

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.83 No.4

2009 4

特集「最新のFA機器・産業加工機」



目次

特集「最新のFA機器，産業加工機」

21世紀におけるものづくりへの想い	1
岩田一明	
FA用モータ駆動システムの開発動向	2
田中健一	
汎用サーボにおけるサーボゲイン自動調整機能	7
若菜孝行・寺田 啓・竹居寛人	
簡単・小型インバータ“FREQROL-D700シリーズ”	11
吉村 学・加藤昌則	
スタンドアロンタイプのモーションコントローラ	15
三原 弘・安藤友典	
主軸+3軸サーボ一体型多軸駆動ユニット“MDS-DMシリーズ”	19
中村和幸・堤下洋治・林 良知	
新型三菱CNC“M700Vシリーズ”	23
宮武洋克・福市 潮	
新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”	27
小川 徹・中島誠治・中山美佐・池田 孟	
MELSEC計装による高性能・コンパクトな 現場型計装システム	31
坪根 亮	
省工数ユニットの拡充	35
跡部正則・山中孝彦・田川 隆	
GOT1000シリーズ新モデル“GT16”	39
有馬亮司	
高精度ワイヤ放電加工機“NAシリーズ”	43
菊地秀明・小野寺康雄・湯澤 隆	
新形彫放電加工機“EA-V ADVANCEシリーズ”	47
塩谷利弘	
新型プリント基板穴あけ用レーザ加工機“ML605GTF-5150U”	51
岩下美隆	
“W&WSシリーズ”ノーヒューズ遮断器・ 漏電遮断器用操作とって	55
川上兼弘・杉原和義・倉田康平・濱田哲也	
表面形電子式電力量計“M8UMシリーズ”	59
黒田淳文・戸板滋人・高橋秀宗	

Latest Technologies of Factory Automation(FA) Devices and Mechatronics Aiming at a New Paradigm of MONODZUKURI in the 21st Century	Kazuaki Iwata
R&D Activities Related to Motor Drive Systems for Factory Automation	Kenichi Tanaka
Servo Gain Auto-Adjustment Function for MELSERVO	Takayuki Wakana, Kei Terada, Hiroto Takei
Easy to Operate and Small-size Inverter “FREQROL-D700 Series”	Manabu Yoshimura, Masanori Kato
Standalone Type Motion Controller	Hiroshi Mihara, Tomonori Ando
Multi Hybrid Drive “MDS-DM Series”	Kazuyuki Nakamura, Yoji Tsutsumishita, Yoshitomo Hayashi
New Mitsubishi CNC “M700V Series”	Hirokatsu Miyatake, Ushio Fukuichi
New Frame Type Spindle Motor “SJ-D Series”	Toru Ogawa, Seiji Nakashima, Misa Nakayama, Hajime Ikeda
Compact and Sophisticated On-site System by MELSEC Process Control	Akira Tsubone
New and Improved Cost Saving Products	Masanori Atobe, Takahiko Yamanaka, Takashi Tagawa
Graphic Operation Terminal (GOT1000 Series) New Model “GT16”	Ryoji Arima
High Precision Wire-EDM “NA Series”	Hideaki Kikuchi, Yasuo Onodera, Takashi Yuzawa
A New Sinker EDM “EA-V ADVANCE Series”	Toshihiro Enya
New Laser Processing Machine for PCB Drilling “ML605GTF-5150U”	Yoshitaka Iwashita
Operating Handles for MCCB and ELCB of “W&WS Series”	Kanehiro Kawakami, Kazuyoshi Sugihara, Kouhei Kurata, Tetsuya Hamada
Surface-mounted Type Electronic Watt-hour Meters “M8UM Series”	Atsufumi Kuroda, Shigeto Toita, Hidemune Takahashi

特許と新案

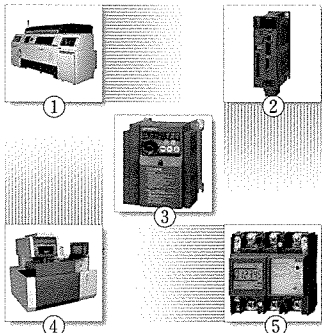
「プログラマブル表示器の表示制御方法及び表示制御装置」	
「機械の位置制御装置及び機械の位置制御システム」	63
「電子式回路遮断器の電源装置」	64

スポットライト マイクロスパークコーティング

表紙：最新のFA機器，産業加工機

FA機器・産業加工機は，市場ニーズの変化にタイムリーに対応する新製品の開発に取り組んでいる。

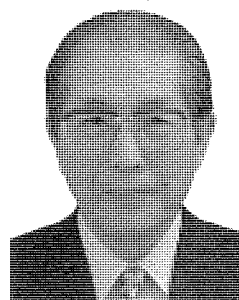
表紙写真はその一例を示す。①超高速ガルバノスキャナと新開発の4ビーム同時加工光学系の組合せによるパッケージ基板加工用の新プリント基板穴あけ用レーザ加工機，②モーションコントローラ本体に，電源・シーケンサ・モーションコントローラ・同期エンコーダインタフェース・通信インタフェースを実装したスタンドアロンタイプモーションコントローラ，③スプリングクランプ端子台搭載による簡単配線，欧州安全規格への対応，汎用磁束ベクトル制御によるクラス最高水準の性能を実現した簡単・小型インバータFREQROL-D700シリーズ，④新加工電源“DigitalV電源”と高速光通信を用いた“オプトドライブシステム”によって，更なる微細・高精度加工を実現した高精度ワイヤ放電加工機NAシリーズ，⑤柔軟な分電盤設計が可能，設置時の誤結線が容易に判別可能などより使いやすく進化した表面形電子式電力量計M8UMシリーズである。



21世紀におけるものづくりへの想い

Aiming at a New Paradigm of MONODZUKURI in the 21st Century

岩田一明
Kazuaki Iwata



2008年に顕在化した国際的同時不況と先行き不透明感の中にあっても、我が国におけるものづくりの重要性は外貨獲得面の役割からみて疑う余地もない。これまで各企業ではものづくりの競争優位を築くため、製品開発から消費・廃棄・再利用のライフサイクルにわたって、開発・改善・改良が絶え間なく続けられてきた。例えば、生産・情報通信・流通など基盤となる技術や、知識と企業のビジネスアーキテクチャとの mismatches を解消する シュムペータ流のイノベーションである。その背景となる規範は、コスト・利潤や生産性などに基づいた経済性指標がベースとなっていた。続いて、製造業と顧客との適正なマッチングを意図した顧客満足規範が経済性規範と重畳する形で指向されるようになった。これらの事象は、一つの規範が成熟段階に近づくと、それまで内在していた諸問題が表出化し、その解消への動きが顕在化してくることを物語っている。現状に満足して固執・停滞することは、次の競争段階では脱落の憂き目にあうことを示唆しているといえよう。

顧客や消費者のニーズに対応するため、ものづくり企業は新規な製品の創成、製品情報の詳細化、実物への情報の転写など、脳内、情報、物理の3世界のフィードバック、フィードフォワードを含む循環システムを創出し、実行してきた。脳内世界ではアイデアを生み出す仕組み構築技術が、情報世界では脳内で作られたアイデアを設計情報に具現化させる情報技術が、また物理世界では情報に基づいて実物を実現させる要素技術などが重視された。要素技術の動きでは、例えば、2005年から開始された“ものづくり日本大賞”をみると、微細／精密化、小型化、高精度化、高機能化、高度自動化、省エネルギー化、低環境負荷化、安全化、高生産性、低コスト化など多種多様なキーワードが含まれている。また、従来の重厚長大から軽薄短小への技術イノベーションの流れでみると、“優柔賢極”(優しく、柔らかく、賢く、極限的な)の方向が浮かび上がってくる。

21世紀を展望するとき、筆者は少なくとも次の3つの視点に着目したいと思う。一つは、ものづくりを取り巻く諸環境の複雑化、グローバル化と不確実さの増大に起因する

リスク、すなわち戦略的リスクの問題である。これには、顧客の行動や競合企業の変貌(へんぼう)、また市場の成熟と縮小化などはもちろんのこと、重みを増しているのが、為替リスク、資源リスク、国際政治リスクなどの各企業への根源的影響である。二つは、これまで外部環境として所与の条件とされた、地球環境や資源などの外部系を陽に考慮する国際的共通認識の問題である。その背景には、自然の自己同一性回復機能を破壊する“もの”の可能性が現実の問題となってきたことが挙げられる。具体的な動きとしては“sustainable manufacturing”, 日本語では“持続可能なものづくり”である。三つは、過去のものづくりが依拠した、物理則に基づく科学技術をベースとした解決手法に限界が見え始めた点である。例えば、人間を含む系では、生物の遺伝子によるプログラムの構成を包含させた、いわゆる物理層と生物層の統合系を考えねばならない。一步進めて、社会問題も含む系になると、法律や規則などの設計という人間層がかかわり、そこからは、物理層・生物層・人間層の統合を視野に入れねばならなくなる。まさに新科学論と呼ぶべき問題が浮上する。

今後における“戦略的リスクを考慮したものづくり”“sustainabilityパラダイムに適合するものづくり”“物理層・生物層・人間層を融合した新しい科学の要請とものづくり”に対して、我々はどうのような知識と知恵を創出していけばよいのだろうか。最近、強調されているConverging Technology(CT, 先端科学収斂(しゅうれん))はその一例となろう。また、物理層・生物層・人間層を統合した新科学論も一道標である。また、戦略的リスク対応ものづくりは今後の企業経営にとって最優先すべき課題という思いに駆られる。このような大転換期を迎えた21世紀のあるべき姿を模索する一つの試みとして、“21世紀における文化としての設計科学と生産科学”と命名した研究が2009年4月から立ち上がる予定である。人間の英知が問われる世紀に、研究・開発を始め、すべての関係者が毅然(きぜん)として立ち向かうことへの願いを込めて。



田中健一*

FA用モータ駆動システムの開発動向

R&D Activities Related to Motor Drive Systems for Factory Automation

Kenichi Tanaka

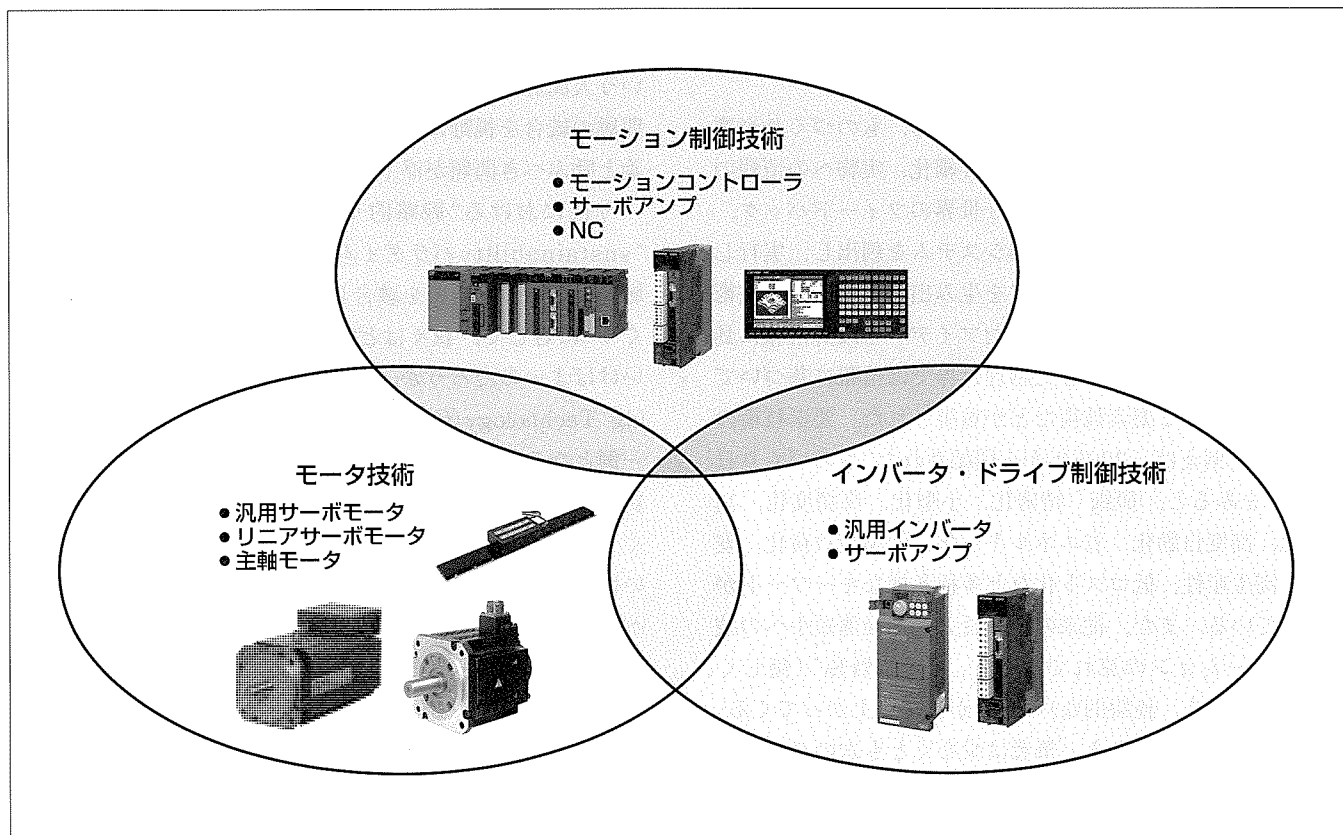
要旨

工作機械や半導体製造装置、搬送機などの産業機械は、基盤ツールとして種々の工業製品を生み出す生産インフラを構成しており、高精度化・高速化・高能率化を目指した開発が進められている。これらの産業機械の駆動源として用いられるFA用モータ駆動システムは、下の図に示すようにワークを駆動するモータ部、モータを駆動するインバータ・ドライブ制御部、機械装置の要求に合わせて更に上位で制御するモーション制御部とからなり、機器の小型・高性能化、制御性能の向上に加えて、使いやすさの向上が求められている。

