
	交流電圧許容変動	170~264V			
	周波数許容変動	±5%			
保護構造	閉鎖型(IP20)				
冷却方式	自冷				
概略質量(kg)	0.5	0.5	0.7	1.0	
サーボモータ	MM-GKR□□	13	23	43	73
	定格出力(kW)	0.1	0.2	0.4	0.75
	定格トルク(N・m)	0.32	0.64	1.3	2.4
最大トルク(N・m)	0.64	1.3	2.5	4.8	
定格/最高回転速度(r/min)	3,000				
定格電流(A)	0.65	1.08	1.94	3.34	
保護構造	全閉自冷(IP65)				
質量(kg)	0.40	0.77	1.3	2.7	

三菱センサレスサーボ“FR-E720EX・MM-GKRシリーズ”

FR-E720EXシリーズ、MM-GKRシリーズは0.1~0.75kWをラインアップしており、専用のドライブユニットとサーボモータを組み合わせて使用される。また、サーボモータの小型化によって、“MM-GKR13”は名刺サイズを実現している。

1. まえがき

従来、インバータとACサーボは可変速駆動機器という共通性を持つつ、主としてインバータは速度制御用途・及び省エネルギー化、ACサーボは装置の高精度位置制御用途という需要に支えられ、産業界で各々固有の適用範囲を拡大している。ところが、近年の産業界のグローバル化に伴い、国内外の装置メーカーは従来以上に熾烈(しけつ)な競合環境に置かれており、これに勝ち抜くためには装置自体はもとより、装置を構成する駆動システムでも一層のコスト低減や付加価値の向上が求められている。

こうした状況下、三菱電機は既存のインバータ・ACサーボという機種の枠を超えたセンサレス(検出器非搭載)で簡易位置決めを可能にした“三菱センサレスサーボ”を新規開発し、顧客・市場へ新しい駆動システムの選択肢を提案する(図1)。

本稿では、三菱センサレスサーボ“FR-E720EX・MM-GKRシリーズ”的特長、及び仕様実現のために新規開発した内容について述べる。

2. センサレスサーボによる特長と価値向上

2.1 駆動システムのコスト低減

ドライブユニット“FR-E720EX”，サーボモータ“MM-GKR”はともに発売済みの標準機種をベースに新規開発を実施しており、部品共通化によるコスト低減を実現している。ドライブユニットはサーボアンプより安価なインバータをベースに使用しており、さらに、サーボモータではセンサレス化と検出器ケーブル不要による省配線化によって、駆動システムのコスト低減を図ることができるメリットもある(図2)。

2.2 センサレス簡易位置決めによる付加価値向上

高周波重畠によるPMセンサレスベクトル制御、及びPMセンサレスベクトル制御用サーボモータを新規開発することで、従来のインバータでは実現できなかった簡易位

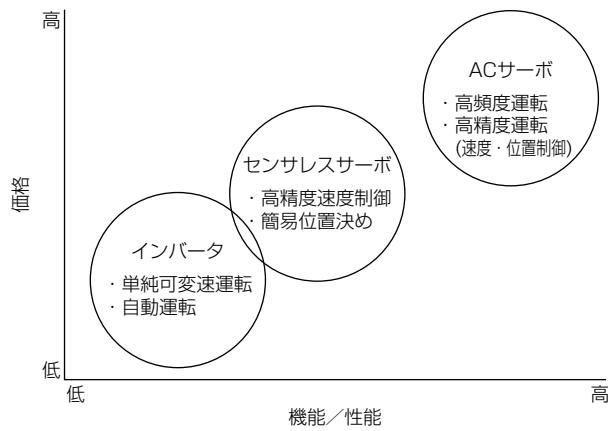


図1. 従来機種とセンサレスサーボ

置決め(位置決め精度±1.8°)を実現した。

これによって、速度制御用途のインバータ・高精度位置決め用途のACサーボに加えて、簡易位置決め用途のセンサレスサーボの選択肢が増えるため、従来以上に用途に合わせた機種選択が可能となる。

2.3 センサレスサーボモータの付加価値向上

PMセンサレスベクトル制御用サーボモータの特長を次に示す。

2.3.1 モータの小型化

センサレス化によって検出器が不要となるため、モータ全長の短縮が可能であり、装置の小型化に寄与できる。

2.3.2 高効率・軽量な新開発減速機

ロックドトレイン構造、アルミ製減速機ケースを採用した高効率(減速機効率80%以上)で軽量な小形減速機を新規開発しており、装置の小型化・省エネルギーに寄与できる(図3)。

2.3.3 ACサーボモータ取付け互換

ACサーボモータ標準機種との取付け互換を実現しており、装置の設計変更なしで置き換えが可能となる。なお、電源ケーブルもACサーボモータ標準機種と同一である。

3. センサレスサーボの開発

従来の制御方式、及びサーボモータではセンサレスによる位置決めを実現できない。

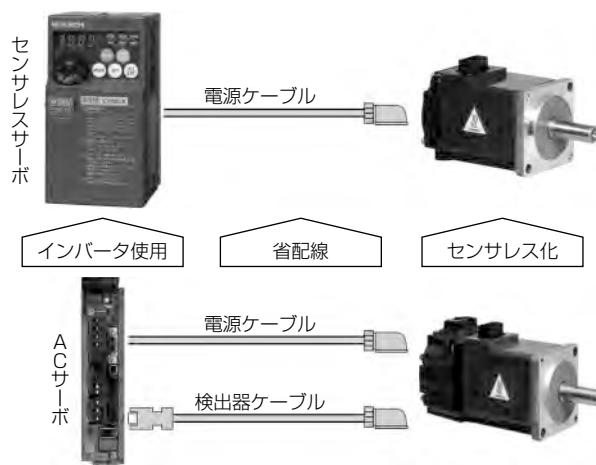


図2. センサレスサーボによる駆動システムのコスト低減



図3. 減速機付センサレスサーボモータ

そこで、高周波を重畳するPMセンサレスベクトル制御、及びPMセンサレスベクトル制御を考慮した専用サーボモータを新規開発して位置決め性能を達成している。

3.1 高周波重畳によるPMセンサレスベクトル制御のFR-E720EXシリーズ⁽¹⁾⁽²⁾

PMセンサレスベクトル制御は、ドライブユニット内部にモータモデルを持ち、電圧・電流から正確な磁束を演算・推定する適応磁束オブザーバによって速度・位置を推定することで高精度な制御を実現している。

しかし、適応磁束オブザーバはモータの誘起電圧を利用しているため、誘起電圧の小さくなる低速域では、電圧誤差の影響を受け正しく推定できなくなるという問題があった。そこで、低速域ではモータが持つインダクタンスの突極性(位置依存性)を利用して磁束推定を行う高周波重畠アシスト制御を行った。

次に、この制御方式の詳細について述べる。まず、モータの突極性とは、磁極位置によるd軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差が異なる性質のことである。このインダクタンスの差異によって電流の大きさが変化するため、磁極位置の推定が可能となる(図4)。なお、モータの突極

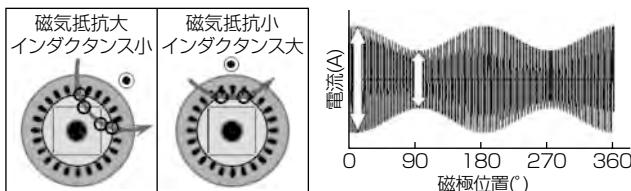


図4. 磁極位置によるインダクタンス差異と電流変化

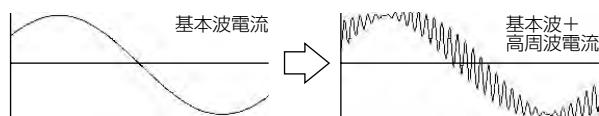


図5. 高周波印加の出力電流波形

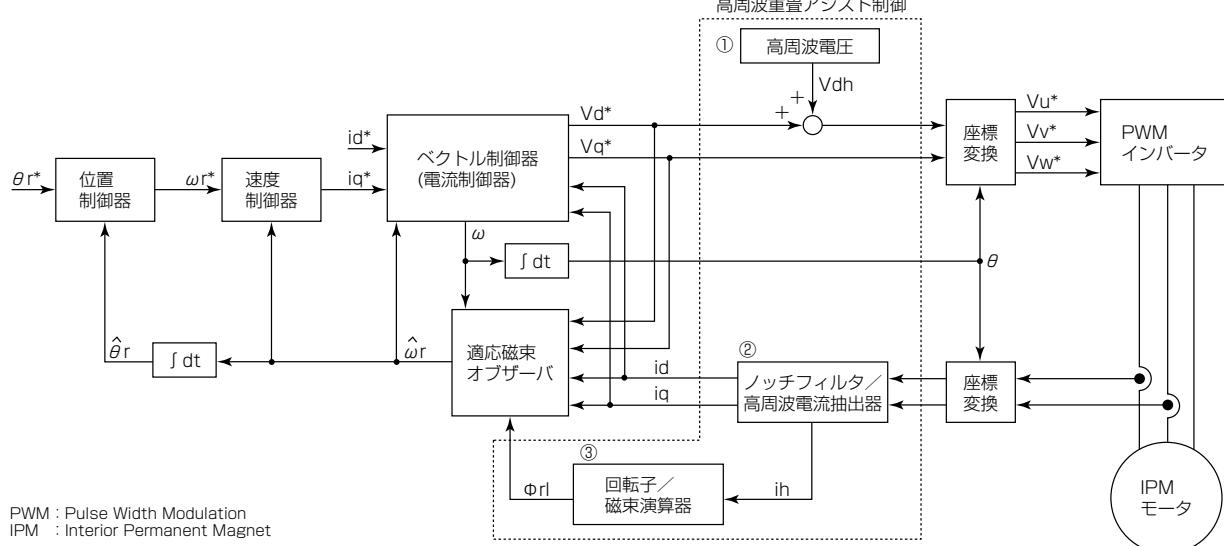


図6. PMセンサレスベクトル制御ブロック図

性については、3.2節で述べる。

この推定に用いる電流は出力周波数とは異なる高周波の電流を基本波に印加することで、回転速度に影響することなく磁極位置を推定している(図5)。

具体的な制御ブロック図を図6に示して動作を述べる。

①高周波電流を流すために、制御d軸に高周波電圧を印加する。②高周波の印加された出力電流を座標変換し、ノッチフィルタ処理を行うことで、電流制御に使用する i_d , i_q と高周波電流 i_h に分離する。③この高周波電流 i_h によって回転子磁束を演算し、適応磁束オブザーバで使用する磁束を補正する。

この結果、全速度領域で適応磁束オブザーバによるモータ磁極位置の検出が可能となり、センサレスでの位置制御の実現が可能となった。

3.2 PMセンサレスベクトル制御用サーボモータMM-GKRシリーズ

PMセンサレスベクトル制御で磁極位置を推定するため、モータは突極性を持つことが求められる。

また、PMセンサレスベクトル制御用サーボモータを開発するに当たり、インバータ・ACサーボの中間機種の製品コンセプトを考慮して、ACサーボモータ標準機種をベースとした新規開発を実施した。

3.2.1 突極性の向上と回転子構造

永久磁石を使用した同期モータ(Permanent Magnet Synchronous Motor: PMSM)は、回転子の内部に永久磁石を埋め込んだ埋込磁石構造の同期モータ(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor: IPMSM)と回転子の表面に永久磁石を張り付けた表面磁石構造の同期モータ(Surface Permanent Magnet Synchronous Motor: SPMSM)に大別される(図7)。

IPMSMでd軸電流による鎖交磁束は、透磁率の低い磁

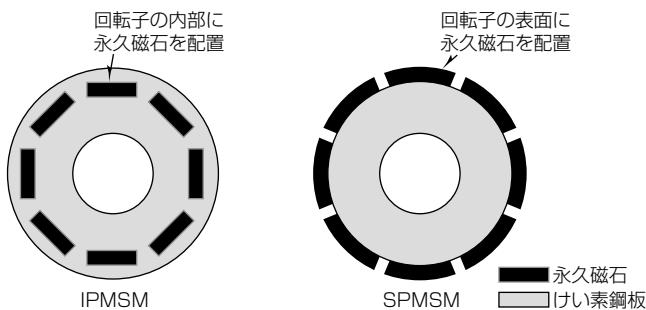


図7. IPMSMとSPMSMの回転子構造

石が磁路にあるため、d軸の磁気抵抗は大きく、d軸インダクタンスは小さくなる。一方、q軸電流による鎖交磁束は、透磁率の高いけい素鋼板が磁路にあるため、q軸の磁気抵抗は小さく、q軸インダクタンスは大きくなる。つまり、d軸インダクタンス<q軸インダクタンスとなり、突極性を確保できる特長がある(図8)。

一方、SPMSMはd軸、及びq軸電流による鎖交磁束は、常に透磁率の低い磁石が磁路にあるため、磁気抵抗は大きく、d軸、及びq軸インダクタンスには差異がない。つまり、d軸インダクタンス=q軸インダクタンスとなり、突極性を確保することは困難である(図9)。

この回転子構造に起因する突極性を持つ特徴を考慮して、モータ構造はIPMSMを採用するが、IPMSMは回転子の内部に磁石が配置されるため、磁石の有効磁束量が小さくなるデメリットがある。

3.2.2 ACサーボモータをベースとした開発

一般的にインバータで駆動するモータは、高効率の要求が高く、モータサイズが大きい。一方、ACサーボでは高頻度運転が求められるため、モータサイズは小さい傾向にある。センサレスサーボモータは、インバータ・ACサーボの中間に位置するため、ACサーボからの置き換え用途を考慮して、小形なACサーボモータ標準機種をベースとした開発をする必要がある。さらに、小形なACサーボモータ標準機種をベースとすることでセンサレス化によるモータの小型化のメリットを生かすことも可能である。

ただし、IPMSMは3.2.1項で述べたように磁石の有効磁束量が小さくなるデメリットがあるため、磁石は回転子の外径方向に配置し、有効磁束量を増加させる設計するのが一般的である。しかし、外径方向に配置する場合、図10に示す磁石挿入部と回転子外径との間に形成されたブリッジ部は薄肉形状となるため製造が困難である。また、ブリッジ部の形状はモータサイズによらず同等であり、大形のものに比べて小形なIPMSMの場合、相対的に磁石は内周方向に配置されるため、有効磁束量が大きく低下する課題があった。

この開発では、ブリッジ部の薄肉形状を実現する事で、従来に比べて外径方向への磁石の配置が可能となり、小形なIPMSMを実現している。また、電磁界解析技術を利用

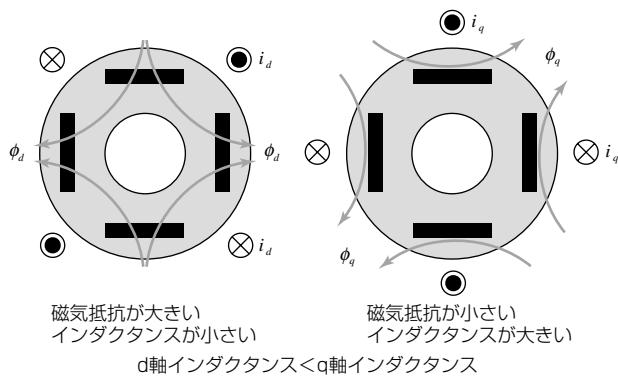


図8. IPMSMの突極性

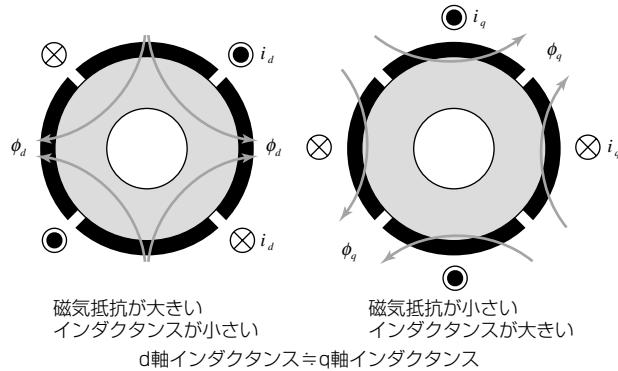


図9. SPMSMの突極性

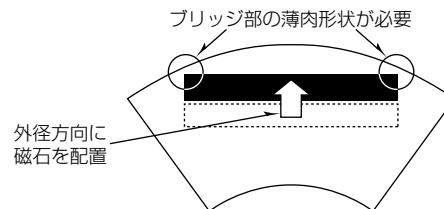


図10. IPMSM製造上の制約

して仕様に合わせた最適設計を行い、ベース機種に比べて磁石使用量を約30%削減している。

4. むすび

駆動システムにおける更なる価値向上を実現するため、既存のインバータ・ACサーボという機種の枠を超えたセンサレスで簡易位置決めを可能にした三菱センサレスサーボ“FR-E720EX・MM-GKRシリーズ”を開発した。この開発によって、インバータ市場やACサーボ市場に加えて、未電動化などの他の市場でも製品適用分野の拡大を図る。

参考文献

- (1) 池田克司, ほか: 次世代高機能汎用インバータ “FREQROL-A700シリーズ”, 三菱電機技報, 79, No.11, 735~738 (2005)
- (2) 伊藤正人, ほか: 高周波電圧を用いた突極形PMモータの直接位置推定法, 電気学会論文誌.D, 131, No.6, 785~792 (2011)

グローバル市場に対応した最新NCシステムによる使いやすさと生産性の向上

永田正広*
牧野幸寛*
後藤大介*

Improvement in Productivity and Usability through Latest NC System for Global Market

Masahiro Nagata, Yukihiko Makino, Daisuke Goto

要 旨

工作機械消費地は、今後も中国・台湾・韓国等の東アジア市場とインド・ブラジル・東南アジア等の新興国市場を中心にグローバルな拡大が予測される。その中で、非熟練者が多く作業者レベルがまちまちなことや、国・地域によって使われ方が異なることに対し、誰でも簡単に使える使いやすさへの対応要求は東アジア市場で強い。また、生産現場で扱う多くの情報を一度に提供するための表示部改良への対応と量産加工用機械(タッピングセンタ、旋盤、マシニングセンタ)向けに生産性向上に貢献できるNC機能開発への対応要求も同様に強い。さらに、急激な経済発展を背景に不安定な電源事情に起因する停電や電圧低下による製造ライン停止などの深刻な環境問題への対応は新興国市場を攻略する上で待ったなしの状況である。

三菱電機は、これらの課題に対応するために大型画面(15インチ)表示器開発及び旋盤系での操作性改良と生産現場で最も使われている穴あけ加工の時間短縮に貢献する機能開発を実施した。

さらに、停電による工具や加工ワークを保護するための停電保護システムとして次の3つのユニットをラインアップした。

- (1) 停電保護ユニット“MDS-D/DH-PFU”
- (2) 抵抗ユニット“R-UNIT-6/7”
- (3) コンデンサユニット“MDS-D/DH-CU”

本稿では、これら開発で取り組んだ機能や仕組み、システムの特長及びその開発内容について述べる。



M700VSシリーズ対応15インチ表示器



停電保護ユニット
MDS-D/DH-PFU



抵抗ユニット
R-UNIT-6/7



コンデンサユニット
MDS-D/DH-CU

停電保護システムの構成ユニット

三菱CNC“M700VSシリーズ”対応15インチ表示器と停電保護システム構成ユニット

今回開発した15インチ表示器は、日本・アジアを中心に横型マシニングセンタ・大型機等のハイエンド機市場向けに三菱CNC(Computerized Numerical Control)のハイグレードモデルM700VSシリーズにラインアップされた。また、停電保護システムは機械稼働中の停電や動力遮断アラームによる電源遮断時に機械(工具)や加工中ワークの破損を防止するための3つのユニットによって構成される製品である。

*名古屋製作所

1. まえがき

工作機械消費地は、今後も中国・台湾・韓国等の東アジア市場とインド・ブラジル・東南アジア等の新興国市場を中心にグローバルな拡大が予測される。その中で、非熟練者が多く作業者レベルがまちまちなことや、国・地域によって使われ方が異なることに対し、誰でも簡単に使える使いやすさへの対応要求は東アジア市場で強い。また、生産現場で扱う多くの情報を一度に提供するための表示部改良への対応と量産加工用機械(タッピングセンタ、旋盤、マシニングセンタ)向けに生産性向上に貢献できるNC機能開発への対応要求も同様に強い。さらに、急激な経済発展を背景に不安定な電源事情に起因する停電や電圧低下による製造ライン停止などの深刻な環境問題への対応は新興国市場を攻略する上で待ったなしの状況である。

当社は、これらの課題に対応するために大型画面(15インチ)表示器、旋盤系での操作性改良、穴あけ加工の時間短縮に貢献する機能、及び停電保護システムを開癈した。

本稿では、これら開癈で取り組んだ機能や仕組み、システムの特長及びその開癈内容について述べる。

2. 15インチ表示器による操作性向上

旋盤、横型マシニングセンタ等でのハイエンド市場向けの工作機械をターゲットとした三菱CNCハイグレードモデル“M700VSシリーズ”に15インチ表示器をラインアップした(図1)。

2.1 大画面、高解像度化

従来の8.4／10.4インチ表示器に加え、さらに、操作性を向上させるために15インチ表示器を開癈した。大画面・高解像度化によって、加工プログラム・モーダル情報等の表示領域を拡大するなど、一度に多くの情報を表示することを可能とした。これによってユーザーの操作で画面遷移操作の回数を削減するなど操作性の向上に寄与する。また、画面レイアウトのセミカスタム化をサポートする仕組みを提供することで、工作機械メーカーに要求される高級工作機械の独自性、差別化にも貢献する(図2)。



図1. 15インチ表示器

さらに、M700VSシリーズは表示器背面に取り付けられた1台の制御ユニットで数値演算と画面表示を実現するコンパクト・低消費電力を特長としたパネルイン構成のCNC装置である。今回開癈した15インチ表示器についても、LEDバックライトの採用による消費電力抑制、15インチ用インターフェース基板と画面表示ソフトウェアの開癈で、既存の8.4／10.4インチ表示器の場合と同様に、パネルイン構成を実現した。

3. 旋盤系操作性改良

東アジア市場を中心に誰でも簡単に使える操作性が望まれている。今回、旋盤系の機械メーカーから改良要望が強い工具計測時の面倒な操作性の改善と頻繁に使う画面メニューを呼び出すための操作性を効率化する改良を行った。

3.1 工具計測画面

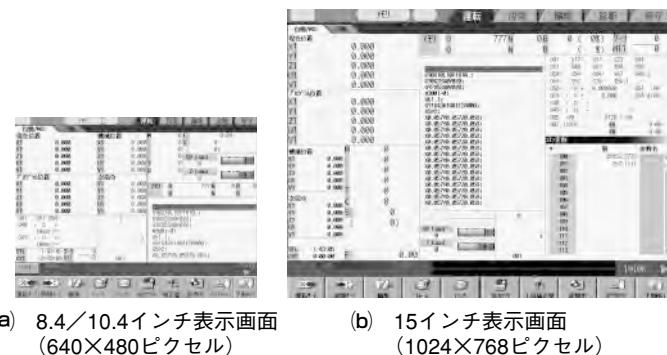
計測する対象の軸名称を同一画面メニュー上に配置することで、他社と同等のキー操作回数での計測を実現した(図3)。