モータには、工具主軸を駆動する主軸モータ、半導体製造装置や実装機の駆動に用いる汎用サーボモータ、リニアサーボモータなどがあり、各々について省エネルギー、高信頼性、小型・軽量化及び低発熱化などの要求にこたえるために開発が行われている。汎用インバータやサーボアン

プなどのインバータ・ドライブ制御については、高性能パワーデバイスの開発とともに小型・低騒音化が進み、モータ駆動制御に関しては省エネルギーのための無効電流制御技術、高効率な永久磁石モータを従来の誘導モータと同様に簡単に駆動する技術などが開発されている。モーション制御は、機械剛性が低い場合でも残留振動を抑制しつつ動作時間を短縮する制御技術や、自動調整機能を備えた振動抑制制御、又はNC装置では金型や精密部品などの高品位加工のため1nm単位の制御を行う完全ナノ制御などに加え、5軸加工に必要な工具先端点制御等の各種5軸制御、高品位で高速な加工を実現する三菱電機独自のSSS (Super Smooth Surface)制御などが開発されている。

本稿では、このようなモータ駆動システムの開発動向について、当社のコア技術とともに述べる。



三菱電機のFA用モータ駆動システム

FA用モータ駆動システムを構成する要素技術であるモータ技術、インバータ・ドライブ制御技術とモーション制御技術について、当社の代表製品とともに示す。

1. ま え が き

当社では、工作機械や搬送機などのFA用途に用いるモータ駆動システムを幅広く製品展開しており、顧客の幅広いニーズにこたえるために製品開発を行っている。本稿では、その構成要素であるモータ、インバータ、モーション制御について技術開発動向を述べる。

2. モータの開発動向

工場の生産設備である工作機械、実装機、半導体・液晶・太陽電池製造装置、搬送機、包装機、印刷機、射出成形機、プレス機械、ロボットなど多くの産業機械でモータが使用されている。モータに求められる特性は機械装置によって様々であり、顧客の幅広いニーズにこたえるために、種々のモータが開発されている。ここでは代表例として主軸モータ、汎用サーボモータ、リニアサーボモータを採り上げ、各々に要求される特性と開発動向とを述べる。

2.1 主軸モータの開発動向⁽¹⁾

近年の工作機械は、複雑な形状の加工が可能な複合加工機など高付加価値を持つ高級機と、一般的な加工に対応した普及機との2極化が進んでいる。工作機械用の主軸モータは、枠付タイプとビルトインタイプの2種類に分類され、高級機にはビルトインタイプ、普及機には枠付タイプが主に用いられる。普及機の割合が高いアジア地域を中心に需要が増加している枠付タイプには、省エネルギー・省資源・軽量・高信頼性が求められている。

当社ではこうしたニーズにこたえるため、今後の枠付タイプの標準シリーズとなる新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”を開発した(図1(a))。SJ-Dでは、磁界解析を用いてスロット組合せの最適化、損失の要因分析と低減設計を行うことで、負荷運転時の電氣的損失を従来機種と比較して30%低減した。また、流体解析を用いた通風冷却構造の最適設計を行い、フレーム表面温度上昇を32%低減した。さらに、材料使用量を削減し、軽量材の採用と部品点数削減も実施した結果、製品質量の17%低減を達成した。

2.2 汎用サーボモータの開発動向⁽²⁾

産業機械の小型化・高速化・高性能化に伴い、機器に搭載されるサーボモータにも小型化・高速化・高性能化が求められている。

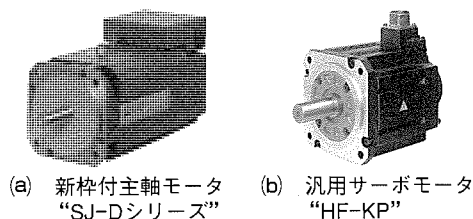


図1. 新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”と汎用サーボモータ“HFシリーズ”の外観

このような要求にこたえるため、当社ACサーボモータ“HFシリーズ”では、当社独自の“関節型ボキボキ鉄心”構造を採用し、高速高密度巻線による小型化と、磁気回路設計の最適化による高性能化の両立を実現している。またサーボモータの性能を最大限引き出す制御方式と、新開発小型高分解能アブソリュートエンコーダの搭載によって高速・高トルクを実現している。HFシリーズは現在、出力50W～7kWまでラインアップしており、ユーザーの多様な用途に対応するため、①小容量低慣性“HF-KP”(図1(b))、②小容量超低慣性“HF-MP”、③中容量中慣性“HF-SP”の3シリーズを展開している。

2.3 リニアサーボモータの開発動向

半導体・液晶関連装置や実装機、工作機械などを中心に、高精度化・高速化・高能率化の要求が高まっている。これに対し、ボールねじ駆動システムに比べて高速度・高加速度特性が得られ、かつバックラッシュや摩擦による応答誤差のない、高精度システムが構築可能なリニアサーボモータの採用が増えている。リニアサーボモータはワーク直下に配置され、モータの発熱が装置の精度低下の要因となり得るため、モータの小型化・低発熱化への要求がますます高まっている。

当社ではこのような小型・低発熱化要求にこたえるために、新型リニアサーボモータ“LM-Fシリーズ”を開発した。LM-Fシリーズでは、巻線を施した主極と巻線のない補極を交互配置した“分散集中巻方式”を採用した(図2(a))。全ティースに巻線を施す従来の集中巻方式(図2(b))では、同じ巻線スペースに異なる2相の巻線が配置されるため相间絶縁が必要であったが、開発した分散集中巻方式では、各々の巻線スペースに1相のみの巻線が配置されるため相间絶縁を不要とすることができ、巻線スペースの有効活用が可能となった。また、主極と補極のティースを嵌(は)め合わせて一体化し連結する新生産方式を開発し、これらの技術によって巻線密度を向上し、小型・低発熱化を実現した。

3. インバータ・ドライブ制御技術の開発動向

3.1 汎用インバータの開発動向

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、ハードウェアの小型化・高信頼化に向けた開発が進められてきた。ここでは汎用インバータのハードウェア技術について述べる。

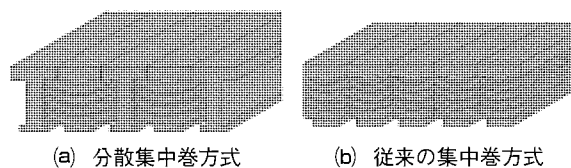


図2. 新リニアモータ“LM-Fシリーズ”の巻線方式

第一世代の汎用インバータが世に出てから今日までの間に、その寸法は実に1/10程度まで小型化された(図3)。キャリア周波数は当初の数kHzから14.5kHzまで高周波化され、汎用インバータの低騒音化に貢献した。こういったハードウェアの進化を支える最重要キーパーツがパワーデバイスである。第一世代の汎用インバータは、高耐圧のバイポーラトランジスタの開発によって実現した。バイポーラトランジスタはMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)に比べて高耐圧化に有利な反面、スイッチング損失が大きいと高キャリア周波数化ができず、電流駆動型のため駆動回路が大型化するなどの問題を抱えていた。一方、MOSFETはユニポーラ型かつ電圧駆動型という利点がある反面、高耐圧化するとオン抵抗が著しく増大し、汎用インバータには適用できなかった。IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)は、バイポーラトランジスタの課題を解決するため開発された電圧駆動型デバイスであり、高キャリア周波数化と駆動回路の大幅な簡素化を可能とした。IGBTは第一世代のプレーナゲート構造から現在のトレンチゲート構造(第五世代)へと進化し、駆動時のデバイス損失は、初期のバイポーラトランジスタと比べ約80%低減している(図4)。

一方、パワーデバイスの応用技術も着実に進化を遂げている。パワーデバイス性能を制約する要因として、短絡耐量、EMI(Electromagnetic Interference)、熱などが挙げられる。短絡耐量やEMIはデバイス特性だけでなく、モジュールやインバータの配線構造の影響を強く受ける。不用意な配線は、電磁干渉によるゲート電圧変動に伴う短絡耐量低下や、EMI増大の原因となる。近年、インバータやパ

ワーモジュールの配線設計に電磁界解析が活発に適用されており、例えば電磁干渉を考慮したパワーモジュールの動特性解析が報告されている。熱設計に関しても、有限要素法による三次元熱解析や、デバイスの温度特性を考慮した電気・熱連成解析の適用が進んでおり、設計技術の高度化がさかんに進められている。また実装技術では、はんだ材料のPbフリー化技術が確立し、RoHS(Restriction of the use of the certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)指令に適合したインバータも製品化されている。

汎用インバータはこれまで、パワーエレクトロニクス技術の牽引(けんいん)役を果たしてきた。次世代のパワーデバイスとしてSiCデバイスの開発も活発に行われている。“より高性能・より小型・より高機能・より高品質”が汎用インバータの永遠の課題であり、今後も進化していくに違いない。

3.2 ドライブ制御技術の開発動向

3.2.1 省エネルギー性能の向上

インバータ機器は、出力する電圧や周波数を自在に変換でき、モータを可変速駆動して負荷に最適な回転数、トルクで運転できるため、省エネルギー効果が大きい。さらに近年では、永久磁石(PM)モータの適用やモータ最大効率制御方式など、より高効率な駆動技術が実現されている。

PMモータは、誘導モータと異なり回転子損失がほとんど発生しないためにモータ効率がよく、省エネルギー性に優れる。また制御技術の進歩によって、従来必要であった回転角センサを不要とするセンサレス制御が可能となり、誘導モータと同様の使いやすさが実現しつつある。当社では、PMモータ“MM-EFシリーズ”と、そのドライブユニット“FREQROL-FPシリーズ”を製品化している⁽³⁾。図5に、当社誘導モータとPMモータの定格出力時の効率比較を示す。この図から、PMモータの優れた省エネルギー性能が理解できる。

一方、モータ制御による省エネルギー性向上への取り組みも行われている。モータ電流は、実際に仕事を行う有効電流と、それ以外の無効電流とに分けられるが、無効電流を最適に制御することでモータ効率を改善できる。誘導モ

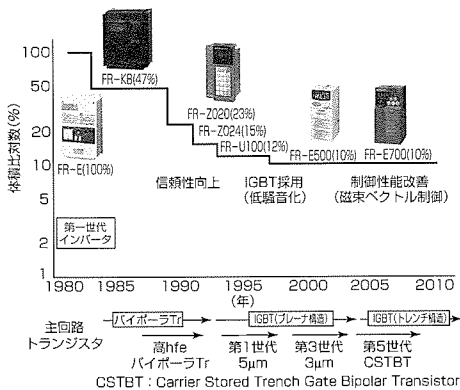


図3. 汎用インバータ小型化の推移

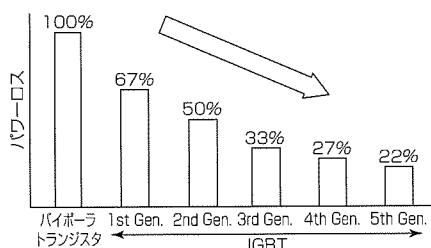


図4. パワーデバイス損失の変遷

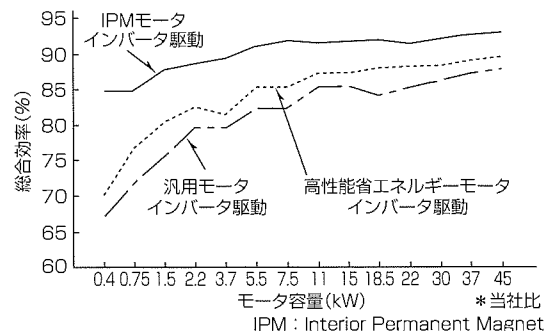


図5. 永久磁石(PM)モータと誘導モータの効率比較

ータではトルク変換を行うのに無効電力が不可欠であることが知られているが、無効電流を負荷に応じて変化させることで、モータ損失が最小化できる。また、基本的には無効電流なしで運転するPMモータについても、実際のモータの磁気特性のために無効電流を流した方が効率を改善できる場合がある。当社のインバータ各機種にはこの無効電流最適化技術が適用されており、最適化アルゴリズムの改良や、最適運転状態への応答性の改善などの改良が継続的に行われている。

3.2.2 モータ駆動性能の向上

インバータ駆動される動力用誘導モータは通常、回転センサを用いずに駆動制御される。実用化当初のインバータでは簡便なV/f制御が用いられていたが、制御のデジタル化とコントローラ能力の向上によって、センサレスベクトル制御や当社独自の磁束ベクトル制御など、より高度な制御方式が適用可能になった。その結果、制御速度範囲は当初の1:10から近年は1:200まで向上しており、それに伴ってインバータ駆動の適用分野も、従来のファンポンプ用途から搬送・昇降・工作機械などへと広範囲に拡大しつつある。

当社では、インバータ内部のモータモデルによってモータ磁束を推定する適応磁束オブザーバを用いて、回転センサなしにベクトル制御系を構成して高精度な速度制御やトルク制御を実現する“リアルセンサレスベクトル制御”を開発し、“FREQROL-A700シリーズ”に適用した⁽⁴⁾。制御系の構成を図6に示す。この制御の適用によって正確な速度制御系が設計可能になり、制御応答は従来の磁束ベクトル制御の約5倍となる120rad/sまで向上した。今後も引き続き、誘導モータのみならずPMモータを含めて、センサレス制御系のより一層の性能向上に向け、開発を進めていく。

4. モーション制御の開発動向

モーション制御技術は、産業機械などのメカニカルシステムを機械ごとの要求仕様を満たすように制御する技術であり、高速化、高精度化といった性能向上とともに使いやすさが求められている。ここでは、様々な産業機械の駆動制御に用いられる汎用サーボと、工作機械の制御に用いるCNC(Computerized NC)モーション制御技術の開発動向

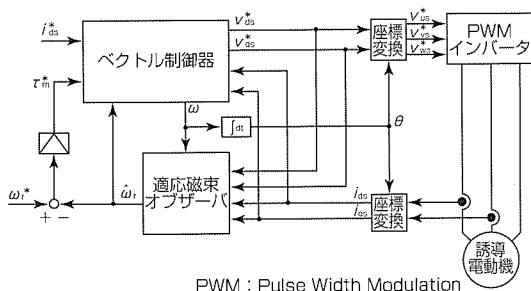


図6. 適応磁束オブザーバを用いた制御系の構成

を述べる。

4.1 汎用サーボのモーション制御技術

汎用サーボは、実装機、半導体・液晶・太陽電池製造装置、搬送機、包装機、印刷機、射出成形機、プレス機械、ロボットなど多くの産業機械で使用されている。搬送機に適用した場合のサーボシステム全体構成例を図7に示す。次に、サーボシステムを構成する各要素であるモーションコントローラ(指令生成部)、サーボアンプ(サーボ制御部)、調整ソフトウェア(制御系調整機能)のそれぞれにおける開発動向を述べる。

4.1.1 指令生成部の開発動向

実装機、半導体製造装置、搬送機などのアプリケーションでは、機械剛性が低い場合でも、残留振動を抑制しつつ動作時間を短縮することが望まれる。そこで、指令値を移動距離に応じて振動を励起しないように自動的に整形する新しい指令生成方式を開発した。新指令生成方式を用いた実験結果の例を図8に示す。

4.1.2 サーボ制御部の開発動向

サーボ制御部でも振動を抑制しながら動作時間を短縮するため、自動調整機能を備えた振動抑制機能である“アドバンス制御⁽⁵⁾”に加えて、機械端のセンサ情報を活用する“加速度フィードバック制御”“フルクロード振動抑制制御”を開発している。サーボ制御部では振動と外乱を同時に抑制するとともに、調整を容易にすることも注力している。例えば図9の加速度フィードバック制御では、通常制御に加えて調整が必要なパラメータは加速度フィードバックの1パラメータのみである。

4.1.3 制御系調整機能の開発動向

サーボシステムに対しては、高い制御性能に加えて、そ

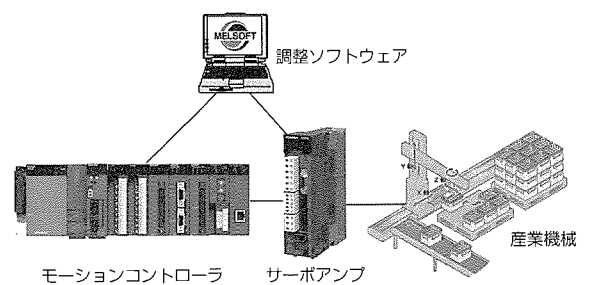


図7. 汎用サーボ採用システム構成例

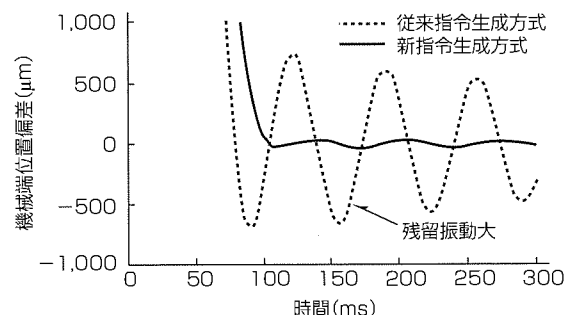


図8. 新指令生成方式による振動抑制効果

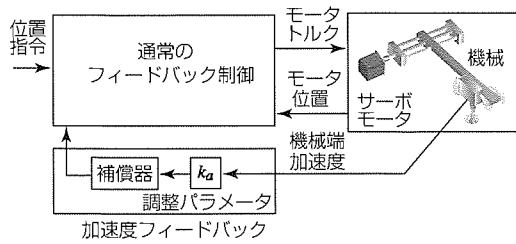


図9. 加速度フィードバック制御

れを容易に実現できることも望まれる。そこで、機械の周波数応答を利用した制御系の調整技術やシミュレーション技術を活用し、だれでも短時間で熟練者並みの調整を行えるアドバンストゲインサーチ機能を開発した。アドバンストゲインサーチでは、停止位置によって特性が異なる機械の調整を短時間で行う機能なども備えている。

4.2 NCのモーション制御技術

工作機械の制御装置である数値制御装置(NC)は、加工プログラムに従って工作機械の動きを正確に制御し、所望の加工物をより高精度かつ短時間で加工することが求められる。特に近年、航空機部品や一体化部品などの複雑形状部品の増加や、段取り替え時間を含めた加工リードタイム短縮要求の強まりを背景として、5軸加工機や複合加工機の需要が拡大している。さらに金型や精密部品といった、高品位加工への5軸加工の適用も広がってきている。

高速、高精度、高品位な5軸加工の実現には、複雑で高速な制御演算を実現する高性能NCシステム技術と、機械の動きを高度に制御する高性能制御技術の両方が必要となる。当社ではこれら両方の技術を開発し⁽⁶⁾、最新のNCである“CNC M700Vシリーズ”に搭載している(図10)。

高性能NCシステム技術として、最先端のハードウェア技術によって、プログラム指令からサーボ制御までトータルで1nm単位の制御を行う“完全ナノ”制御を実現しつつ、微小線分処理能力を135kBPM(k Block Per Minute)から151kBPMに向上させて高速化を図った。これによって高性能ドライブと合わせてトータルに高い基本性能を実現した。

また高性能制御技術として、5軸加工に必要な工具先端点制御等の各種5軸制御、高品位で高速な加工を実現する当社独自のSSS制御、各種の機械誤差を補正する当社独自のOMR(Optimum Machine Response)制御を開発している。

特にM700VシリーズではSSS制御を同時5軸加工に対応するように改良したSSS-3G(3rd Generation)を新たに開発した。SSS-3Gでは、同時5軸加工で大域的な形状認識と回転軸の移動指令の平滑化によって、加工物に対する工具先端点の送り速度や工具姿勢の角速度を滑らかに制御することで、高品位な加工面が得られる。また不要な減速をなくす制御を行うことで、加工時間が5~50%程度短縮される。

図11に、SSS-3G適用時の加工結果を従来方式と比較し

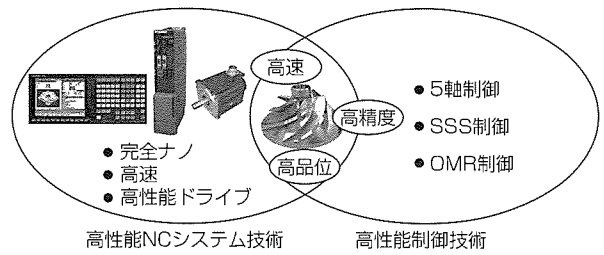


図10. M700Vシリーズによる高速高精度高品位加工

加工物素材	アルミニウム合金(A7075P)
工具	超硬ボールエンドミル(φ3.0, 2枚刃)
送り速度	1,500mm/min
主軸回転数	10,000r/min

拡大写真	従来方式(SSS-3Gなし)	新方式(SSS-3Gあり)
	加工面にむらがあり 光沢なし	加工面にむらがなく 光沢あり
	加工時間：70分32秒	加工時間：53分28秒

図11. SSS-3Gによる加工結果

て示す。ここではテーブルチルト型の5軸加工機を用い、工具先端点制御による同時5軸加工プログラムによって加工を行った。この制御によって光沢のある加工面が得られ、かつ加工時間を約24%短縮した。

5. むすび

工作機械や半導体製造装置、搬送機などの産業機械に用いるモータ駆動システムについて、技術開発動向を述べた。今後も当社では、顧客の機械装置の更なる高精度化・高速化・高能率化に貢献するため、機器の小型化、制御性能の向上とともに、使いやすさの向上を実現していく。

参考文献

- (1) 小川 徹, ほか: 新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”, 三菱電機技報, 83, No.4, 263~266 (2009)
- (2) 宮崎高志, ほか: 小型・高性能サーボモータ“HFシリーズ”, 三菱電機技報, 79, No.3, 185~188 (2005)
- (3) 谷本政則, ほか: 省エネルギードライブ“FREQROL-FP500J+IPMモータ”, 三菱電機技報, 79, No.11, 739~742 (2005)
- (4) 池田克司, ほか: 次世代高性能汎用インバータ“FREQROL-A700シリーズ”, 三菱電機技報, 79, No.11, 735~738 (2005)
- (5) 宮崎友宏, ほか: 新ACサーボアンプ“MR-J3シリーズ”, 三菱電機技報, 79, No.3, 181~184 (2005)
- (6) 佐藤智典, ほか: 超精密加工制御とそのソフトウェア技術, 機械の研究, 60, No.1, 73~80 (2008)

汎用サーボにおけるサーボゲイン自動調整機能

若菜孝行*
寺田 啓*
竹居寛人*

Servo Gain Auto-Adjustment Function for MELSERVO

Takayuki Wakana, Kei Terada, Hiroto Takei

要 旨

サーボ制御では、制御ループ内にユーザー装置の機械特性が含まれるため、サーボ制御パラメータを機械ごとに調整する必要がある。このサーボ調整のきによって装置駆動性能が決定されるため、限界性能を引き出せるようなサーボ調整が行えることは、製品の機能・性能と同様に非常に重要である。

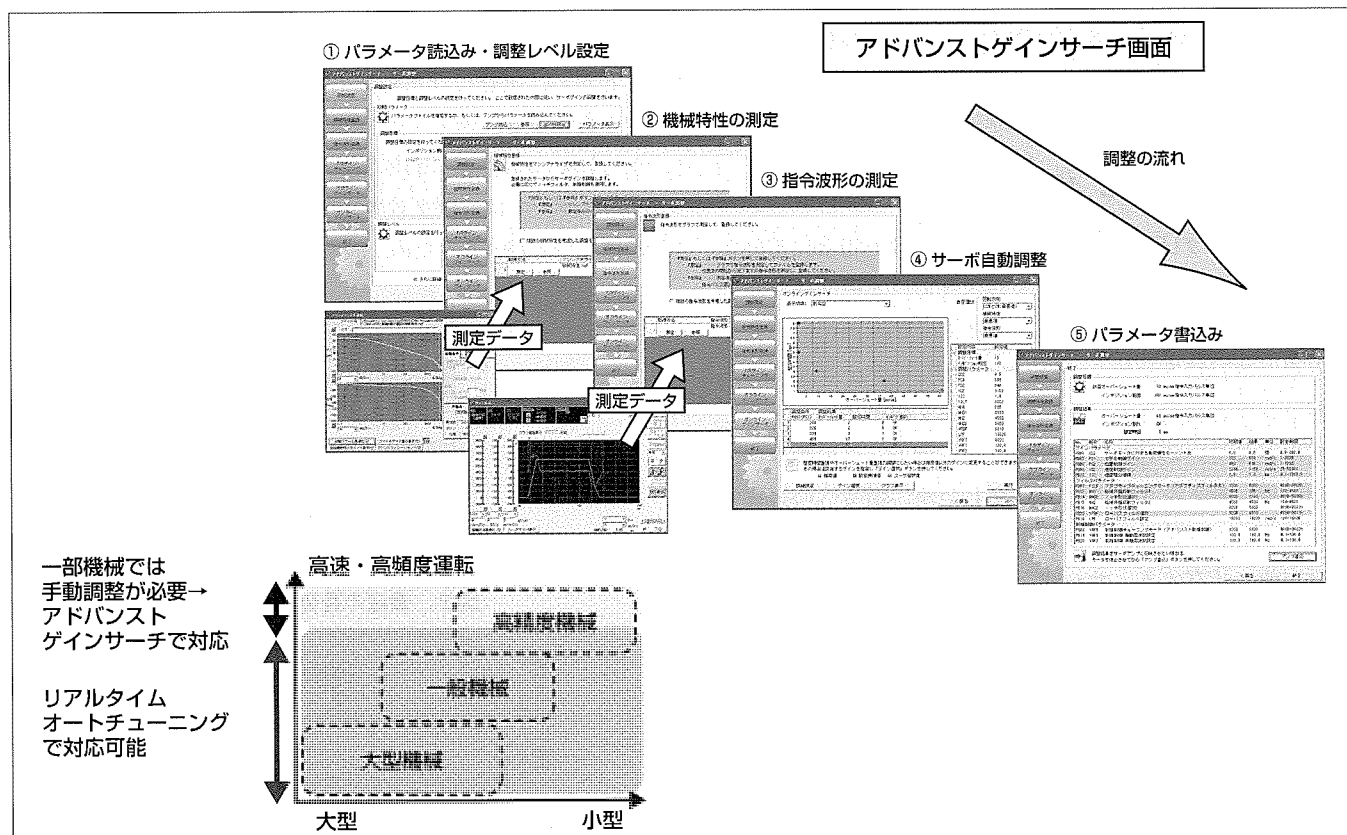
しかしながら、この調整作業には専門知識・経験が必要であり、多大な作業時間を要することから、三菱電機ではサーボアンプの機能として、負荷慣性モーメント比をリアルタイムに推定し、複数の調整パラメータを一括して1パラメータ(応答性設定)で調整できる“リアルタイムオートチューニング”機能を開発し、サーボ調整の簡略化を行ってきた。

ただし、リアルタイムオートチューニング機能は調整の

簡略化では効果があるものの、一部の機械で限界性能を引き出すような調整を行う場合には十分な効果が得られない場合もあり、調整熟練者による手動調整が行われることもあった。