3.2 メニュー構成の最適化

三菱標準メニュー位置を移動させるパラメータを追加したことで機械メーカーでの機械仕様と顧客の使い方に応じたメニュー構成の最適化を実現した(図4)。

4. 穴あけ加工の生産性向上

中ぐり、穴あけ、タッピング等の加工をより簡単な指令で行うために固定サイクルという機能がある。この開癈で



(a) 8.4／10.4インチ表示画面
(b) 15インチ表示画面
(640×480ピクセル)
(1024×768ピクセル)

図2. 画面構成の比較



図3. 計測する対象軸名称を同一画面メニューに配置



図4. メニュー位置の客先によるカスタマイズ

は、自動車関連の部品加工産業が特に盛んな東アジアで、最も活用されている穴あけ加工用の固定サイクルについて、生産性向上のための加工時間短縮を図った。

4.1 早送り動作での時間短縮と振動抑制

穴あけ固定サイクルは、初期位置(I点)から穴あけ開始点(R点)までの動作と穴底からR点に戻る動作が早送りである。これまで、早送りによる最大早送り速度への加速、及び最大早送り速度からの減速は加減速時間を一定にした動作であった。そのため、早送りによる指令距離をNC内部単位で演算した補間距離が加減速距離よりも短く、速度が最大早送り速度に到達しない場合には、速度の傾きを一定にした動作(傾き一定)と比べてサイクルタイムが長くなっていた。一方で、速度の傾きを一定にした動作では加速後に即減速する動きとなるため機械振動を誘発させる欠点があった。

今回、NC内部で早送りによる指令距離に応じて最適な加減速制御を行い急加速／急減速による機械振動を抑制するとともに加減速時間を短縮することができた。

4.2 エンドユーザーによる穴底停止時間の最適化

穴底への軸移動完了をチェックする方法は、止まり穴の要求精度とのトレードオフで決めるのが一般的で、通常は減速チェックと呼ばれるモータへの指令完了を基準に加減速モードに応じたオフセット(時間)経過後に移動完了と判定する方法を使用する。これまで穴底での軸移動完了をチェックする方法は機械メーカーだけが設定・変更できるパラメータであったが、今回エンドユーザーも設定・変更できるパラメータを追加した上で、エンドユーザー自身が必要とする止め穴精度に応じた穴底での待ち時間を調整できるようになった。

4.3 最適パラメータへの自動切換え

今回、穴底からR点への方向反転時の減速チェック方法を始め、切削モード(G64)又は高精度モード(G61.1)に応じて変更を必要とするパラメータに対し、最適な設定値への自動切換えを行い、煩わしかったパラメータ変更操作を大幅に減らして使いやすさを向上させた。

4.4 効 果

初期位置(I点)から穴あけ開始位置(R点)までの早送り動作と穴底からI点に戻る早送り動作で、先に述べた時間短縮による効果を穴あけ数100個の加工で検証し、従来と比べ30%の短縮効果を確認した(図5)。

また、複数の切り込み動作によって穴あけを行う深穴ド

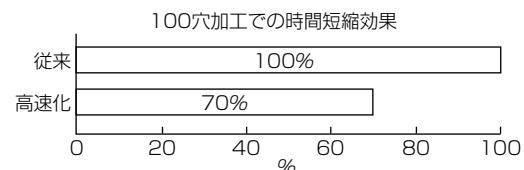


図5. 穴あけ固定サイクル高速化の効果

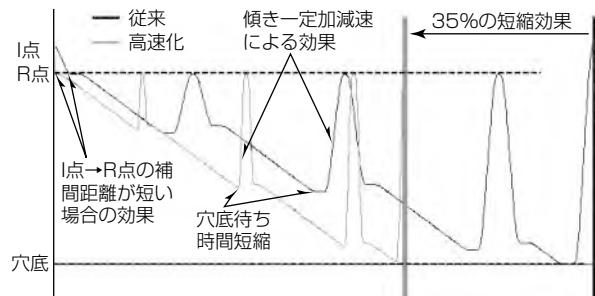


図6. 切り込み数4回の深穴ドリルサイクル高速化の効果

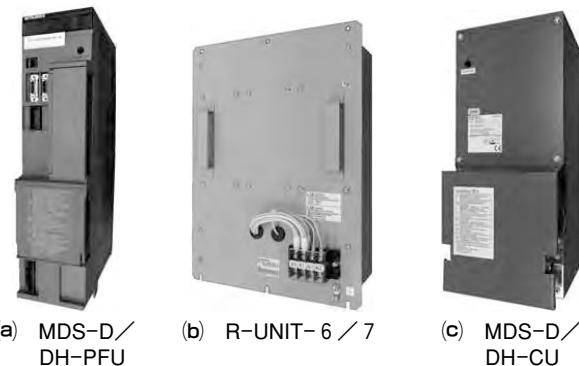


図7. 停電保護システムの構成ユニット

表1. 停電保護機能に必要なユニット構成

機能	停電保護ユニット MDS-D/DH-PFU	抵抗ユニット R-UNIT-6/7	コンデンサユニット MDS-D/DH-CU
減速停止	○	—	—
過電圧保護	○	—	—
リトラクト	(コンデンサユニットは8台まで接続可能)		

リルサイクルでも時間短縮効果があることを確認した。具体的には、4回の切り込み指令(G83X10.Z-15.R-2.Q3.F500)でも従来と比べ35%の短縮効果があった(図6)。

5. 停電保護システム

新興国市場での不安定な電源事情に起因する停電や電圧降下による製造ライン停止などへの対応として、停電保護システムを構成する3つのユニットを開発し、ラインアップした(図7)。

停電保護システムでは、停電保護ユニットMDS-D/DH-PFUに加え、抵抗ユニットR-UNIT-6/7やコンデンサユニットMDS-D/DH-CUを構成することで、各種保護機能を実現する(表1、図8)。これによって、停電時における機械(ツール)、ワークの保護やダウンタイム短縮を実現する。停電保護ユニットの仕様を表2に示し、各種保護機能について次に述べる。

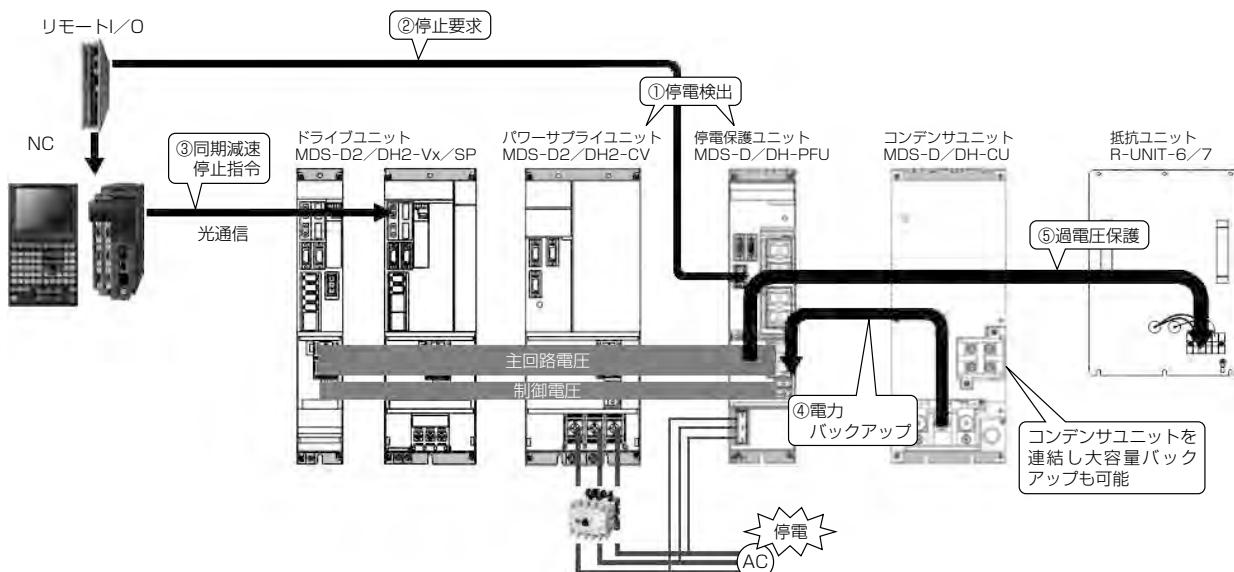


図8. 停電保護システムの構成

表2. 停電保護ユニットMDS-D/DH-PFUの仕様

形名		MDS-D-PFU	MDS-DH-PFU
AC入力	定格電圧(V)	AC200~230 電源変動率+10%, -15%以内	AC380~480 電源変動率+10%, -10%以内
	周波数(Hz)	50/60 周波数変動±3%以内	
	定格電流(A)	4	2
DC入出力	定格電圧(V)	DC270~311	DC513~648
	定格電流(A)	回生入力: MAX 300 / 力行出力: MAX 200	回生入力: MAX 200 / 力行出力: MAX 160
電気的仕様	電圧(V)	単相 AC200~230(50/60Hz) バックアップ時50Hz	単相 AC380~480(50/60Hz) バックアップ時50Hz
	電流(A)	MAX 4	MAX 2
制御電源 バックアップ用 AC出力	最大接続ドライブユニット数	6台 (パワーサプライユニットを除く)	
	切替時間	AC入力遮断後100ms以内	
	最小バックアップ時間	75ms以上(AC200V入力, 最大接続ドライブユニット数の場合)	75ms以上(AC380V入力, 最大接続ドライブユニット数の場合)
接続可能 ユニット	抵抗ユニット	R-UNIT-7	R-UNIT-6
	コンデンサユニット	MDS-D-CU	MDS-DH-CU
停電検出仕様	検出条件	標準	高感度
	AC入力(L1/L2線間)電圧	AC120V以下を60ms以上	AC135V以下を20ms以上
	位相信号	欠相 60ms以上(L1/L2相いはずれか)	20ms以上(L1/L2/L3相いはずれか) 60ms以上(L1/L2相いはずれか)
	全相停電	60ms以上	10ms以上
	母線電圧	電圧降下量DC80V	電圧降下量DC160V

5.1 減速停止機能

機械稼働中に停電や動力遮断アラームで電源が遮断されると、サーボ軸はダイナミックブレーキ停止となり、停止距離が長くなることがある。減速停止機能は、停電や動力遮断アラームが発生したときに、サーボ軸をオーバーランしないよう減速停止させ、機械や加工中のワークの破損を防止する。MDS-D2/DH2シリーズとの組合せで、主軸の停止方式を減速停止又はフリーラン停止のいずれかに選択できる。主に電源環境が悪く、頻繁に停電する地域に適した機能である。

5.2 過電圧保護機能

高速IPM(Interior Permanent Magnet)主軸モータや旋盤テーブルDDM(Direct Drive Motor)では、高速回転中に停電や動力遮断アラームが発生すると、回生電力によって、ドライブユニットを過電圧破損させる高い電圧が生じることがある。過電圧保護機能は、動力遮断時に発生する

過電圧からドライブユニットを保護することができ、モータの適用範囲拡大に貢献する。

5.3 リトラクト機能

同期運転時などに動力遮断が発生した場合は、同期を維持できない可能性がある。リトラクト機能は、コンデンサユニットに電力をバックアップすることで、同期を保ちながら工具退避を行い、機械とワークを保護する。

6. むすび

中国・台湾・韓国等の東アジア市場及びインド・ブラジル・東南アジア等の新興国市場も含めた工作機械市場の更なる拡大が予測され、これらの市場に対応するための、使いやすさと生産性向上を実現した最新のNCシステムの大画面化、穴あけ加工の機能改善、及び停電保護システムについて述べた。