今回、パソコン上で動作する汎用サーボ周辺ツール“MR Configurator”で、熟練者並みの高度な調整がだれでも行える“アドバンストゲインサーチ”機能を開発した。これによって、機械の周波数応答からサーボ制御パラメータを自動調整し、さらに制振制御や機械共振抑制フィルタなどのサーボ特有の機能もハイレベルに調整可能となったので、装置性能向上・脱技能化・作業時間短縮に貢献できる。

本稿では、このアドバンストゲインサーチ機能について述べる。



汎用サーボ周辺ツール“MR Configurator”のアドバンストゲインサーチ

“MR Configurator”とは、汎用サーボMELSERVOシリーズのパラメータ変更やモニタが行えるように、パソコン上で動作する周辺ツールである。今回、MR Configuratorの機能として、だれでも短時間に熟練者並みのサーボ調整が行える“アドバンストゲインサーチ”機能を開発した。

1. ま え が き

汎用サーボで、タクトタイム短縮によってユーザー装置の性能を向上させるためには、限界性能を引き出すサーボ調整が必要となるが、高度な調整を行うにはサーボ制御に関する専門知識や経験が必要である。

具体的には、サーボ系の制御性能は、サーボアンプやサーボモータの性能だけでなく、①機械可動部の質量、②機械の固有振動、③機械の位置姿勢による特性変化、④動作パターンなどの影響が大きく作用する。さらに、量産機で使用するには機械の個体ばらつきや経年変化による特性の変化も考慮して、適切なマージン(調整余裕)を確保した調整も合わせて行う必要がある。

調整作業では、これらの条件に応じてサーボシステム内に用意されている様々なサーボ制御パラメータを適切に調整することが必要であるが、これらの調整には専門的な知識が必要であり、様々なサーボパラメータの組合せから最適な値を探索するには多大な作業時間を必要としていた。

しかしながら、近年ではだれでも調整を行えるための脱技能化や、更なる高付加価値を創造するためにユーザーの作業時間短縮(効率化)に対する要求が強くなってきている。

今回、パソコン上で動作する汎用サーボ周辺ツール“MR Configurator”で、機械の周波数応答からサーボ制御パラメータを自動調整し、さらに制振制御や機械共振抑制フィルタなどのサーボ特有の機能もハイレベルに調整可能としたことで、装置性能向上・脱技能化・作業時間短縮に貢献できるアドバンスドゲインサーチ機能を開発した。

2. サーボ調整

サーボアンプは、コントローラから受けた指令に追従するようにサーボモータを駆動することで、ユーザーが意図した機械動作を実現している。MR Configurator(周辺ソフトウェア)はUSB(Universal Serial Bus)ケーブル等でサーボアンプと接続され、主にパラメータ変更やモニタとして使用されている(図1)。ここでサーボモータの動きは、指令に近い動きをすることが望ましいが、指令への追従性はサーボアンプ内のサーボ制御パラメータ(サーボゲイン)の設定値に依存する。サーボゲインが高いほどサーボの追

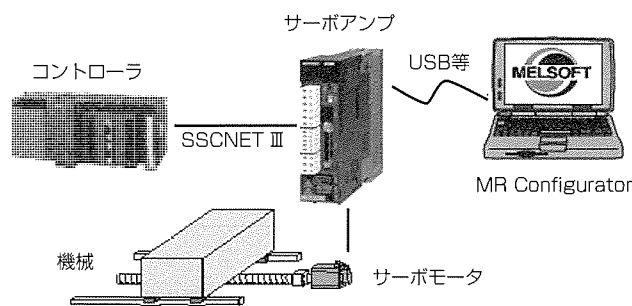


図1. サーボシステムの構成

従性・応答性は高くなり、駆動性能は向上するが、高すぎると制御が不安定となり振動的な動作(発振)となる。一般的にサーボ制御での安定性の目安は、速度開ループ周波数応答で“ゲイン余裕0db以上かつ位相余裕0deg以上”の条件を満たしていることである。

次に、周波数応答について述べる。ユーザー装置は、例えば回転運動を直線運動に変換するボールねじ機構や、ワークを乗せるための台座、ワークを移動させるためのアームなど、様々な部品の組合せで構成されている。また、それぞれの部品は重さ・形・材料(鉄やアルミ等)が異なっているため、これらの特性の異なる部品が連結された機械では、モータ軸から見た場合の機械特性は、図2に示すような共振周波数を複数含んだ複雑な特性となっている場合が多い。

共振周波数では、他領域よりもゲインが高くなるため、サーボ制御の応答性を上げた場合に発振しやすい周波数となる。

したがって、全領域の応答性を上げるためには、共振周波数ではゲインを下げるのが有効である。そこでサーボアンプでは、図3に示すようなノッチ特性を持つ“機械共振抑制フィルタ”機能を使用することで、共振周波数での発振を抑制し、更に応答性を上げることを可能としている。

このように、サーボ調整ではサーボゲイン(慣性モーメント比・位置制御ゲイン・速度制御ゲイン・速度積分補償・モデル制御ゲイン)に加えて、機械共振抑制フィルタのパラメータ(周波数・幅・深さ)といった複数のパラメータを調整対象としており、莫大(ばくだい)な組合せとなることから、実際には挙動波形を見ながら効果的なパラメータや変更量を判断して、知識・経験を生かしたトライ&エラーによる調整が行われることが多い。しかしながらトライ&エラーでは、調整者の技量によって調整結果・調整時間にばらつきが大きいため、調整者の育成が必要となっている。

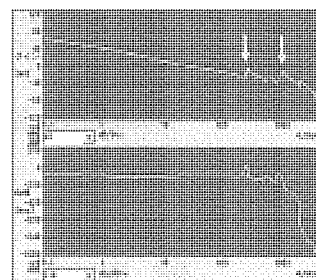


図2. 機械の周波数応答特性

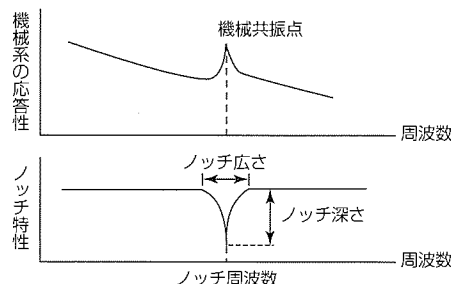


図3. 機械共振抑制フィルタ

3. アドバンスドゲインサーチ機能

3.1 特長

今回、性能向上・脱技能化・作業時間短縮を目的に、サーボ自動調整機能である“アドバンスドゲインサーチ (AGS)”機能を開発した。この機能では、調整熟練者の作業方法や判断方法を自動化したことによって、ウィザード形式の指示に従いながら操作することでだれでも最適な調整が短時間でできる様になっている。AGS機能の主な特長を次に述べる。

(1) 簡単調整(脱技能化・高性能化)

サーボに関する専門知識がなくても、最適な調整が行える。

(2) 短時間調整(作業時間短縮)

実機確認回数を低減したことで、短時間に調整が行える。

(3) 安定調整(品質向上)

機械のばらつき要素を考慮し、適切なマージンを確保した調整が行える。

(4) 安心調整(作業安全や機械劣化防止)

調整中の発振を抑制し、機械に負担を与えない調整が行える。

(5) ビジュアル調整(操作性向上)

調整結果を直感的に理解できる表示方法によって、分かりやすい調整が行える。

3.2 操作の流れ

AGS機能について、実際の操作の流れに沿って述べる。

3.2.1 調整設定

まず、調整設定画面(図4)ではパラメータの読み込みや調整レベル(調整余裕)の設定を行う。調整レベルは2段階で行えるようになっており、デフォルトは安定的な調整が可能な“ノーマル設定”である。性能を追求したい場合には“高ゲイン設定”に変更する。AGS機能では画面左端に調整工程の一覧表示を行い、現在の工程の表示色を変更することで、ユーザーが作業工程を理解しやすいように配慮した。

3.2.2 機械特性登録

機械特性登録画面では、マシンアナライザ機能で測定した機械特性データを登録する。

図5に示すような機械では、機械の停止位置によってサーボモータからのワークの距離が変化するため、位置によって機械特性が変化する場合がある。このような場合、従

来は停止位置ごとに調整を行い、さらにすべての停止位置で目標が満足できるようバランスをとるための再調整を繰り返す。このため、調整回数増加によって作業時間が大幅に増加していたが、AGS機能では各停止位置での機械特性を登録可能(最大9点)とすることで、機械特性変化に対応した調整を1回で行えるようにした。また、複数の機械の特性を登録することで、量産機の個体ばらつきを考慮した調整を行うことも可能である。

3.2.3 指令波形登録

指令波形登録画面では、コントローラから入力される指令データを波形測定(グラフ)機能で測定して登録する。

機械特性と同様に指令パターンも調整に影響を与えることから、図6のような複数の運転速度や移動距離に対応できるように、最大9点まで登録可能である。

3.2.4 オンラインゲインサーチ

実際に調整を行う工程であり、自動調整による脱技能化(判断レス)を実現し、さらに高性能化・調整時間短縮・発振抑制・直感操作への配慮も行っている(図7)。

(1) 限界性能を引き出す調整

先に述べたように、共振周数を持つ特性を備えた機械では、応答性向上には機械共振抑制フィルタが有効である。

ユーザー装置の機械は多くの部品から構成されているため、共振周数を含んでいる方が一般的であることから、性能を追求する場合のサーボ調整では、フィルタ調整は不

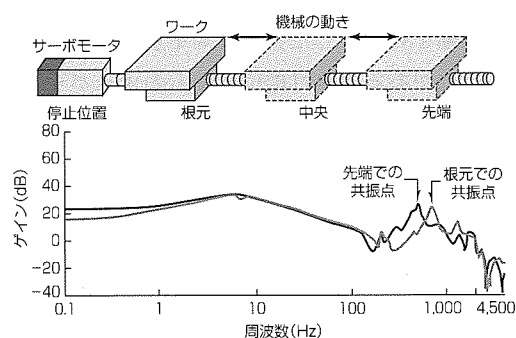


図5. 機械位置による特性の変化

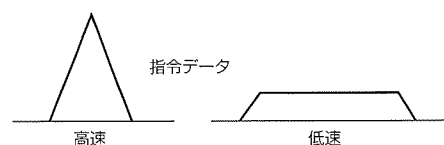


図6. 運転速度別の指令パターン

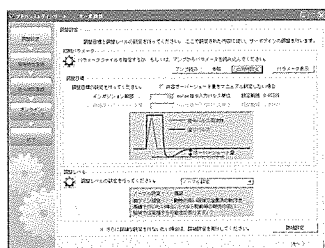


図4. 調整設定画面

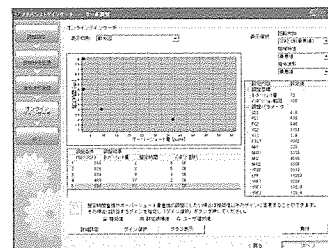


図7. オンラインゲインサーチ画面

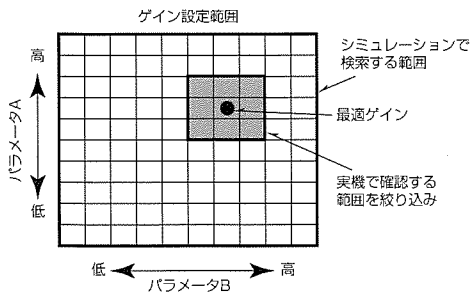


図8. 絞り込み探索のイメージ

可欠である。AGS機能では、登録された機械特性で最も応答性が上がるフィルタ設定をパソコン上で自動探索できるようにした。

(2) 調整時間の短縮

調整作業では、パラメータ変更と効果確認のための測定を繰り返す。パラメータ変更時間よりも測定時の実機による運転時間が調整時間に占める割合が高いことから、実機で動作させる前にパソコン上でシミュレーションを行い、パラメータの絞り込み(粗探索)を行うようにした。この結果を基に実機動作による微調整(詳細探索)を行うことで、図8に示すように実機動作回数を低減し調整時間を大幅に短縮した。

(3) 直感的な操作性

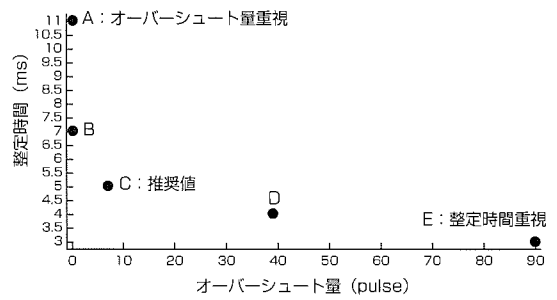
オンラインゲインサーチでは、自動化によって判断レスで調整を行えるが、ユーザーの使用目的によって調整の方向性がカスタマイズできる必要がある。具体的には、タクトタイム短縮を目的とした整定時間を重視した調整と、稼働範囲に制約があるため目標位置からのオーバーシュート量(行き過ぎ量)を重視した調整との比率をユーザーが任意に選択できることが必要である。そこで、パラメータ変更を行った調整結果を、図9で示すような散布図で表示し、ユーザーが求める調整結果に近いものを直感的に選択できるようにした(デフォルト状態では当社独自の評価関数から算出した推奨値が選択されている。)

(4) 調整中の発振抑制

サーボゲインを上げて上限を探す調整作業では、発振を誘発する可能性が高く、機械に負担を与える可能性もある。そこで、実機確認前にシミュレーションによって発振しないことを確認し、必要であれば実機確認時のサーボゲインを下げるようにした。また実機確認でも、応答性を上げていく過程でオーバーシュート量が規定値を超えた場合は探索を打ち切るようにして、発振を抑制している。これらの対策によって、調整時の発振によるトラブルを未然に回避できるようになったので、ユーザーは安心して調整を行うことができる。

3.2.5 終了

調整によって変更されたパラメータを直感的に認識することができるように、調整前のパラメータと調整後のパラ



設定候補	A	B	C	D	E
モデル制御ゲイン	222	272	333	408	500

低い 高い

図9. 調整結果表示

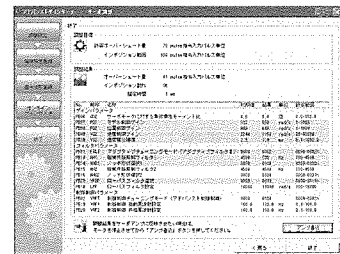


図10. 終了画面

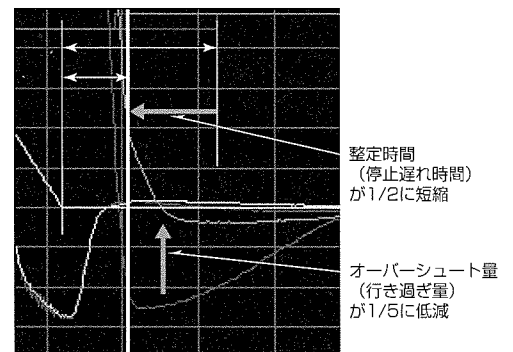


図11. 調整例

メータを比較表示し、変更されたパラメータは青色表示することで容易に識別できるように配慮した。最後に調整後のパラメータをサーボアンプに書き込むことで、調整作業が完了する(図10)。

3.3 AGS適用例

調整前に比べて、次のように良好な結果が得られた(図11)。

- ①整定時間(指令停止から実機停止までの時間)を1/2に短縮
- ②オーバーシュート量は1/5に低減
- ③調整時間は1/5(20分→4分)に短縮

4. む す び

熟練者の作業手順・判断を自動化することで、脱技能化と高性能化を両立した調整機能を実現した。今後も調整機能の充実によってユーザーの作業時間短縮に貢献できるように、製品開発に注力していく所存である。

簡単・小型インバータ “FREQROL-D700シリーズ”

吉村 学*
加藤昌則*

Easy to Operate and Small-size Inverter “FREQROL-D700 Series”

Manabu Yoshimura, Masanori Kato

要 旨

簡単操作の追求によって、ローエンド市場に好評であった小型インバータ“FREQROL-S500シリーズ”に対し、信頼性の向上と高性能化・高機能化による適用範囲拡大を目指し、簡単・小型インバータ“FREQROL-D700シリーズ”を開発し製品化した。

FREQROL-D700シリーズの特長を次に示す。

(1) 信頼性の追求

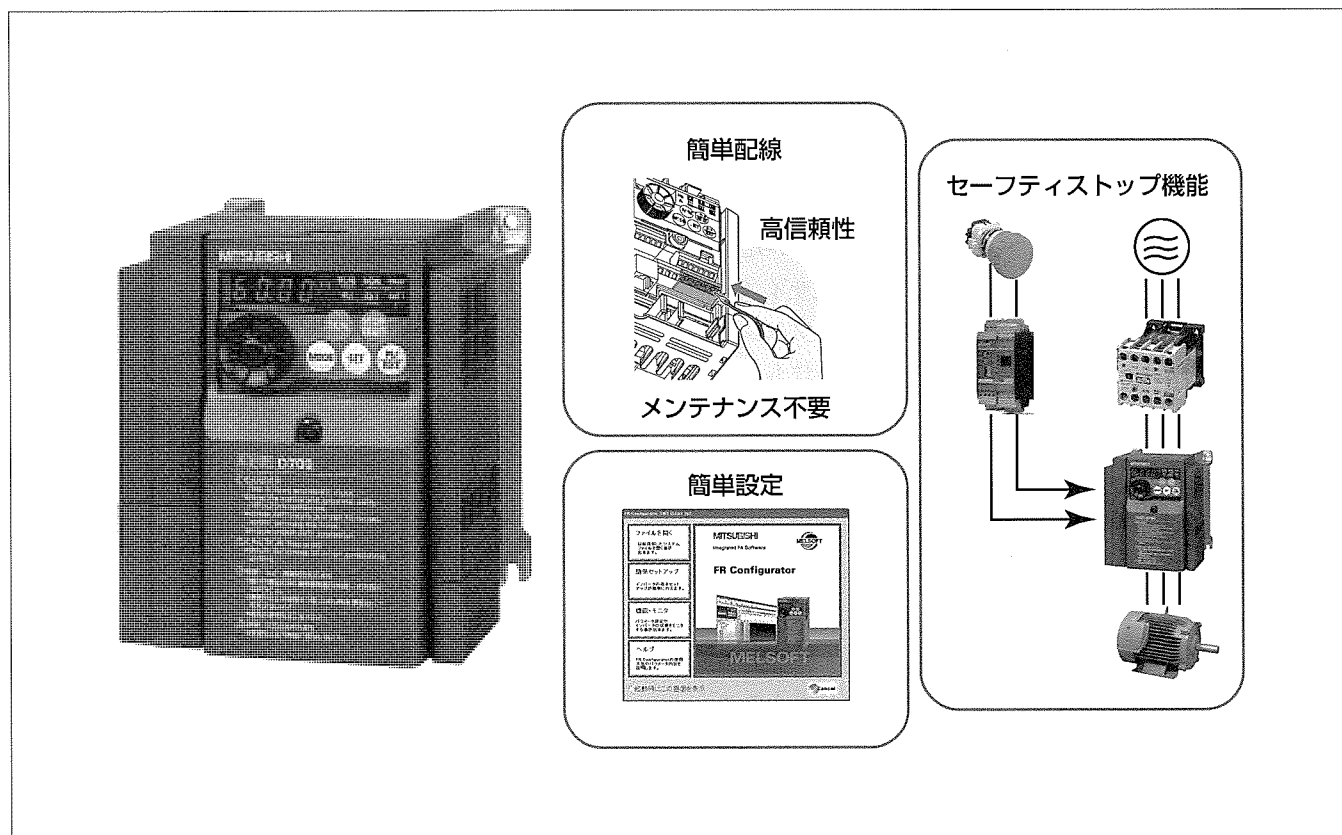
- ・スプリングクランプ端子台による簡単配線の実現と、制御配線の信頼性向上
- ・セーフティストップ機能における安全規格への対応
- ・パスワード機能による誤設定防止

(2) 小型インバータトップクラスの性能

- ・汎用磁束ベクトルによる150%/1Hzの高トルクの実現
- ・停電時の運転継続機能の強化

(3) 簡単操作の追求と・メンテナンス性の向上

- ・Mダイヤル採用による簡単操作の追求
- ・エンジニアリングツール“FR Configurator”との連携によるパラメータ設定の簡単化
- ・部品寿命の長寿命化と、寿命診断機能による信頼性とメンテナンス性の向上



簡単・小型インバータ“FREQROL-D700”

FREQROL-D700シリーズは、スプリングクランプ端子台の採用や、三菱電機の汎用インバータとしては初となる欧州安全基準への対応を行い、簡単配線と信頼性の向上を実現した。また、小型インバータトップレベルの高性能・高機能を実現し、従来の“FREQROL-S500シリーズ”に対して適用範囲を広げた。

1. ま え が き

汎用インバータは、産業界の急速な合理化・省エネルギーのニーズにこたえる可変速装置として発展し、現在は単なる回転数変換用途から、大規模設備の動作制御を行う用途にまでその需要が拡大されている。

小型インバータでは、従来その適用範囲はローエンドなものに限られてきたが、装置のコスト低減、ダウンサイジングなどの強い要求、並びにローエンド市場の機能・性能及び信頼性の向上の要求から、本来小型機の特長であった安価で簡単な操作性に加え、高性能・高機能かつ高信頼性が期待されるようになった。

FREQROL-D700シリーズは、ローエンド市場に要求され続けてきた簡単な操作性に加え最高水準の信頼性を実現させるとともに、小型機市場の高性能・高機能分野を長期にわたってリードしてきたFREQROL-E500シリーズと同等以上の駆動性能を追求した小型インバータとして開発した。

本稿では、FREQROL-D700シリーズで実現した信頼性と駆動性能の向上、及び700シリーズの共通コンセプトを実現した簡単操作・メンテナンス性について述べる。

2. 信頼性の向上

2.1 制御配線の信頼性向上

インバータを装置に組み込む際、インバータを制御・監視する入出力信号の配線を施すが、装置の高性能・高機能化によって、小型インバータにおける制御端子数の増加、簡単配線及び配線の信頼性の向上に対する要求は強い。

小型化された製品上に必要な端子数を確保するため、従来は小さいねじサイズのねじ式端子台を採用していたが、締め付けトルクが小さいために、使用できる電線サイズは 0.75mm^2 以下という制約があった。さらに、装置又は装置輸送時の振動でねじが緩み接触不良を生じる可能性もあり、ねじの増し締めなどのこまめなメンテナンスを余儀なくされるという課題があった。

FREQROL-D700シリーズで採用しているスプリングクランプ式端子台は、スプリング構造によって振動に対するねじの緩みを抑制するため、増し締めのメンテナンスを不要とした上、専用棒端子による端末処理を施した電線を差し込むだけの簡単配線も可能にしている。また信頼性向上のため、従来機種より大きな 1.5mm^2 電線まで対応することを考え、配線挿入口形状及び内部スプリング構造の最適化を検討し、信頼性確保のための端子台の強度向上と、小型インバータに実装するための端子台の小型化を実現した。

このスプリングクランプ式端子台によって、FREQROL-D700シリーズでは、従来機種の制御配線における課題を一気に解決し、最高水準の配線の信頼性と簡単配線

の両立を可能にした(図1)。

2.2 セーフティストップ機能

FREQROL-D700シリーズでは、欧州の機械指令への対応を容易にするため、当社汎用インバータとして初めて、次の安全基準に準拠した出力遮断回路を内蔵している。

- ・ EN954-1 Category3
- ・ IEC60204-1 Stop Category0

出力遮断回路はハードウェアによって二重化されており、また遮断回路の故障検知によって外部にアラームを出力する機能も持っている(図2)。この遮断回路の内蔵によって、

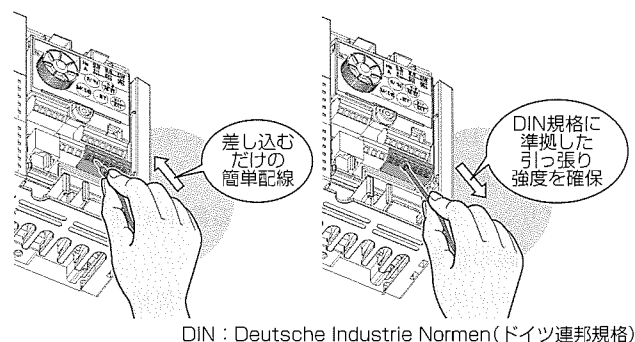
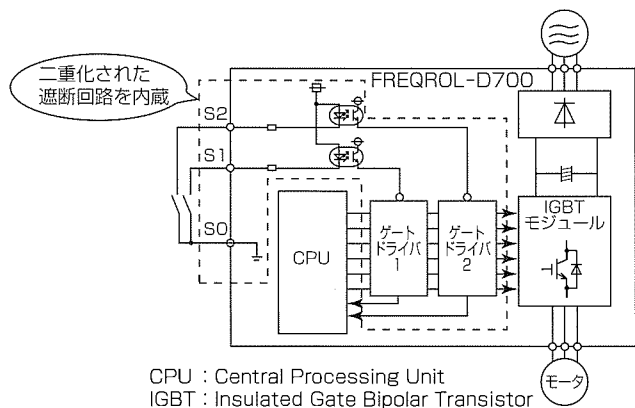
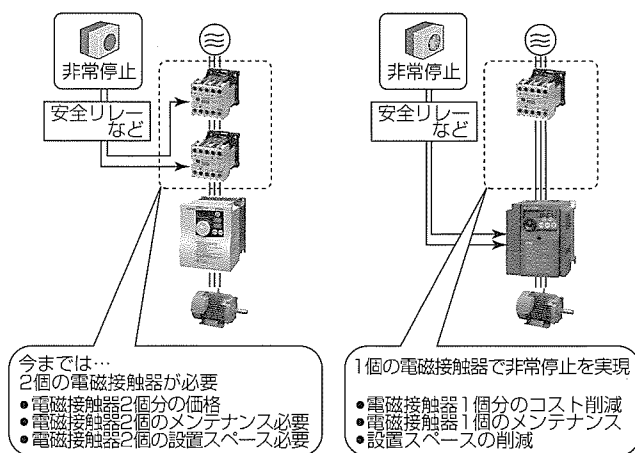


図1. スプリングクランプ式端子台



CPU : Central Processing Unit
IGBT : Insulated Gate Bipolar Transistor

図2. 出力遮断回路



(a) 従来機種での非常停止回路例 (b) 新機種での非常停止回路例

図3. 安全規格対応

外部に電磁接触器(MC)を2個設けた場合と同等の信頼性を保持した緊急出力遮断が可能となる。したがって、外部のMCを1個削除することができ、従来と比較して低コストかつ省スペースで安全基準への適合を可能とした(図3)。

2.3 パスワード機能

汎用インバータをセットメーカーが装置に組み込んだあとの装置トラブルの一因として、エンドユーザーでのパラメータ誤設定が挙げられる。従来機種でもパラメータの書き込みを禁止する機能を設けていたが、その解除は容易であり、十分な誤設定防止対策を講じることが困難であった。

FREQROL-D700シリーズでは、パスワード機能を搭載し、4けたのパスワードによってパラメータの読み出し及び書き込みを制限する機能を搭載し、エンドユーザーによるパラメータの誤設定防止を強化することで、信頼性の向上を図った。

3. 駆動性能の向上による適用用途の拡大

3.1 汎用磁束ベクトル制御による150%/1Hzの実現

汎用インバータは誘導電動機の特性を生かしたV/F(電圧/周波数一定)制御によって駆動することが多いが、V/F制御では特に低速回転域でモータトルクを充分発生できないため、従来機種FREQROL-S500では、自動トルクブースト制御で低速トルク150%/5Hzを実現していた。