今後も顧客にとっての“使いやすさと生産性向上”を常に意識した製品開発を推進していく所存である。

杉本康浩*
麻生誠司*
渡邊真也**

高電圧直流遮断器・開閉器の遮断技術

Circuit Interruption Technologies for High Voltage DC Circuit-breakers and Switch

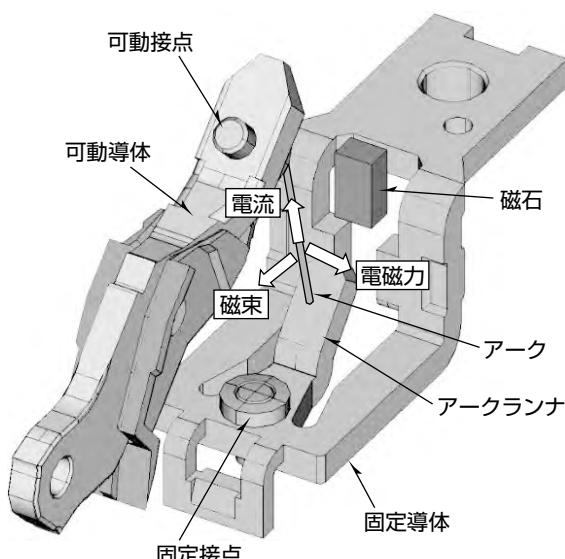
Yasuhiro Sugimoto, Seiji Aso, Shinya Watanabe

要旨

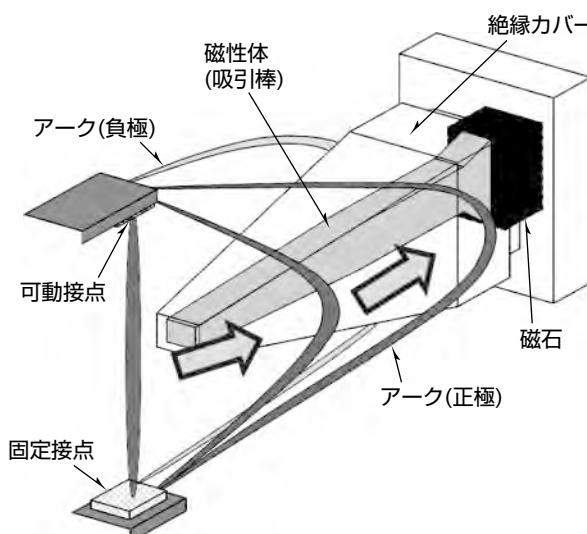
近年、太陽光発電システムの導入拡大や、データセンターにおける高電圧直流給電システムの需要拡大に伴い、高電圧直流回路に対応した遮断器及び開閉器の需要が高まっている。従来の直流特殊電圧対応の製品では、高電圧での遮断性能を確保するため、4極外形の製品を使用する必要があった。しかし、太陽光発電システムや高電圧直流給電システムで、遮断器や開閉器の外形小型化の要求が強くなってきている。そこで、新形直流遮断器・開閉器では、外形を小型化し、かつ高電圧直流遮断が可能な遮断技術を構築した。

遮断器の外形小型化と高電圧直流遮断を両立させるため

には、接点開離時に発生したアーケをすみやかに消滅させる消弧室が必要となる。今回、接点近傍に磁石を配置し、アーケと磁石の磁場が鎖交して発生する電磁力を用いて効果的にアーケを伸長、消弧させる遮断方式を開発し、高電圧直流遮断器及び開閉器に採用した。その結果、遮断器については従来の4極外形から3極外形へ小型化し、市場で要求される遮断性能を確保した。開閉器については分電盤用遮断器と同一外形を維持しつつ、DC400Vの開閉性能を実現した。これらの遮断技術は、基礎研究で得られた知見に基づいており、より高電圧回路での遮断責務が求められる上位機種への展開が可能である。



直流遮断器の消弧室概観



直流開閉器の消弧室概観

高電圧直流遮断器・開閉器の遮断技術

高電圧直流遮断器・開閉器では、接点近傍に配置した磁石の磁場でアーケに電磁駆動力を与え、伸長させる消弧室構造を採用したことによって、外形の小型化を図りつつ高電圧での直流遮断性能を実現した。

1. まえがき

近年のクリーンエネルギー化の機運の高まりに加え、再生可能エネルギー固定買取制度の導入によって、太陽光発電システムの導入が拡大している。また、クラウドコンピューティングやソーシャル・ネットワーキング・サービス等の普及に伴い、情報通信機器を収容するデータセンターの新設が増加している一方、データセンターにおける消費電力の大幅な削減が求められている。この対応として、給電の高電圧直流化による給電損失低減の動きがある。太陽光発電システムや、データセンターにおける高電圧直流給電システムの需要拡大に伴い、小型で高電圧直流に対応した遮断器及び開閉器の需要が高まっている。これらに応えるため、高電圧直流遮断器・開閉器の開発を行った(図1)。

本稿では、高電圧直流遮断器・開閉器の特長、及びこれら機種に適用した直流遮断技術について述べる。

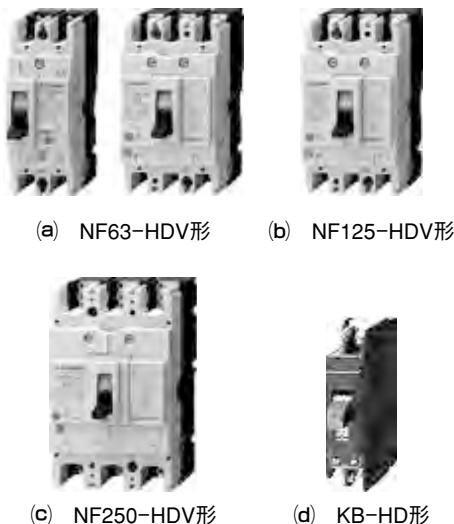


図1. 高電圧直流遮断器・開閉器

表1. 高電圧直流遮断器の仕様

形名		NF63-HDV			NF125-HDV		NF250-HDV
定格電流	DC A	15, 20, 30,	60,		75,	125	
基準周囲温度	40°C	40, 50	63		100		200, 225, 250
極数		2	3		3		3
定格絶縁電圧 Ui	DC V	600V	690V		690V		690V
定格遮断容量 (kA)	JIS C 8201-2-1 Ann.1 JIS C 8201-2-1 Ann.2 IEC 60947-2 EN 60947-2(Icu/Ics)	400V 600V	10/5 - 5/5	-	-	-	-
	JIS C 8201-2-1 Ann.2 (Icu)	600V	- - 5		5		10
開閉寿命(回)	機械的	8,500		8,500 8,000		8,000	
	電気的	1,500		1,500 1,000		1,000	
定格インパルス耐電圧 Uimp kV		8		8		8	
逆接続				可			
外形寸法 (mm)	a b c ca	50 130 68 92	c a b ca	75 130 68 92	c a b ca	105 165 68 92	

2. 高電圧直流遮断器・開閉器の特長

高電圧直流遮断器の仕様を表1に、高電圧直流開閉器の仕様を表2に示す。今回開発した高電圧直流遮断器は、従来の直流特殊電圧用遮断器に比べ、外形(横幅)を25%小型化し、Icu(2回の動作を保障する短絡電流値による遮断)の遮断容量は、“NF63-HDV”3極品及び“NF125-HDV”では5kA，“NF250-HDV”では10kAを確保している。一方高電圧直流開閉器では、分電盤用遮断器“BHシリーズ”と同一外形を維持しつつ、DC400Vで60Aの投入遮断容量を確保した。小型化しながら高電圧直流遮断を実現するため、新形直流遮断器・開閉器では、消弧室近傍に磁石を配置してアーケ伸長を増強する消弧装置を適用した。

3. 直流電流の無極性遮断技術

三菱電機では直流開閉器の取付けミスによる事故を防止するため、通電方向に関係なく電流遮断が可能な(無極性)遮断技術を構築し、任意の接続方法で取り付けできる直流開閉器を開発した。この章ではこの遮断技術について述べる。

3.1 新形アーケ伸長装置による無極性遮断技術

図2は太陽光発電システム向け直流開閉器の内部構造を示したものである。ハンドル操作によって接点が開極した状態であり、電流通電状態で開極した場合に接点間でアーケが発生する。直流開閉器内に搭載した新形アーケ伸長装置(図2の破線部)では、接点間に発生したアーケを通電方

表2. 高電圧直流開閉器の仕様

形名	KB-HD	
定格電流	DC A	15
基準周囲温度	40°C	
極数	2	
定格絶縁電圧 Ui	DC V	600
定格使用電圧 Ue ^(注1)	DC V	400
使用負荷種別	JIS C 8201-3	DC-22A
投入遮断容量 JIS C 8201-3	投入電流	DC A 60
	遮断電流	DC A 60
	時定数	ms 2.5
	開閉回数	5
短絡特性 JIS C 8201-3	短時間耐電流 Icw	DC A 180
	s	1
	短絡投入容量 Icm	DC A 180
開閉寿命(回)	機械的	8,500
	電気的	1,500
定格インパルス耐電圧 Uimp kV		4
逆接続		可
極性		L極:N(-) R極:P(+)
外形寸法(mm)		
a		25
b		95
c		60
ca		77

(注1) 太陽光発電システムで使用の場合、定格電圧 DC400V、開放電圧DC600V、開閉回数100回

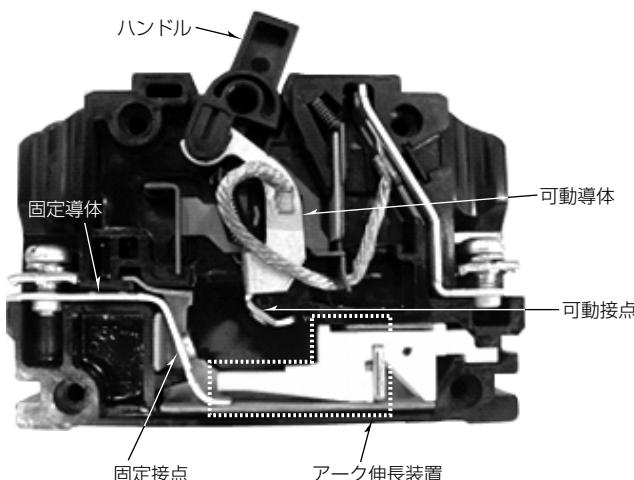


図2. 太陽光発電システム向け直流開閉器の内部構造

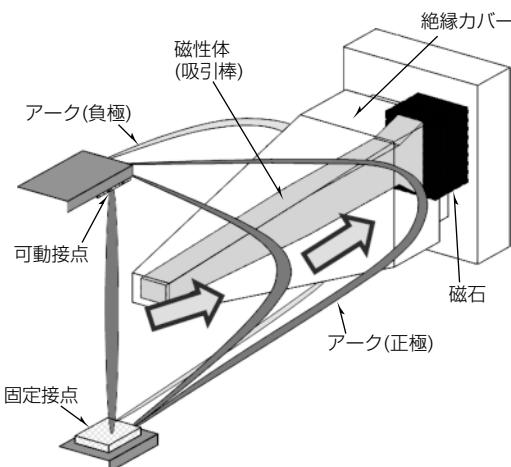


図3. 新形アーク伸長装置

向に関係なく同一方向へ伸長でき、さらに従来よりも伸長量の増加が可能となる。

図3は新形アーク伸長装置の構成とともに、接点間に発生したアークを伸長させた状態を示す概観図である。この装置は長尺状の磁性体(吸引棒)を消弧空間に配置し、その一端部を接点間へ延伸させ、他端部に磁石を設けている。そして、吸引棒と磁石を樹脂製の絶縁カバーで被覆して構成する。