自動トルクブースト制御は、FREQROL-S500シリーズの上位機種であるFREQROL-E500に採用している汎用磁束ベクトル制御と同様に、モータに流れる電流が最適になるよう出力電圧を制御する方式である。汎用磁束ベクトル制御に対して、高精度な電流検出回路を使用しなくても高トルクを得ることができる方式であるが、負荷変動に対する応答性や5Hz未満の領域でのトルク特性が十分得られないという課題があった。

FREQROL-D700では、電流検出回路をFREQROL-E700シリーズと共用化することで電流検出精度を高精度化し、汎用磁束ベクトル制御によって150%/1Hzというクラストップレベルの駆動性能を実現し、高始動トルクが必

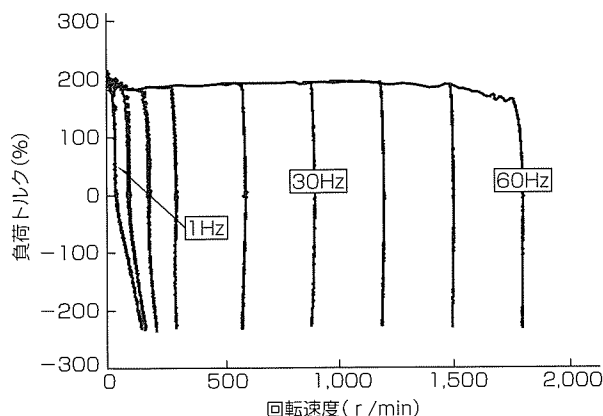


図4. FREQROL-D700スピード・トルク特性例

要な機器への対応を容易にした(図4)。

3.2 簡単立ち上げ機能の搭載

停電発生時にはモータを減速停止し、復電時には運転を再開する瞬時停電発生時の運転継続機能が求められており、従来機種でも停電発生時に運転を継続する停電減速停止機能を搭載していた。しかし、機械に合わせた減速時間の調整が必要であり、ユーザーによる微調整が困難な場合があり、調整方法の確立は従来課題であった。

FREQROL-D700では、停電時に低下してしまう内部電圧を維持するために、自動で出力周波数を調整する方式を採用することで、パラメータでの調整を不要にし、簡単かつ確実に停電時の運転継続を実現した(図5)。

さらに、FREQROL-D700では負荷に応じてモータの損失が最小となるように出力電圧を自動で最適化し、省エネルギー運転を行うことが可能な最適励磁制御を採用しており、空調用途への対応も容易である。

4. 簡単操作・メンテナンス

4.1 Mダイヤルによる簡単・直感的な操作性

700シリーズで標準としている設定用新型Mダイヤルを搭載し、速度調節操作及びパラメータ設定操作での簡単設定・直感的操作のコンセプトを実現した。さらに、正面カバーの形状及び操作・表示パネルのデザインでは、Mダイヤルの回しやすさを追求し、運転モードや設定の状態表示を従来機種より増やすことで、更なる操作性の向上を図った(図6)。

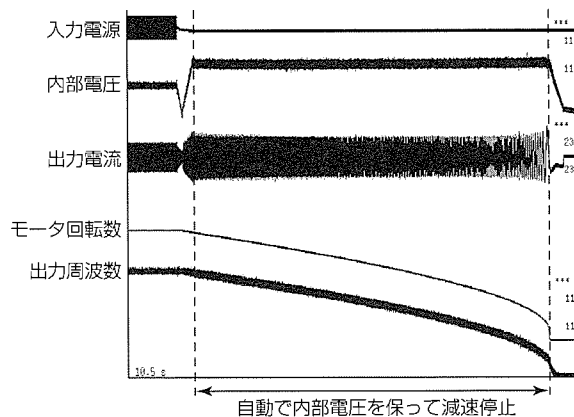


図5. 停電時の減速停止動作(調整レス)

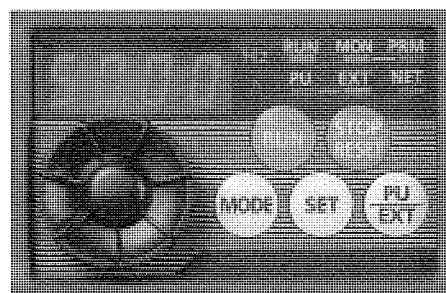
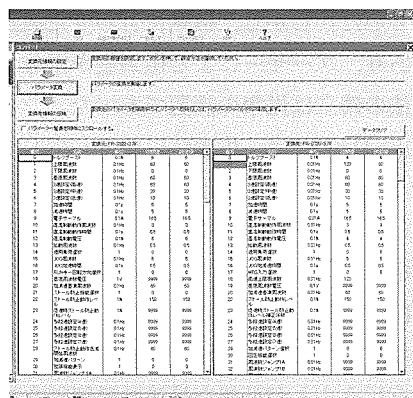
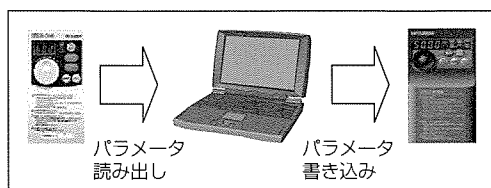


図6. 新型Mダイヤルと操作部



FR Configuratorのパラメータ変換画面

図7. FR Configuratorによる置き換え時の設定支援

4.2 FR Configuratorによる簡単設定

インバータの動作設定はインバータが個別で持つパラメータの設定によって行いが、従来機種から新機種に置き換える場合には、ユーザーで従来機種と同等の動作をさせるためのパラメータ設定が必要となる。

従来機種であるFREQROL-S500シリーズは、表示部分を簡略化したため、パラメータの番号が一部FREQROL-D700シリーズと異なっており、置き換えの際のパラメータ設定に手間がかかってしまう。

そこで、FR Configuratorというパソコン上で動作するエンジニアリングツールによって、従来機種から新機種へのパラメータの変換を容易に行えるようにした(図7)。

4.3 長寿命、寿命診断

FREQROL-D700シリーズは、700シリーズの共通コンセプトである寿命部品の長寿命化と、寿命診断機能によるメンテナンス性・信頼性の向上を実現している。

設計寿命10年とした長寿命冷却ファンと内部温度検知による冷却ファンのON/OFF制御の組合せで、従来機種より格段の長寿命を実現し、主回路コンデンサ及び制御電源

表1. 寿命診断機能

寿命部品	寿命診断機能	FR-D700の寿命目安	JEMAの目安
冷却ファン	回転数を監視し、規定回転数以下になったかどうかを常時診断する。	10年	2~3年
制御回路 コンデンサ	インバータの運転状態を監視し、コンデンサ寿命を常時積算演算する。	10年	5年
主回路 コンデンサ	電源OFF時の放電電荷量を求め、コンデンサの静電容量を計算し、規定容量以下まで低減していないか診断する。	10年	5年
突入電流 抑制回路	接点(リレー)のON回数を検出し、規定の寿命回数との比較を行う。	100万回	-

JEMA：(社)日本電機工業会

回路に使用する電解コンデンサについては、長寿命品採用による寿命10年設計とインバータ運転状態監視による寿命診断・警報出力機能を実現している(表1)。

先に述べたスプリングクランプ式端子台による制御配線のメンテナンス性と合わせ、当社インバータ最高水準のメンテナンス性を実現した。

5. む す び

インバータFREQROL-D700シリーズは、高信頼性と簡単操作を迫及した小型インバータとして開発した。今後も更なる使いやすさ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)
- (3) 梶浦吾一, ほか: 簡単・パワフル小型インバータ“FREQROL-E700シリーズ”, 三菱電機技報, 81, No.4, 289~292 (2007)

スタンドアロンタイプのモーションコントローラ

三原 弘*
安藤友典*

Standalone Type Motion Controller

Hiroshi Mihara, Tomonori Ando

要 旨

三菱電機のFA統合コンセプトである“iQ Platform”に対応した“高速モーションコントローラQ17nDCPU”ではCPU(Central Processing Unit)単体の性能向上はもちろん、ユーザーの根強い要望であったシーケンサCPUとの連携制御の高速レスポンス化を実現した。今回、モーションコントローラの品ぞろえを強化するため、小規模システムに最適なモーションコントローラを要望している市場(包装機、巻線機、成型機、簡易フィーダ等)に対応した、スタンドアロン型モーションコントローラを開発した。主な特長は次のとおりである。

(1) シングルユニット化

コントローラ本体としてはビルディングブロックの形態をとらず、電源、シーケンサCPU、モーションCPU、同

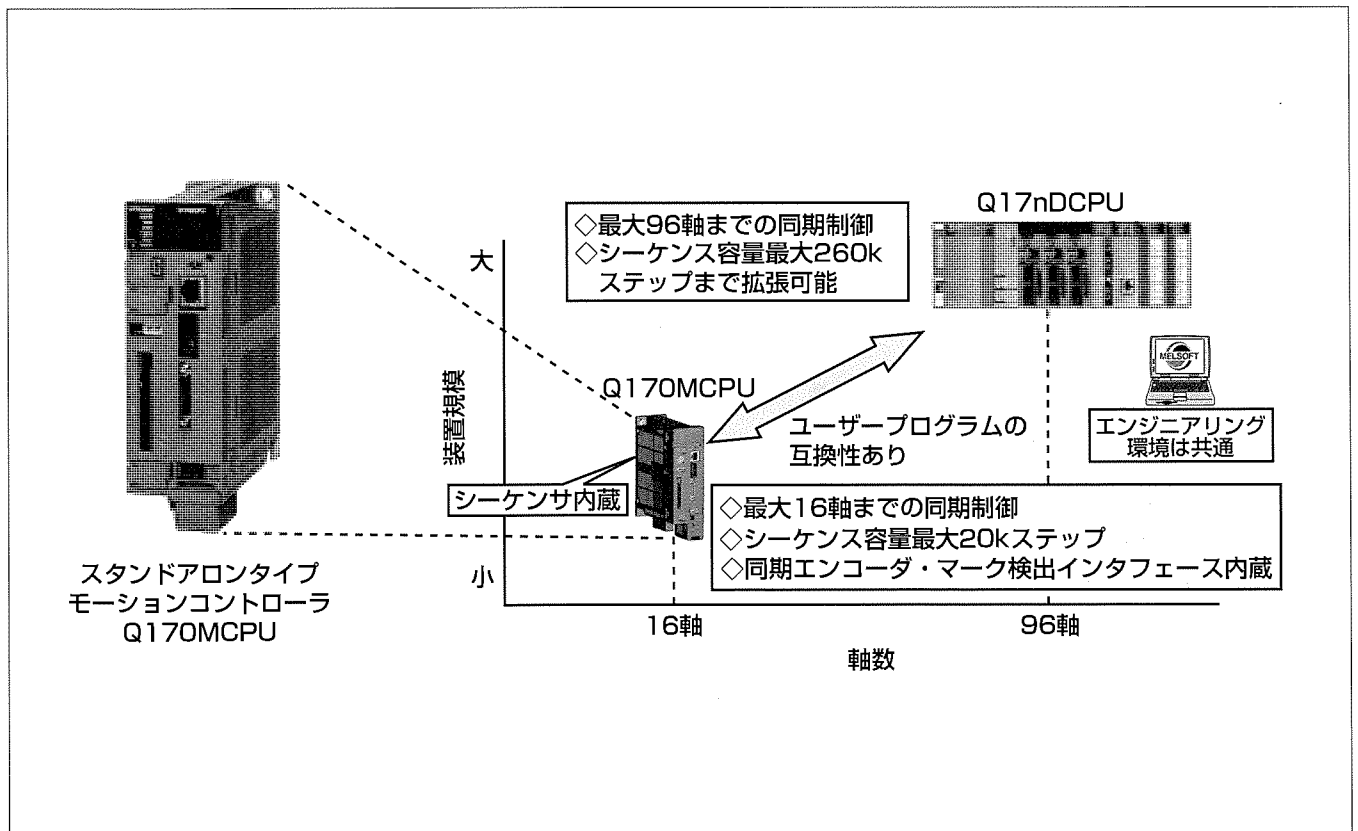
期エンコーダ・マーク検出インタフェース、通信インタフェース等を1ユニット内に実装した。省スペースで多軸制御を簡単に実現する。

(2) “MELSERVO”との連携

光通信方式の高速同期サーボネットワーク“SSCNET III”に対応し、“MR-J3(W)-Bシリーズ”サーボアンプを使用し、最大16軸までの高精度同期システムを構築可能とした。

(3) エンジニアリング環境は“MELSOFT MT Works2”

エンジニアリング環境は、iQ Platform対応モーションコントローラと同一とした。モーションコントローラ“Qシリーズ”で好評のメカサポート言語を採用することで、多軸・高精度の同期プログラムを簡単に作成できる。



スタンドアロン型モーションコントローラの位置付け

スタンドアロン型モーションコントローラQ170MCPUは、シーケンサ+モーション+電源一体化に加え、同期エンコーダインタフェース、マーク検出信号インタフェースを内蔵している。エンジニアリング環境は、iQ Platform対応Q17nDCPUと同一である。シーケンサ周辺ユニットやサーボアンプも同一品を使用可能である。

1. ま え が き

QシリーズシーケンサとマルチCPU構成で使うことができるQシリーズモーションコントローラを2001年に発売した。FA市場で高いシェアと圧倒的な支持を得ているQシリーズシーケンサとのマルチCPUによる制御が可能となり、複雑なサーボ制御はモーションコントローラ、それ以外の機械制御・情報制御をシーケンサで処理することによって、フレキシブルなシステム構成を提供可能となった。

その後、グローバル市場をベースとした市場要求は、コンポーネント単体の機能、性能、コスト力を高めることを目的としたCPUの性能向上(部分最適)はもちろんのこと、システム全体のスループット向上(全体最適)も重視する方向に変化している。この流れの一環として、シーケンサとのデータ授受の高速化に関する要望を多くのユーザーから受けていた。このような市場要求にこたえるために、マルチCPU間高速通信対応によって高性能化を図ったiQ Platform対応モーションコントローラQ172/173DCPUシリーズ(以下“Q17nDCPU”という。)を2007年に発売した。