図4を用いて、新形アーク伸長装置による無極性遮断原理を述べる。

- (1) 吸引棒先端から放出する磁力線がアークに鎖交することで電磁力が発生し、吸引棒軸上からアークが外れて図中下方向に移動する。
- (2) 吸引棒先端から磁石のS極へ回り込む磁力線の作用によってアークが吸引棒側面空間へ誘導される。
- (3) 吸引棒側面からの漏れ磁束がアークに作用し、吸引棒側面空間の更に奥へアークが誘導される。
- (4) 吸引棒側面空間の奥側でアークは絶縁カバーに接触し、圧縮され、アークの熱によって絶縁カバーから溶発ガス(絶縁性ガス)がアークに向かって噴出する。

この結果、アークは急速に冷却され、導電性を失って消滅する。通電方向が異なる場合でも吸引棒の反対側にアークを伸長できる。また、磁石を接点間のアーク発生部から距離を離して隔離できるため遮断時の熱減磁も防止できる。

3.2 新形アーク伸長装置の遮断性能評価

図5は新形アーク伸長装置を搭載した消弧室で遮断時のアーク挙動を撮影した映像である。この映像からアークは右方向に伸長し、接点間に位置する場合に比べ大幅にアークを伸長できていることが分かる。

図6は回路条件DC800V/20Aにおける電流遮断時の電流とアーク電圧の波形である。この装置を適用しない場合の単極あたりのアーク電圧(破線)が最大約100Vであるのに対し、適用した場合では電源電圧を大きく上回るアーク

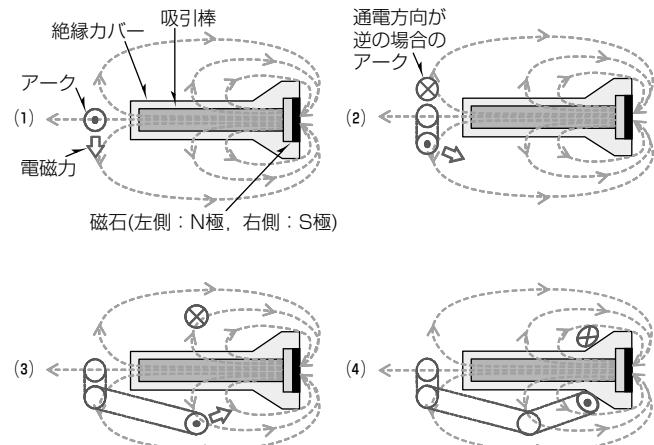


図4. 無極性遮断原理

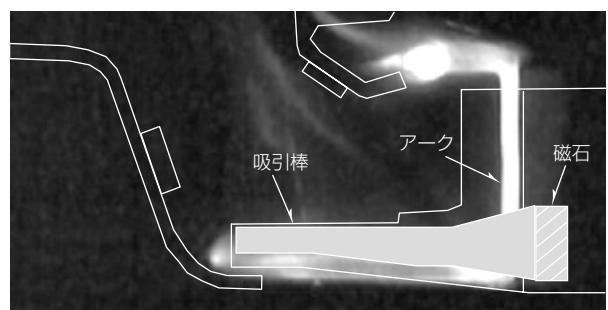


図5. 新形アーク伸長装置適用時のアーク形態

電圧(実線)が単極だけで発生し、最終的に1,600V以上まで上昇して遮断に成功している。また、図5の撮影映像から推定したアーク長を用いてアークの平均電界強度を計算したところ、圧縮及び絶縁性ガス吹き付けの効果によってフリーアークの場合⁽¹⁾よりも平均電界強度は約7倍以上高く、この装置の適用によって無極性対応で従来よりも高い遮断性能を持った直流開閉器を提供できるようになった。

3.3 直流遮断器向け無極性遮断技術

図7は直流遮断器の消弧室における磁石位置を示したものである。図示していないが、アークランナの上方空間に

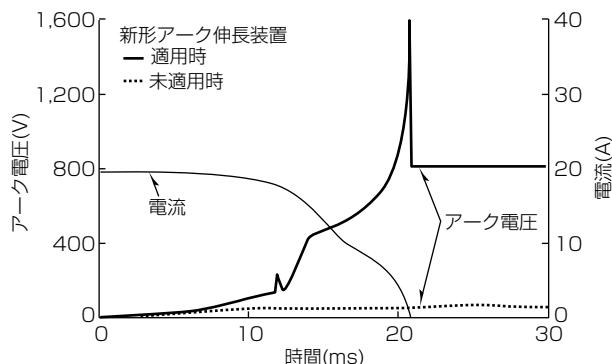


図6. 新形アーカ伸長装置適用時のアーカ電圧・電流波形

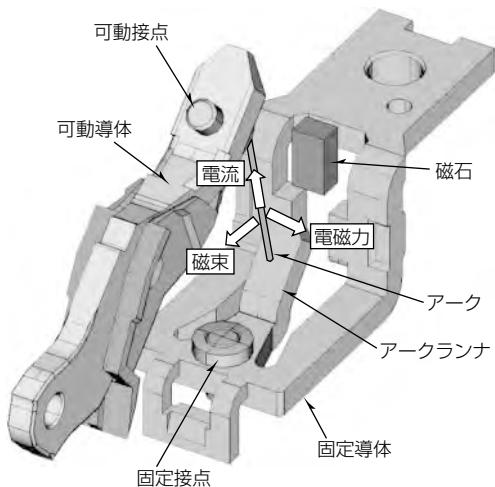


図7. 直流遮断器の磁石位置

はアーカを分断、冷却する消弧板を遮断に必要な枚数分⁽²⁾配置し、磁石を消弧板の後端部付近に磁極面を接点間方向に対向させて配置している。アーカにはデアイオンの原理によって生じる消弧板への吸引力⁽³⁾に加え、配置した磁石によって消弧室側面方向の電磁力を重畠するようにした。そして、固定子を磁性体で形成することで、磁石から発生する磁束をアーカに誘導し電磁力を更に高めている。これによって、消弧室側面方向にもアーカが伸長するようになり、消弧板で効率よく分断、冷却できるようになる。この構成では、通電方向が異なる場合でも、逆側の消弧室側面方向の駆動力が発生するため、通電方向に依存しない遮断性能を実現できる。

図8はこの磁石配置時にアーカに作用する磁束密度を計算した三次元電磁界解析のモデルである。この解析モデルを用いて定格電流通電時の可動接点とアーカランナ間で発生するアーカに作用する電磁力を計算した結果を図9に示す。この結果、磁石の搭載によってアーカに作用する電磁力を従来よりも1.5～2倍程度強化でき、この構成で通電方向に関係なく遮断できるようになった。

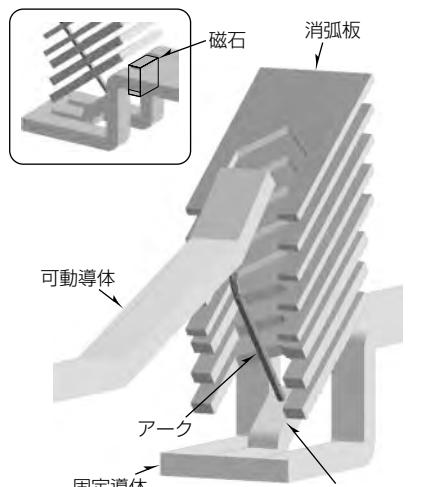


図8. 三次元電磁界解析モデル

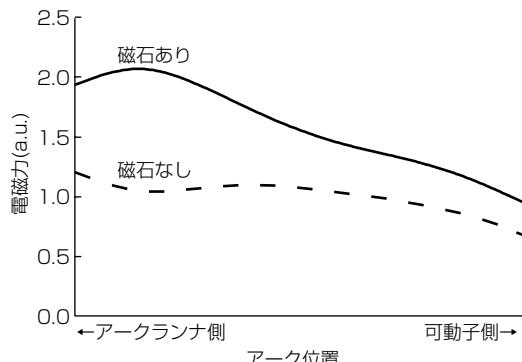


図9. 磁石搭載による電磁力の改善効果

4. むすび

高電圧直流遮断器・開閉器に搭載した直流電流の無極性遮断技術について述べた。今後更に適用機種の拡大と使用電圧範囲の拡大に取り組み、ユーザーニーズに対応した遮断技術開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) C. G. Suits : High Pressure Arcs in Common Gases in Free Convection, Physical Review, **55**, pp. 561～567 (1939)
- (2) 渡邊真也, ほか: 大電流気中アーカにおける消弧グリッド配置時の電圧特性および消弧グリッドの有効利用度改善に向けた検討, 電気学会論文誌B, **133**, No.11, 806～817 (2013)
- (3) 渡邊真也, ほか: 配線用遮断器における消弧グリッドの有効利用に必要な磁気駆動力の検討, 電気学会全国大会論文集, No.6, 364～365 (2013)

秋山智彦*
山本将人*
小林敬侍*

産業用スマートメータと検針システム

Smart Meter and Meter Reading System

Tomohiko Akiyama, Masato Yamamoto, Keiji Kobayashi

要旨

スマートメータは、主に、①通信、②30分電力量指示値記憶、③遠隔負荷開閉の機能を持った電力量計である。

近年、マンションにおける高圧一括受電サービス事業などで、検針や入退去時の遠隔負荷開閉等の業務効率化、入居者サービス向上を図るために、スマートメータを活用した検針システムの需要が出てきた。

そこで、次の特長を持つスマートメータを活用した検針システムを開発した。

- (1) 30分ごとの電力量指示値データによって多様な電気料金メニュー構築が可能。
- (2) 遠隔から契約アンペア変更(リミッタ容量設定値変更)、電気の供給・停止(負荷開閉器制御)が可能。
- (3) 入居者のパソコンで使用電力などの閲覧が可能。

(4) 有線方式と無線方式を併用した検針システム構築が可能。

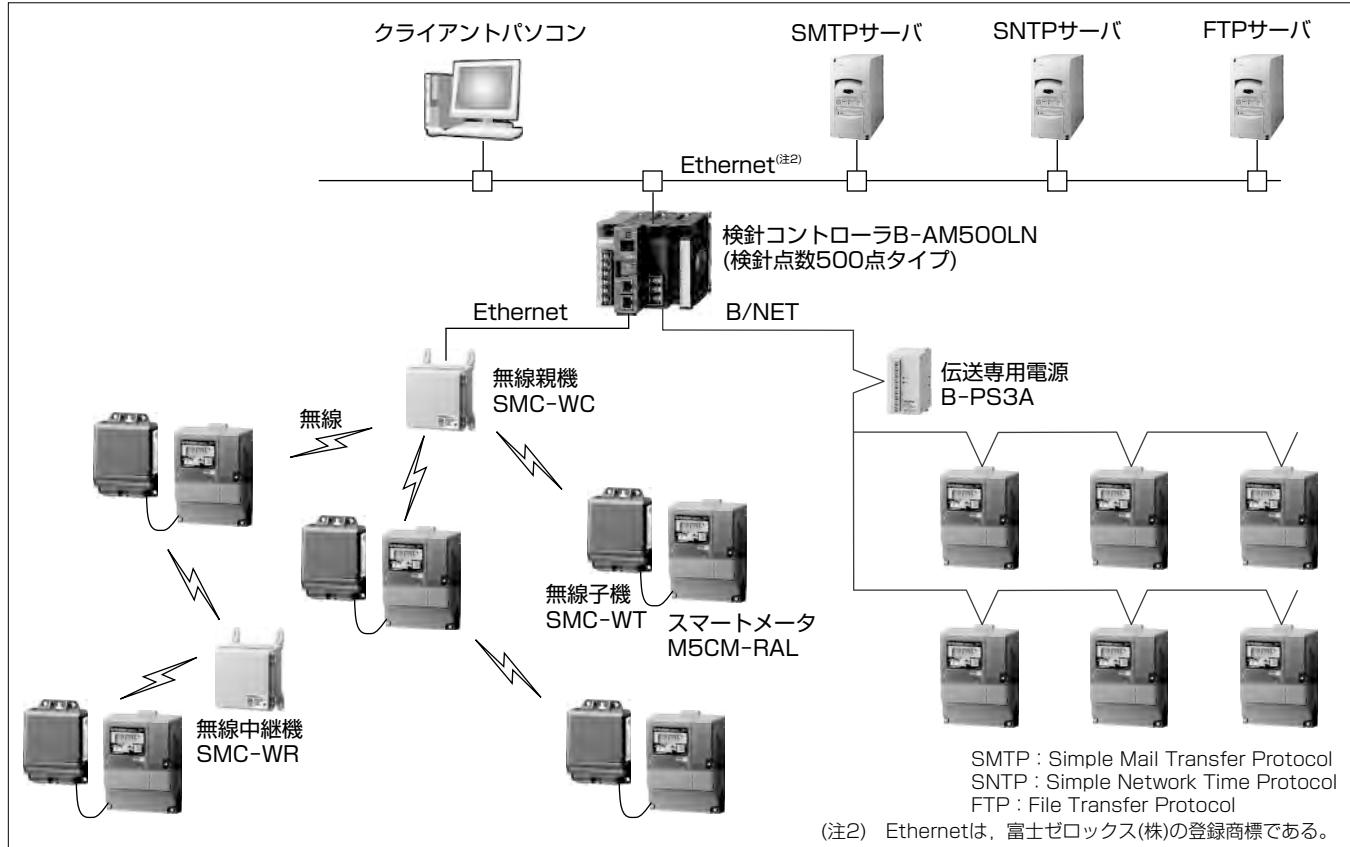
①有線("B/NET^(注1)"伝送)方式

バス形・マルチドロップ配線・T分岐が可能なため配線が容易、計測機器の増設が容易。

②無線(920MHz帯 特定小電力)方式

- (a) 多段中継による通信エリアの拡大が可能。
- (b) 安定した通信経路選択(通信障害時の迂回(うかい)経路自動構築(独自アルゴリズム))による高い通信信頼性。
- (c) 隣接した建物間の無線システム混信防止。
- (d) 無線通信状態の見える化(運用保守ツール)による容易な無線システムメンテナンス。

(注1) B/NETは、三菱電機独自のフィールドネットワークである。



スマートメータを活用した検針システム

検針システムのシステム構成を示す。検針コントローラは、スマートメータが計量した30分ごとの電力量指示値の収集・保存を実行し、この電力量指示値を用いて検針を行う。なお、検針コントローラは、スマートメータからの電力量指示値の収集に際し、有線(B/NET)と無線を併用して使用することができる。

1. まえがき

スマートメータとは、主に、①通信、②30分ごとの電力量指示値の記憶、③遠隔負荷開閉の3つの機能を持っている電力量計である。

近年、電力会社におけるスマートメータ化だけでなく、マンションでの高圧一括受電サービス事業やテナント等の産業用途における課金業務でも、検針や入退去時の遠隔での電源投入・遮断などの業務効率化、料金メニューの多様化などの入居者サービス向上を図るために、検針システムの導入需要があり、そのため、電力量計のスマートメータ化の要求が出てきた。

高圧一括受電サービスとは、マンションの各入居者が電力会社と個別契約するのではなく、高圧一括受電サービス事業者などが電力会社と高圧契約し、各世帯に割安な電力を供給することである。

2. 検針システム

2.1 検針システムの特長

スマートメータと組み合わせて、有線(B/NET)と無線併用の検針システム構築が可能である(図1)。電気使用量の収集だけでなく、遠隔操作、ブラウザを使ってパソコンでの電気使用量の見える化を可能にしている。

この検針システムの特長は、次のとおりである。

- (1) 30分ごとの使用電力量のデータ記憶を行い、データを有効活用することで、多様な電気料金メニューサービス構築が可能。
- (2) 遠隔から契約アンペア変更(リミッタ容量設定値変更)、電気の供給・停止(スマートメータの負荷開閉器ON/OFF制御)が可能。
- (3) 入居者のパソコンで、使用電力のトレンドグラフなど

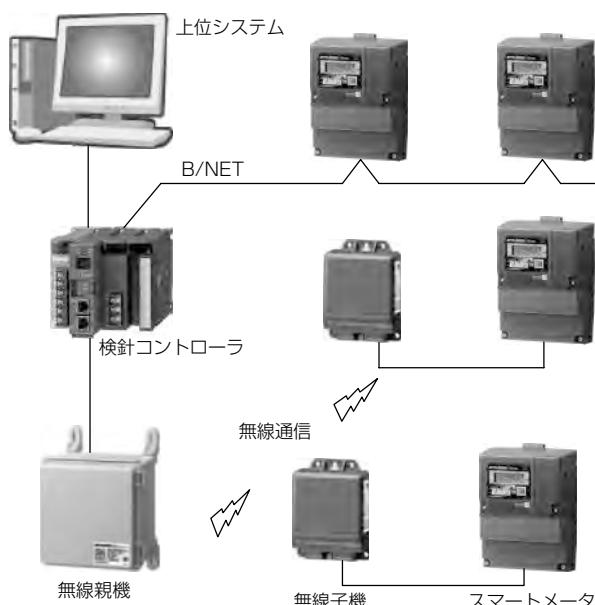


図1. 検針システム構成

の閲覧が可能。

- (4) 有線(B/NET伝送)方式と無線方式を併用した検針システム構築が可能。

①有線(B/NET伝送)方式

- (a) 市販のツイストペアケーブルが使用可能。
- (b) バス形・マルチドロップ配線・T分岐が可能なため配線が容易、スマートメータの増設が容易。

②無線(920MHz帯 特定小電力)方式

- (a) 多段中継による通信エリアの拡大が可能。
- (b) 安定した通信経路選択(独自アルゴリズム)によって通信障害時の迂回経路自動構築による高い通信信頼性。
- (c) 隣接した建物間の無線システム混信防止。
- (d) 無線通信状態の見える化(運用保守ツール)による容易な無線システムメンテナンス。

2.2 検針システムを構成する機器の仕様

2.2.1 スマートメータの仕様

スマートメータは使用電力量の電気料金徴収に関わる取引証明用に使われるだけでなく、通信による自動検針、30分ごとの電力量指示値の記憶、遠隔負荷開閉制御の機能を持っている。

スマートメータ M5CM-RAL/M5CM-RL(図2)の主な仕様は次のとおりである。

- (1) 定格：単相3線式 100V 60A/120A
三相3線式 200V 60A/120A
- (2) 通信仕様：B/NET伝送
RS-485(MODBUS^(注3) RTU(Remote Terminal Unit))通信
無線通信
- (3) 30分ごとの電力量指示値記憶(当日含め45日分記憶)
- (4) 負荷開閉器内蔵(単相3線式 60Aだけ)



図2. 三菱スマートメータ M5CM-RAL/M5CM-RL



(a) B-AM500LN



(b) B-AM1000LN

図3. 検針コントローラ

- (5) 時計：24時間制時計内蔵(電池で累積停電2年間の停電補償)

(注3) MODBUSは、AEG Schneider Automation Inc. の登録商標である。

2.2.2 検針コントローラの仕様

検針コントローラはスマートメータの電力量指示値を収集することによって自動検針を行う。また、収集した値を検針データとして保存を行う。

検針コントローラB-AM500LN/B-AM1000LN(図3)の主な仕様は、次のとおりである。

- (1) 検針点数は500点又は1,000点
- (2) CSV(Comma Separated Values)ファイルで検針データを保存し、FTP通信でCSVファイルの取得が可能
- (3) クライアントパソコンで、ソフトウェア追加なしに使用電力量をWeb画面で閲覧可能
- (4) スマートメータへの設定・制御がWeb上で可能
- (5) 使用料金計算・請求書は、表計算ソフトを使用して作成可能

2.2.3 無線機器の仕様

無線親機(SMC-WC)、無線子機(SMC-WT)、無線中継機(SMC-WR)(図4、図5)によって無線ネットワークを自動構築する。

無線親機は無線子機経由でスマートメータの30分ごとの電力量指示値を収集し、検針コントローラに提供する。無線中継機は、無線親機又は無線子機の電波が届かない場所に、中継用として設置し、通信エリアを拡大する。

無線子機は、設置場所の電波環境に応じて位置変更ができるようにスマートメータとは別置とする。

無線機器の主な仕様は、次のとおりである。

- (1) 機器構成：無線親機(SMC-WC)1台
無線子機(SMC-WT)最大1,000台
無線中継機(SMC-WR)最大50台
- (2) 無線仕様：920MHz帯 特定小電力無線、送信出力10mW、伝送速度100kbps、ダイバーシティアンテナ
- (3) 電源仕様：無線親機 AC100V/200V, 50/60Hz
無線子機 スマートメータからDC5V供給
無線中継機 AC100V/200V, 50/60Hz
- (4) 定期データ収集：無線子機は、30分周期でスマートメータの電力量指示値を収集し無線親機に送信
- (5) 随時データ設定・取得：無線親機は、検針コントローラ



図4. 無線親機 SMC-WC／無線中継機 SMC-WR



図5. 無線子機 SMC-WT

ラの指令によって個別にスマートメータに対してデータ設定、又はスマートメータから電力指示値などを取得

3. 検針コントローラの特長と製品化の技術

3.1 見せる化

(1) 多様な料金メニューへの対応

高圧一括受電マンションの管理では、ピークシフトにつながる電気料金体系導入による契約電力の削減や、入居者に対して多様なメニューによる安価な電気料金の提供が求められる。

例えば、管理者は入居者へ電気使用パターン改善による電気料金削減を提案し、入居者は生活スタイルに合わせた最適な料金メニュー選択によって電気料金削減ができる、またピークシフトによる契約電力削減ができる。

そこで、検針システムでは、入居者が1日に使用した電力量を時間帯ごとに表示する時間帯別グラフ機能を搭載した。1ヵ月単位で表示するため、1ヵ月のスケールで電力の使用パターンを把握できる。例えば、昼間、夜間、早朝という3つの電気料金が異なる時間帯があれば、時間帯ごとの電力量を表示する(図6)。なお、時間帯の設定は管理者だけが行える。

(2) スマートメータとの通信状態確認

検針システムの立ち上げ段階で、検針コントローラとスマートメータ間で通信確認しておかなければ、運用開始後に検針データ欠測などが発生する可能性がある。そのため、検針コントローラは、簡単な操作でスマートメータ1台ごとに通信を行い、通信可／不可表示、不可ならば原因の表示を行う接続確認機能を搭載した(図7)。