一方、これまでのマルチCPUを前提としたモーションコントローラの製品系列は、プログラムステップ数・制御軸数が多い液晶、印刷機等の市場には柔軟に対応できるものの、プログラム規模・制御軸数・I/O(Input/Output)点数が比較的少ない包装機、巻線機、成型機、簡易フィーダ等の市場にとってはオーバースペックとなる一面があった。

そのような市場への用途拡大をねらい、同期制御に重点を置きつつ、ローコスト化を図ったスタンドアロン型モーションコントローラを開発した。

本稿では、スタンドアロン型モーションコントローラQ170MCPUCPU(以下“Q170MCPUCPU”という。)の概要及び特長について述べる。

2. Q170MCPUCPUの製品概要と主な特長

2.1 製品仕様

図1にQ170MCPUCPUのシステム全体構成を、表1に仕様を示す。仕様面での特長を次に述べる。

2.1.1 同期制御に必要な機能を1ユニット化

QシリーズのマルチCPUによるこれまでのモーションシステムは基本ベース、電源ユニット、シーケンサCPU、モーションCPU、他I/Oユニット類によって構成されている。Q170MCPUCPUでは適用システムを小規模システムに限定し、これらのコンポーネントのうち同期制御に必要な機能のみを1ユニット内に集約した。

具体的にはユニット本体内部に、シーケンサCPUとモーションCPUの2つのCPUを内蔵する。加えて電源(DC24V入力)、専用メモ리카ードスロット、通信インタ

フェース(USB(Universal Serial Bus), RS-232, Ethernet^(注1)), さらにはQシリーズモーションシステムでは、別途ユニットが必要であった汎用信号入出力インタフェース、マーク検出信号インタフェース、同期エンコーダインタフェース(インクリメンタルタイプ)を内蔵している(図2)。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

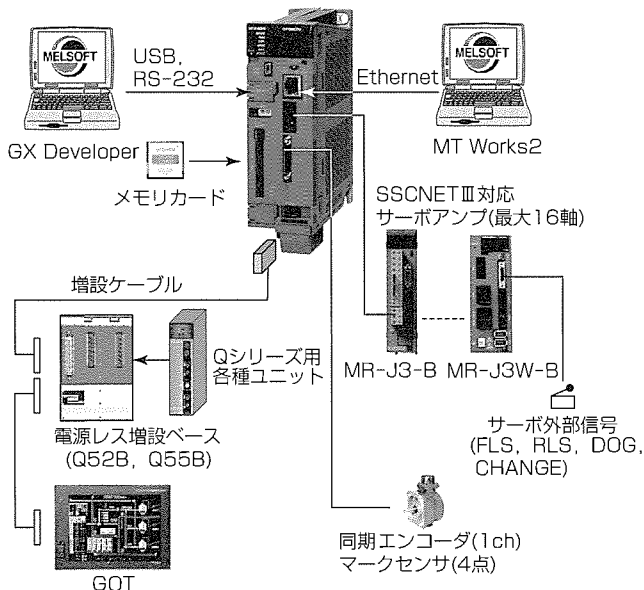


図1. システム全体構成

表1. Q170MCPUCPUの仕様

項目	仕様
モーションCPU部	
モーション演算周期	0.44ms(1~6軸制御時) 0.88ms(7~16軸制御時)
プログラム言語	モーションSFC, モーション専用命令, メカサポート言語
サーボプログラム容量	14kステップ
同期エンコーダ インタフェース	内蔵(インクリメンタルタイプ, 1ch)
マーク検出信号 インタフェース	内蔵(4点)
サーボインタフェース	SSCNET III (50Mbps, 1系統)
サーボ外部信号 インタフェース	サーボアンプ経由で入力(リミットスイッチ, 近点ドグ, 速度・位置切換え信号)
シーケンサCPU部	
プログラム言語	リレーシンボル言語(ラダー), ロジックシンボリック言語(リスト), MELSAP3(SFC), MELSAP-L, ストラクチャードテキスト(ST)
プログラム容量	20kステップ
命令数	764
処理速度	0.02μs(LD命令) 0.04μs(MOV命令)
入出力点数	512点(増設ベース1段使用可)
周辺装置インタフェース	Ethernet(モーションCPU部のみ), RS-232, USB
電源	DC24V
外形寸法(W×H×D)	52×168×135(mm)

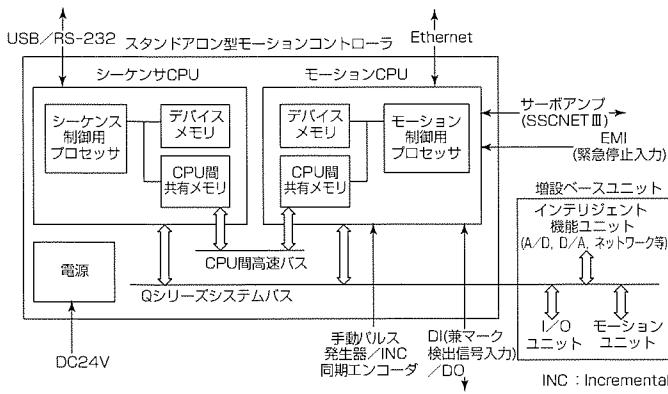


図 2. システム内部構成

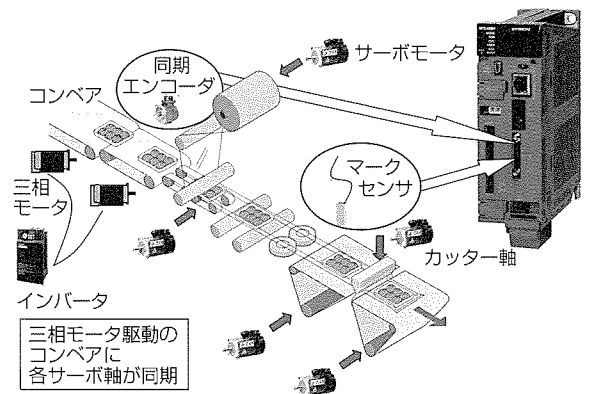


図 3. 食品包装機への適用例

2.1.2 高速モーション処理

Q17nDCPUのハードウェア・ソフトウェアアーキテクチャを踏襲し、同一性能とした。モーション演算周期は1～6軸制御時で0.44ms、7～16軸制御時で0.88msである。さらに、定周期実行タイプのモーションSFC(Sequential Function Chart)タスクとして0.44ms周期に対応(従来は最短0.88ms)し、高速でなめらかなモーション制御を実現する。

2.1.3 SSCNET IIIに対応したサーボインタフェース

サーボインタフェースは、光通信方式の高速同期サーボネットワークSSCNET IIIに対応し、デジチチェーン接続されたサーボアンプ“MR-J3-B/MR-J3W-B”を最大16軸制御可能である。

サーボ外部信号(リミットスイッチ、近点DOG信号、速度・位置切り換え信号)については、サーボアンプ経由での入力に対応し、外部入力ユニットを不要とした^(注2)。

(注2) サーボアンプ経由での外部信号入力はQ17nDCPUでも使用できるが、カウント式原点復帰や速度・位置切り換え制御ができない等の制約があったため、制御によっては外部入力ユニットを用意する必要がある。

2.1.4 豊富なQシリーズのユニットが使用可能

本体下部にQシリーズシーケンサの増設ベースユニット(以下“増設ベース”という。)用コネクタを設けており、豊富なI/Oユニット、インテリジェント機能ユニット、ネットワークユニット等をそのまま利用可能とした。ただし、先に述べたとおりQ170MCPUCPUは小規模システムをターゲットとしているため、使用可能な増設ベースを電源ユニット不要タイプの2スロット/5スロットタイプ増設ベース(Q52/55B)に限定するとともに、接続可能段数も1段までとしている。

このようにして、1ユニットで包装機等の同期制御アプリケーションに対応可能とした。Q170MCPUCPUの適用例を図3に示す。

次に、仕様面以外の特長について述べる。

2.2 省スペース化とシステム価格の削減

同期制御用途で同一機能を実現するQ17nDCPUのシ

テムと比較し、ユニット設置面積を約3割に削減(増設ベース非装着時)できる。システム価格についても約5～6割に抑えることが可能である。

さらに形状や取付け寸法をMR-J3シリーズのサーボアンプと合うように最適化している。二軸一体型サーボアンプ(MR-J3W-B)と組み合わせた場合は、更なる省スペース化が可能である。

2.3 バス負荷の最適化

Q17nDCPU等のQシリーズモーションコントローラでは、入出力信号をQシリーズのシステムバス(以下“システムバス”という。)上に接続された外部のユニット経由で制御している。このシステムバスは外部ユニットのI/O制御のほか、パソコンやGOT(Graphic Operation Terminal)との通信、CPU同士のシステム管理情報の交換等、様々な情報伝送に利用されており、バス負荷によって応答時間が変化する。これは同期エンコーダのようなモーション演算周期ごとにデータを取り込む必要のある処理(リアルタイム性の高い処理)に影響を与える場合があった。

Q170MCPUCPUでは、リアルタイム性の求められる同期エンコーダ信号やマークセンサ信号をモーションCPU側のASIC(Application Specific Integrated Circuit)に直接入力するようにしたため、システムバスの負荷に左右されない、安定した制御が可能となった。

2.4 CPU間の連携

装置全体のパフォーマンスを上げるには、シーケンサCPU(情報制御や装置全体制御)とモーションCPU(サーボ制御)間で負荷を適切に分散させることがポイントとなる。シーケンス制御とモーション制御の連携を密にするためには、シーケンサCPUとモーションCPU間のデータ授受方法が重要となる。

2.4.1 CPU間高速バスによる高速なデータ授受

Q170MCPUCPUではCPU間の通信方法としてQ17nDCPUと同じ高速シリアルバス(CPU間高速バス)を実装しており、CPU間のデータ授受はこのバスによって相互接続されたメモリ(CPU間共有メモリ)によって行う。

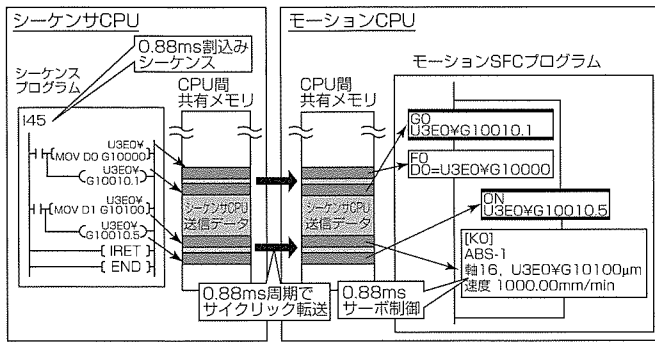


図4. CPU間共有メモリのイメージ

CPU間高速バスはCPU間でデバイスデータなどを定周期で授受するための専用バスである。CPU間共有メモリはCPU間高速バスを介し、最大16kワード(システムエリア含む)のデータを高速にデータリフレッシュする。このデータリフレッシュは常にモーション制御周期に同期した一定周期(0.88ms)で行われ、シーケンサCPUやモーションCPUのユーザープログラム負荷に依存しない。そのため、サーボの制御データを効率的に伝送できる。

2.4.2 モーション制御とシーケンス制御の同期

シーケンサCPU側の処理でも、このCPU間高速通信周期に同期した割り込みシーケンスが記述可能である。CPU間高速通信周期は、前項で述べたようにモーション演算周期にも同期しているため、モーション制御に同期したシーケンス処理が可能である。これによって、シーケンサCPUが管理している増設ベース上の外部ユニット(高速カウンタ、アナログ入力等)から取り込んだ情報を高速なサーボ制御に活用することができ、シーケンス主体の多彩なアプリケーションに対応できる。

このようにして、シーケンス制御とモーション制御の密な連携による高度な制御が実現できるとともに、大幅なタクトタイムの短縮を図ることができる。CPU間の共有メモリのイメージを図4に示す。

3. エンジニアリング環境

3.1 Qシリーズとの共通エンジニアリング環境

ユーザーでの開発設計からサービスの効率化を実現するために、プログラミング・デバッグ・保守のためのエンジニアリング環境は、Qシリーズモーションシステムと同一とした。

シーケンサCPU側は既存の“GX Developer”，モーションCPU側はMT Works2が使用可能であり、Qシリーズモーションコントローラで好評のメカサポート言語を採用することで、多軸・高精度の同期プログラムを簡単に作成できる。また、Q170MCPU用にCPU間共有メモリの設定(メ

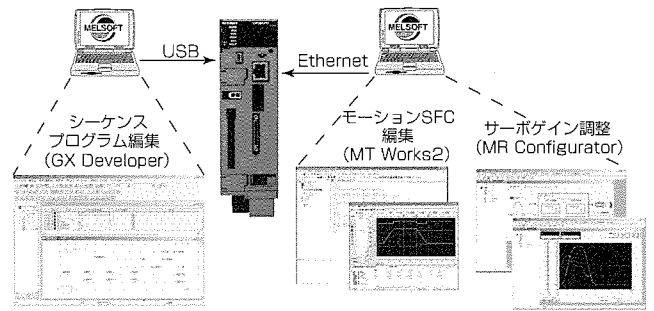


図5. 複数のパソコンによるデバッグ作業の効率化

モリ容量割当てや、デバイスデータとの関連付け設定)のテンプレートや、システム使用デバイスのコメントデータを提供し、ユーザーの利便性を高めた。

ユーザープログラムについても、iQ Platform対応のシーケンサCPU・モーションCPUとほぼ同一のプログラムを利用可能であり、既存システムからの移行のコストを抑えることができる。