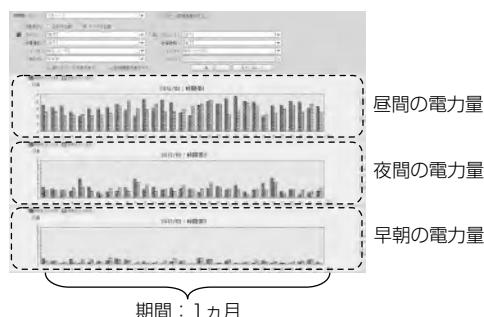


図6. 時間帯別グラフ画面



図7. スマートメータの接続確認画面

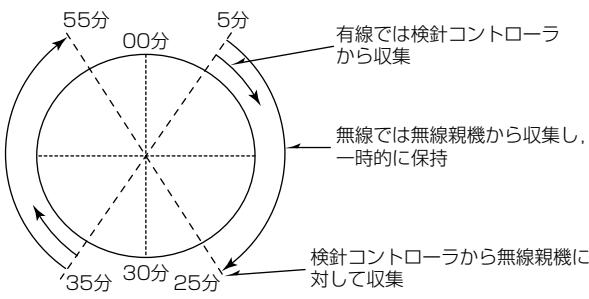


図8. スケジューリング

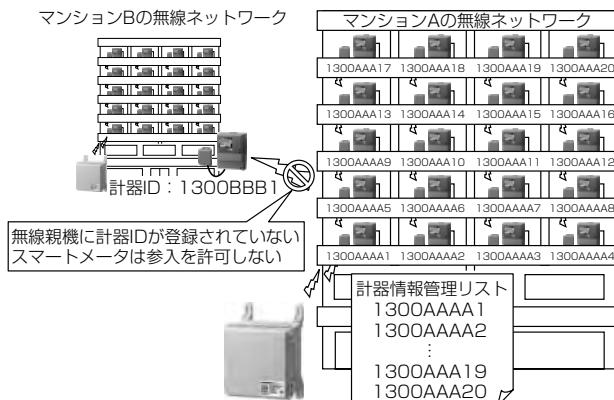


図9. 無線システム混信防止

3.2 有線・無線併用システム

検針システムで、有線又は無線によるシステム導入が考えられるが、無線システムでは、電波が届かないエリアなどがある場合、導入を断念するか、一部を目視検針で対応する必要がある。そこで、電波の届かないエリアなどに対応するため、無線システムと、有線システムとの併用を可能とした。

併用するシステムでは、次の共通化設計を図った。

- (1) 使用者に有線と無線を意識させない画面(スマートメータの設定、トレンドグラフなど)の共通化を図った。
- (2) 有線又は無線システム単独の場合と併用した場合の検針コントローラのソフトウェア処理共通化を実現する電力指示値の収集スケジューリングを行った(図8)。

スマートメータの電力量指示値は、毎時00分及び30分に確定する。有線の場合、検針コントローラは毎時05分及び35分からスマートメータの電力量指示値の収集を開始し、無線では、無線親機が毎時05分及び35分から収集を開始し、取得した電力指示値を一時的に保持する。20分経過後、検針コントローラから無線親機の収集した全ての電力量指示値を取得することによって単独又は併用を意識することなく、処理を行うことができる。

4. 無線機器の特長と製品化の技術

4.1 隣接した建物間の無線システム混信防止

無線システムでは、通信信頼性確保のため無線メッシュネットワークを適用している。しかし、既に設置された無線親機及び無線子機によって構築された無線メッシュネットワークが存在する場所で、新たに無線システム導入のた

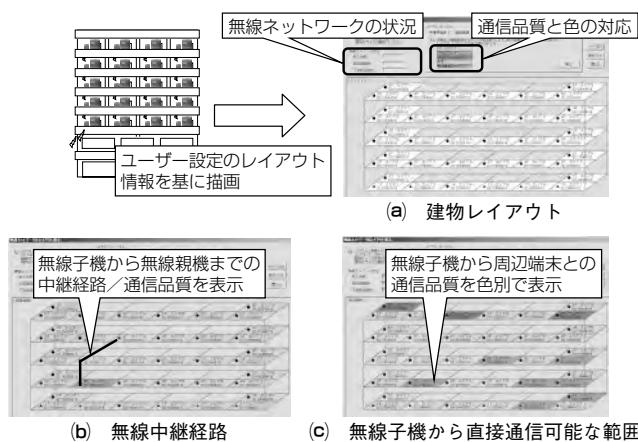


図10. レイアウト表示

め無線子機が設置されると、直接電波が届く範囲であれば、意図しない既設の無線メッシュネットワークへ参入してしまう可能性がある。

そこで、無線メッシュネットワークごとに運用業務で使用するスマートメータの計器IDを、無線親機にあらかじめ登録(機器情報管理リストとして複数の計器IDを登録)し、登録されていないスマートメータに接続された無線子機からネットワークへの参入を許可しないことで、隣接した建物間での混信防止を図った(図9)。

4.2 無線システムのメンテナンス

システム導入後、高圧一括受電サービス事業者などで無線システムのメンテナンスが容易に行えるように、無線通信状態の見える化が可能な運用保守ツールを開発した。

- (1) 建物レイアウトを表示

無線機器を設置するマンションの各階、部屋ごとの位置情報を入力し、レイアウトを表示(図10(a))。

- (2) 無線中継経路の見える化

図10(a)のレイアウトに合わせて、無線子機から無線親機までの無線中継経路について、けい線によって無線区間ごとの通信品質情報を把握できるように表示(図10(b))。

- (3) 無線子機から直接通信可能な範囲の見える化

図10(a)のレイアウトに合わせて、対象の無線子機から周辺にある直接通信可能な無線子機との通信品質状態を表示(図10(c))。

これらの機能を用いて、設置した無線機器の無線通信状態確認や、無線通信異常が発生した場合の対応等、高圧一括受電サービス事業者などが容易に無線システムのメンテナンスをできるようにした。

5. むすび

スマートメータ、検針コントローラ、無線機器と組み合せた検針システムの提供によって、管理者の業務効率化や入居者へのサービス向上が期待できる。

今後は、スマートメータの機種拡充や商業施設などへの展開を図っていく所存である。

エネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight”

松岡靖教*

Energy Measuring Unit "EcoMonitorLight"

Yasunori Matsuoka

要 旨

近年、省エネ法改正による事業者単位のエネルギー管理の導入に伴い、エネルギーの計測管理ポイントは、分電盤から生産ライン・生産設備レベルの制御盤へと細分化しつつある。この状況下，“とりあえず簡単に電力消費量を把握したい”という要望に応えるため、低成本でお手軽にエネルギーの見える化を実現する、表示一体型のエネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight”を開発した。主な特長は次のとおりである。

(1) お手軽・低成本計測

液晶ディスプレイの内蔵によって、エネルギー計測に必要な設定・計測・表示が1台で可能。用途に合わせて2機種(経済品／高機能品)をラインアップ。

- (2) MODBUS^(注1) RTU(Remote Terminal Unit)(RS-485)
通信標準搭載

上位システム(シーケンサなど)や表示器(GOT)と接続し、MODBUS RTU通信によってエネルギーの管理が可能。

- (3) オプションユニットによる計測用途の拡張

ロギングユニットによって、エネルギー計測ユニット(経済品／高機能品)で計測した各種エネルギー(電力量、電流、電圧等)データをCSV(Comma Separated Values)ファイル形式でSDメモリカードに出力し、簡易データ管理することが可能。また、通信ユニット("B/NET"伝送対応品・"CC-Link"通信対応品)によって、B/NETやCC-Linkのネットワークシステムに拡張することが可能。

(注1) MODBUSは、AEG Schneider Automation Inc. の登録商標である。

Eco Monitor Light



EMU4-BD1-MB
(経済品)



EMU4-HD1-MB
(高機能品)

三菱エネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight”

生産ライン、生産設備等の各種エネルギー(電力量、電流、電圧等)を計測・表示するエネルギー計測ユニットである。MODBUS RTU通信機能を標準搭載しており、上位システム(シーケンサなど)と接続することで、エネルギーの管理が可能となる。また、オプションユニットを接続することで、SDメモリカードへのロギングデータ出力や、B/NET伝送・CC-Link通信システムへの接続が可能となる。

1. まえがき

近年、省エネ法改正による事業者単位のエネルギー管理の導入に伴い、生産現場における省エネルギーへの取組み強化が求められている。また、原子力発電所停止に伴う火力発電の燃料費大幅増加による電気料金高騰の影響もあり、節電対策のためのピーク電力カットによる使用電力の削減や使用電力の見える化による電力消費量監視のニーズが高まっている。これに伴い、計測管理ポイントは、分電盤から、生産ライン、生産設備レベルの制御盤へと細分化しつつある。

三菱電機は、“とりあえず簡単に電力消費量を把握したい”という要望に応えるため、低コストでお手軽にエネルギーの見える化を実現する、表示一体型のエネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight”を開発した。

2. EcoMonitorLightの概要

2.1 特長

(1) お手軽・低コスト計測

液晶ディスプレイ内蔵によって、エネルギー計測に必要な設定・計測・表示が1台で可能になる。用途に合わせて2機種(経済品／高機能品)をラインアップしている。

(2) MODBUS RTU(RS-485)通信標準搭載

エネルギー計測ユニット本体内蔵のMODBUS RTU通信によって、シーケンサや表示器(GOT)と接続し、エネルギー管理を行うことができる。シーケンサで、エネルギーデータを生産情報などと一元管理することによって、生産設備ごとのエネルギー消費量計測や、リアルタイム計測による設備の予防保全、生産情報とリンクした品質管理指

標への活用などが可能になる。

(3) オプションユニットによる計測用途の拡張

ロギングユニット“EMU4-LM”をエネルギー計測ユニット本体に増設することで、SDメモリカードへエネルギーデータを保存することができる。

また、通信ユニット(B/NET伝送対応品“EMU4-CM-B”, CC-Link通信対応品“EMU4-CM-C”)をエネルギー計測ユニット本体に増設することで、B/NET伝送・CC-Link通信が可能となり、当社省エネデータ収集サーバ“EcoServerⅢシステム”(図1)でエネルギーの見える化を実現し、計測データの簡単分析が可能になる。

2.2 仕様

エネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight”的主な仕様を表1に示す。簡単に低成本で計測を始めたい顧客向けの“経済品”と、高調波計測、警報監視、上下限監視、警報出力やパルス入出力を行いたい顧客向けの“高機能品”の2機種をラインアップした。また、オプションユニットは、3機種(ロギングユニット、B/NET通信ユニット、CC-Link通信ユニット)をラインアップした。

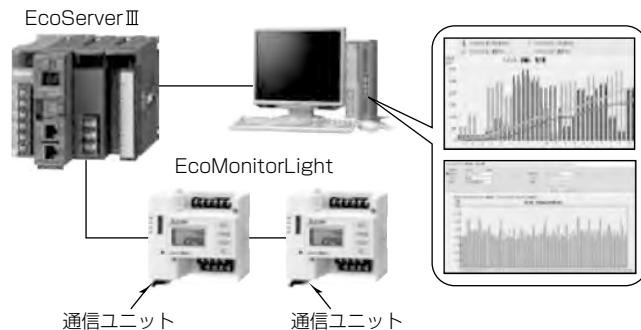


図1. EcoServerⅢシステムによるエネルギーの見える化

表1. エネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight”的仕様

項目		仕様	
形名	EMU4-BD1-MB(経済品)	EMU4-HD1-MB(高機能品)	
相線式	単相2線式、単相3線式、三相3線式(設定切換)	単相2線式、単相3線式、三相3線式、三相4線式(設定切換)	
計器定格 電圧回路	単相2線式、三相3線式	AC110V, 220V 共用	AC110V, 220V, 440V 共用
	単相3線式	AC110V(1~2線間, 2~3線間), AC220V(1~3線間)	
	三相4線式	—	最小AC63.5V/110V, 最大AC277V/480V
電流回路	AC5A, AC50A, AC100A, AC250A, AC400A, AC600A(専用分割形電流センサを使用。いずれも電流センサ一次側の電流値を示す。AC5A用電流センサは変流器(CT)と組合せた2段構成で使用し、一次側電流値は6,000Aまで設定可能)		
周波数	50Hz/60Hz(周波数自動判別)		
補助電源定格	AC100V~240V(+10%, -15%) 50Hz/60Hz		
計測回路数	1回路		
本体許容差	電流、電圧、電力、無効電力、皮相電力、周波数: ±1.0%(定格入力に対して)		
	力率: ±3.0%		
	電力量: ±2.0%(定格の5~100%範囲、力率=1)		
	無効電力量: ±2.5%(定格の10~100%範囲、力率=0)		
データ更新周期	250ms ※電力量、無効電力量の累積は常時(短サイクル負荷変動にも追随)		
外部入力	—	パルス入力/接点入力 1点	
外部出力	—	パルス出力/接点出力 1点	
通信方式	RS-485(MODBUS RTU通信)		
停電補償 記憶項目	設定値、電力量(消費、回生)、無効電力量、期間電力量、パルスカウント値、稼動時間(不揮発性メモリでバックアップ)		
外形寸法(単位:mm)	75(W) × 90(H) × 75(D)(突起部を除く、突起部を含めた最大寸法: 79(W) × 90(H) × 75(D))		

3. 製品化のための技術

3.1 ロギングユニット(オプション)

“簡単に計測データを保存したい”という要望に応えるため、SDメモリカードにエネルギーデータを保存可能なロギングユニット“EMU4-LM”を開発した。

3.1.1 ロギングユニット仕様

ロギングユニット“EMU4-LM”的ロギング仕様を表2に示す。ロギングモードは、設定完了後、ただちにロギング動作を開始する“自動更新モード”と、設定したロギング開始時刻経過でロギング動作を開始する“日時指定モード”的2パターンとした。

3.1.2 ロギング動作

計測データ(エネルギーデータ)をSDメモリカードへ保存する場合、計測データを直接SDメモリカードへ書き込むと、SDメモリカード交換時(未装着時)にロギングデータが欠損する問題があった。また、SDメモリカードの常時装着は、外部記憶媒体のセキュリティ面で、ユーザーに敬遠されるケースがあった。この問題を解決するため、ロギングユニットは、エネルギー計測ユニット本体から取得した計測データをロギングユニットの内部メモリに詳細データ(1秒~30分から選択)と1時間データの2種類の形式で一旦記憶し(図2)、SDメモリカード装着時、ロギングデータを出力する仕様とした。

表2. ロギングユニットのロギング仕様

項目	仕様
ロギングモード	自動更新モード 設定完了後、即ロギング動作開始
	日時指定モード 設定開始時刻経過でロギング動作開始
ロギングデータ種別	詳細データ 設定した詳細データロギング周期(1秒／1分／5分／10分／15分／30分)で計測データを記憶
	1時間データ 1時間周期で計測データを記憶
ロギング要素数	詳細データ 1秒周期：最大4要素、1秒周期以外：最大10要素
	1時間データ 最大10要素
内部メモリロギング期間	詳細データ 1秒周期：20時間、1分周期：20日、5分周期：100日、10分周期：200日、15分周期：300日、30分周期：600日
	1時間データ 620日
SDメモリカード(2 GB)ロギング期間	詳細データ 1秒周期：10ヶ月、詳細データ1秒周期以外：10年以上、1時間データ：10年以上
システムログデータ	3,600レコード
データ出力形式	CSV形式(ASCIIコード)

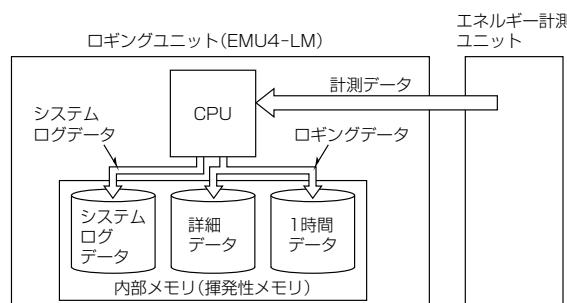


図2. ロギング動作

SDメモリカードへ出力するロギングデータは、パソコンでデータ分析や帳票作成用途に使用するため、容易に編集可能なデータとする必要があった。このため、SDメモリカードにはCSVファイル形式のロギングデータを出力する仕様とした。ロギングデータ出力を図3に示す。ロギングユニットの内部メモリに記憶したロギングデータとシステムログデータを、CPU(SDメモリカードドライバ、ファイルシステム搭載)内でロギングデータファイル(詳細データ／1時間データ／1日データファイル)とシステムログデータファイルに変換する。ロギングユニットのCPUは、ロギングデータファイルとシステムログデータファイルをSDメモリカードへCSVファイル形式で出力する。

3.1.3 ロギングユニット設定の簡素化

- (1) “電力量などの計測データを保存するための設定を簡単に行いたい”という要望に応えるため、現在時刻設定だけで、基本的な要素(電力量、電流、電圧、電力等)をロギング動作可能な仕様とした。工場出荷時設定(ロギングモード：自動更新、詳細データ：1分周期)で動作する。
- (2) 外部記憶媒体のセキュリティ面で、ロギングユニットにはSDメモリカードを装着せず、定期巡回時に、1枚のSDメモリカードで複数台のロギングユニットのロギングデータを収集したいという要望があった。ロギングユニットごとにロギングユニットIDを設ける(エネルギー計測ユニット側で、IDを設定する)ことで、ロギングユニットID(1～255)ごとのIDフォルダが生成され、1枚のSDメモリカードで、複数台のロギングデータを収集(図4)可能な仕様とした。

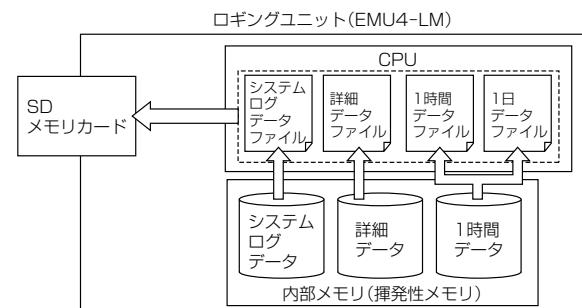
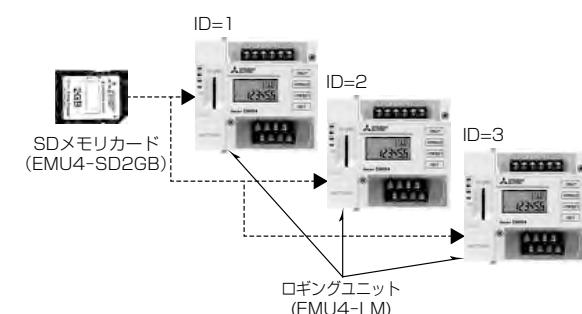


図3. ロギングデータ出力



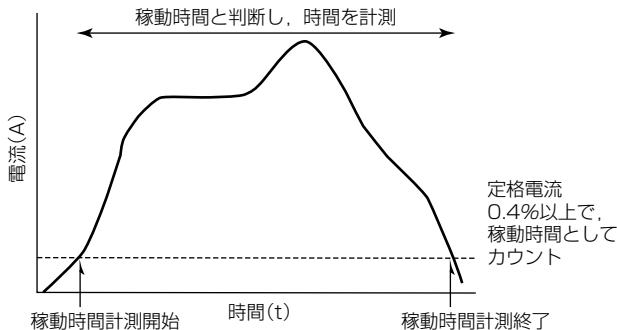


図 5. 稼動時間計測

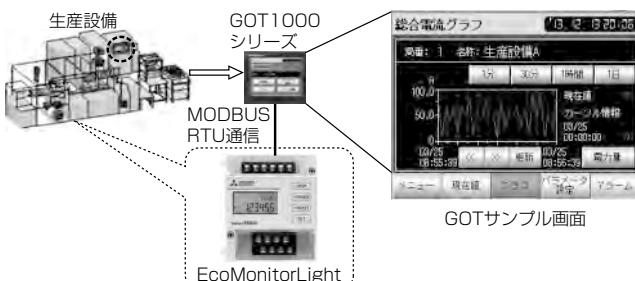


図 7. 表示器(GOT)によるデータの見える化

3.3 エンジニアリング環境整備

3.3.1 専用ソフトウェアによるデータ収集

遠隔地からエネルギーデータをオンライン収集する場合、省エネデータ収集サーバEcoServerⅢシステムで実現可能であったが、収集点数が少なく安価にシステムを構築したいユーザーにとっては、EcoServerⅢは高価なシステムであった。簡易的かつ低コストで、エネルギーデータを収集できるようにするために、MODBUS RTU通信対応のデータ収集ソフトウェア“EMU4-SW1”(三菱FAサイトから無償ダウンロード可能)を開発した。EMU4-SW1(図6)の特長は、次のとおりである。

- (1) 最大124項目の計測データをエネルギー計測ユニットから収集し、現在値表示が可能。
- (2) 指定周期(1分／1時間)で計測データをロギング可能。
- (3) ロギングデータをCSVファイル形式で出力。
- (4) 接続しているエネルギー計測ユニットの基本設定(相線式、一次電流、一次電圧等)が可能。

EMU4-SW1は、和文／英文対応であるが、他言語化、他機種追加時は、言語情報を含む機種定義ファイル追加によって、ソースコードを変更することなく、言語追加、機種追加が可能な構成とした。

3.3.2 表示器によるデータの見える化

製造現場でエネルギーの見える化や、生産性とエネルギー消費量の相関を管理できるようにするために、エネルギー計測ユニットにMODBUS RTU通信を搭載し、表示器(GOT)にダイレクトに接続できるようにした。また、GOTに不慣れなユーザーに対しても、GOTを活用してもらえるようにするために、当社“GOT1000シリーズ(GT14**-Q, GT1030)”用のエネルギー計測ユニット専用のサンプル画面(図7)を三菱FAサイトから無償ダウンロードできるようにした。

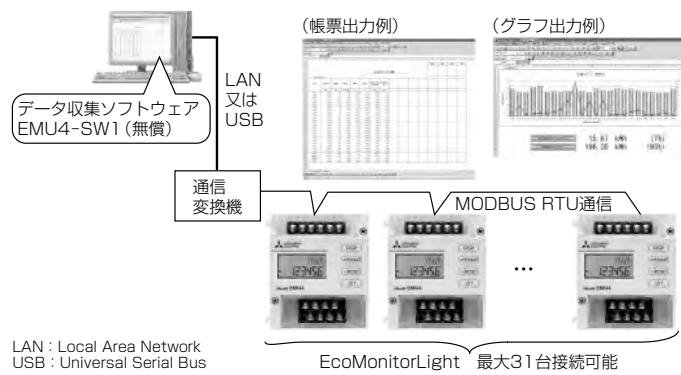


図 6. 専用ソフトウェアによるデータ収集

3.2 生産設備用途への適用

3.2.1 稼動時間計測

生産設備の寿命診断や予防保全用途で使用できるようになるため、電流計測(定格電流の0.4%以上)の時間を250ms単位で積算し、設備の稼動時間として時間単位(h)表示する機能(図5)を搭載した。稼動時間(h)は、MODBUS RTU通信によって、上位システムへ出力することも可能である。

また、機械装置／製造装置の実稼働に伴った稼動時間の計測を実現するため、エネルギー計測ユニット(高機能品だけ)への接点入力を稼動時間開始・終了のトリガーに設定し、稼動時間を計測できる機能を搭載した。

3.2.2 高精度計測

スポット溶接やろう付け溶接の電力使用は短時間の電力使用となるため、電力量は短サイクル負荷の連続計測を行わないと計測漏れになる可能性がある。エネルギー計測ユニットでは、約250μsのサンプリング周期で電力量を連続計測するため、短サイクル負荷も漏らさず計測し、精度の高い計測を実現した(計測値データの更新周期は250ms)。

3.2.3 海外規格対応

海外顧客及び海外向け機械装置組込用途での海外規格要求に対応するため、CE(Conformite Europeenne)マーキング、UL(Underwriters Laboratories)、KC(Korea Certification)マークの海外規格を取得した。

4. むすび

低成本でお手軽にエネルギーの見える化を実現する、表示一体型のエネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight”について述べた。

今後は、この製品の更なる機能向上及び製品ラインアップの充実化によって、顧客の省エネルギーに貢献していく所存である。