3.2 デバッグ作業の効率化

パソコン(エンジニアリングツール)との接続手段としてUSB, RS-232に加え、Ethernetポートを用意している。これらは複数のパソコンから同時に使用可能であり、例えばシーケンスプログラムのデバッグと、モーションプログラムのデバッグ・サーボゲイン調整を、別々のパソコンによって2人で同時に実施するといったことが可能である。そのため、複数人によるプログラムのデバッグや機械調整が効率的にできるようになった(図5)。

なお、Ethernet通信ではMELSOFTの簡単接続^(注3)に対応しているため、Ethernetに不慣れなユーザーでもケーブルを接続するだけで簡単に通信ができる。

(注3) パソコンとコントローラを1対1で直接接続したとき、パソコンやコントローラ本体のIPアドレスの設定をすることなく通信可能とする接続形態

4. む す び

サーボによる同期制御が必要な小規模システムにマッチし、QシリーズのマルチCPUシステムを継承したスタンダード型モーションコントローラ170MCPUを、既存iQ Platform対応コントローラのハードウェア・ソフトウェア資産を活用し開発した。今後も市場ニーズに最適にマッチするモーション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) 鎌田高広, ほか: 高速モーションコントローラ“Q17nDシリーズ”, 三菱電機技報, 81, No.4, 253~256 (2007)

主軸+3軸サーボ一体型多軸駆動ユニット “MDS-DMシリーズ”

中村和幸*
堤下洋治*
林 良知*

Multi Hybrid Drive “MDS-DM Series”

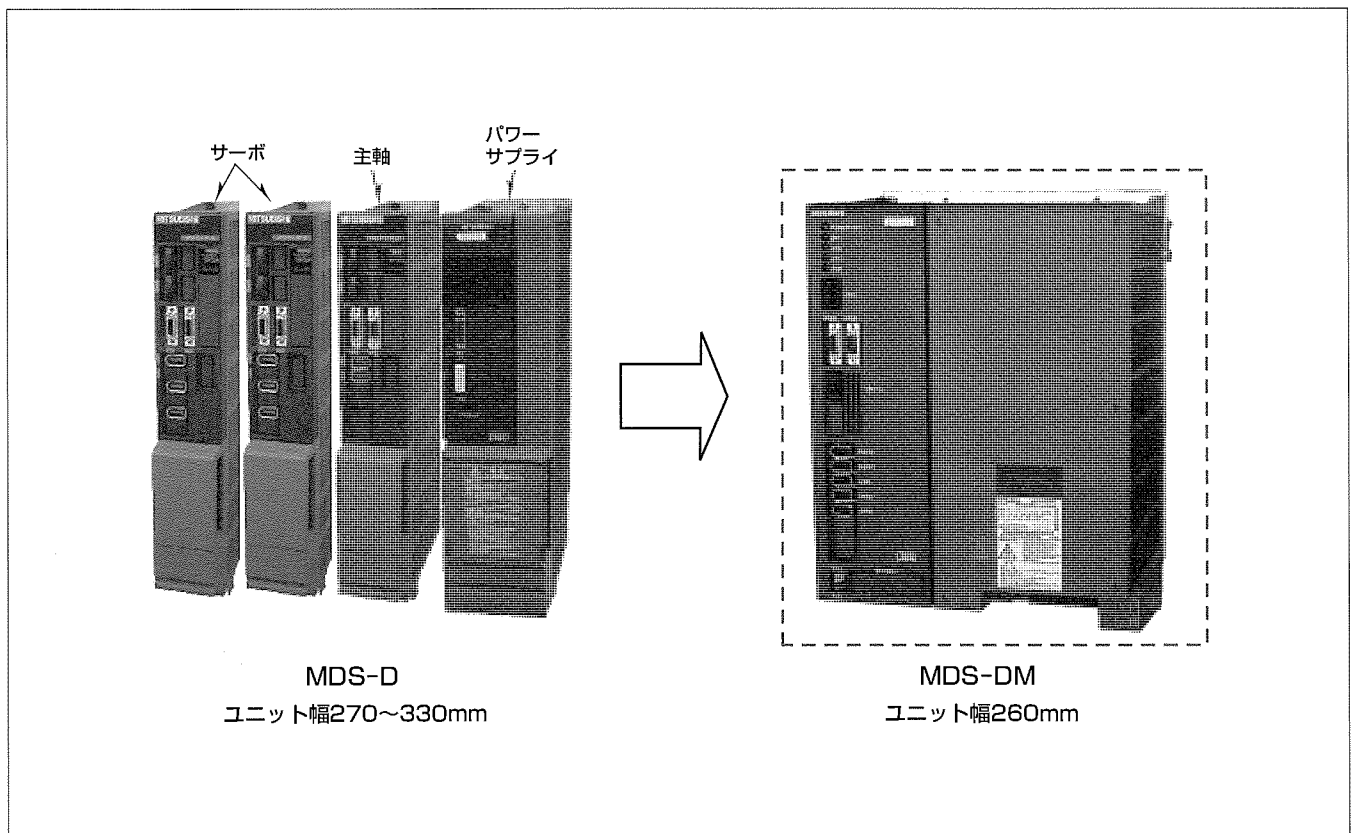
Kazuyuki Nakamura, Yoji Tsutsumishita, Yoshitomo Hayashi

要 旨

三菱電機は、NC工作機械の駆動部で多種多様な機械構成(軸数)に対応するため、コンバータ/インバータ分離型の製品を提供している。しかし、台湾・インドなどのアジアにおけるNC工作機械は、主軸+サーボ3軸(又は2軸)といった構成が主流であり、これらの構成に特化した駆動ユニットとして、主軸+3軸サーボ一体型多軸駆動ユニット“MDS-DMシリーズ”を開発し製品化した。

MDS-DMシリーズの特長を次に示す。

- (1) サーボアンプ、主軸アンプ、パワーサプライを一体化したオールインワンユニット。従来機種と比較し制御盤の小型化・省配線化・コストパフォーマンス向上を実現
- (2) 主軸容量最大15kW、サーボ容量3.5kWまでをラインアップし、アジア地域における最適容量帯に対応(アジア地域は主軸7.5~15kW、サーボ1.5~3.5kWに容量構成が集中しているため)
- (3) このユニットでは電源回生制御アルゴリズムを強化し、電源事情が悪い状況でも、より高い耐電源環境性能を保持



主軸+3軸サーボ一体型多軸駆動ユニット“MDS-DMシリーズ”

MDS-DMシリーズは、サーボ・主軸・パワーサプライといった3種類の製品を一体化したオールインワンユニットで、アジア地域向けとして最適容量帯に特化したユニットである。

1. ま え が き

NC工作機械では、近年伸長してきたアジア地域が重要な市場の一つとなっているが、ここで使用されるNC駆動部は低コスト化の要求が強い。このように低コストの要求が強い市場に対して、当社は低コストで実現できる抵抗回生方式のアンプを中心に展開してきた。しかしながら、近年主軸容量の大型化と環境保護(省エネルギー化)の観点から、電源回生方式のアンプの要求が強くなっている。この要求にこたえるために、抵抗回生からの価格アップを抑制した電源回生方式のアンプMDS-DMシリーズを開発した(表1)。

アジア市場では、NC駆動部は主軸+サーボ2軸又は3軸といったシンプルな構成が多く、また容量構成もサーボ1.5~3.5kW、主軸7.5~15kWが主力となっている。MDS-DMシリーズでは、軸構成及び容量を絞り、サーボ3軸/2軸・主軸・電源回生パワーサプライの構成で一体化して、部品・回路を削減した。これによって、低価格、高信頼性、小型・省配線を実現する電源回生方式ドライブユニットを実現した。また、アジア市場の電源環境を鑑(かんが)み、電源回生コンバータは回路及び制御方式を見直し、耐電源環境性能強化を実現した。

本稿では、多軸一体ドライブユニットMDS-DMシリーズ開発で行われた多軸一体化によるシステムでの最適化設計、及び電源回生制御における耐電源環境性能向上について述べる。

2. 多軸一体化によるシステム最適化設計

2.1 多軸一体化によるシステムとしての最適化

サーボ3軸+主軸1軸で構成される機械で、従来はサーボ2軸、1軸、主軸、パワーサプライのそれぞれのドライブユニットを組み合わせることとなる。これを一体化(図1)することで、軸ごとに必要であった部品が削減できる。具体的には、NCとの通信回路、CPU(Central Processing Unit)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、制御電源回路、構造部材ではFAN、FIN、ケース等が統合又は削減が可能となる。

サーボ3軸+主軸+電源回生コンバータの同一容量構成で、従来のMDS-Dシリーズに対し、次のように部品の削減を実現した。

- ①部品点数：37%削減
- ②構造部材：40%削減
- ③P板枚数：62%削減

この効果で、アンプ単体でのコストパフォーマンス向上と、部品点数削減による高信頼性化を図った。

また、従来システムに比べ、ユニットサイズ小型化による盤の小型化^(注1)、アンプ間配線削減による省配線化が実

現でき、機械のシステムコスト低減にも貢献するシステムとなっている。

(注1) 従来システムにおけるユニット幅合計270~330mmに対し、MDS-DMシリーズでは一律260mmを実現

2.2 1 CPU・1 ASICでの3軸サーボ制御ソフトウェア

従来サーボ制御ソフトウェアは、2軸一体サーボドライブに対応して最大2軸分のモータを制御できるようになっている。サーボ3軸の機械では、2軸一体のサーボドライブと1軸サーボドライブを組み合わせて使用し、2個のCPUと2個のASICを使用していた。今回1台のアンプで3軸のサーボモータを制御するために、次の開発を行った。

- ①高速処理が可能な最新のCPUの採用
- ②3軸制御に対応したASICの開発

このASICは当社独自のサーボ制御アルゴリズムを搭載しており、これによってソフトウェア負担を軽減しながら高応答を実現している。

- ③1 CPUで最大3軸を制御可能とするソフトウェアを開発

これによって、3軸同時制御を1個のCPUと1個のASICで可能にした(図2)。

また、この3軸サーボ制御のCPU、ASIC、ソフトウェアを用いて、小容量3軸一体サーボドライブユニット“MDS-DM-V3”も製品化し、開発の効率化を図っている。

2.3 サーボモータのラインアップ追加

MDS-DMシリーズのサーボドライブは、シリーズ全機種を通して最大電流80A(3.5kW)の容量で統一した。

MDS-DMシリーズに合わせてモータラインアップを追

表1. MDS-DMシリーズ製品ラインアップ

	MDS-DM-SPV2	MDS-DM-SPV3
サーボ容量	80A(3.5kW) × 2	80A(3.5kW) × 3
主軸容量	200A(15kW)	200A(15kW)
	160A(11kW)	160A(11kW)
	100A(7.5kW)	100A(7.5kW)
パワーサプライ容量	18.5kW(瞬時60kW)	
外形寸法	H: 380 × W: 260 × D: 180+90(mm)	

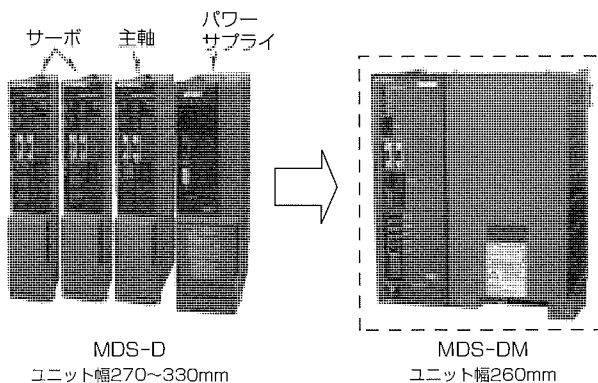


図1. 多軸一体化されたMDS-DMシリーズ

加(表2)し、8種類のモータを駆動できるようにした。これによって、単一容量でありながら、多様な機械に柔軟に対応できるシステムとなっている。

2.4 導体一体型抵抗

主軸の電流検出用に、導体一体型検出抵抗を開発した。従来の主軸15kWクラスの電流(約70A)は、DCCT(DC Current Transformer)によってモータへの電流を検出して電流制御している。

これに対して今回の開発品では、構造部品としていた導体に精度を管理した抵抗値を持たせて検出抵抗とし、その両端の電圧で電流を検出するようにした(図3)従来の機種で、70Aクラスの電流を抵抗で検出した場合、抵抗の発熱が大きく実現が困難であった。

このことで高価なDCCTを削減でき、またDCCTを使用した場合の温度ドリフトの影響を、検出抵抗方式にすることで軽減し電流検出性能自体も向上させることができた。

2.5 主回路導体最適化

MDS-DMシリーズは、主軸+サーボ3軸を一体化したことで主回路平滑コンデンサから各軸駆動用パワー素子までの距離が長くなり、この間を接続する主回路導体のイン

ダクタンス値が大きくなる。これによって、パワー素子がスイッチングしたときの跳ね上がり電圧が大きくなるのが想定されるため、設計段階で主回路導体のインダクタンス値が最小となるよう、電磁界解析(図4)で最適形状を検討した。

その結果、主回路導体の形状変更のみで、パワー素子の跳ね上がり電圧が約5%改善された。

3. 耐電源環境能力向上

3.1 電源回生制御(位相検出)

電源回生とは、モータ減速時に発生する誘導起電力を電源に回生することであり、回生用スイッチング素子を電源位相に合わせてスイッチングさせることで、電源に回生電流を流し昇圧した母線電圧を降圧させる機能であり、電源回生制御では電源位相の検出が最も重要な要素となる。

電源位相の検出は、交流電源の線間電圧を監視しゼロクロス点を検出する方法が一般的である。検出したゼロクロス点を基に電源位相を検出し、回生用スイッチング素子のスイッチングタイミングを算出する。

この方式は、システム構成が容易であるという利点がある一方、基本的に電源回生の回生タイミングは線間電圧のゼロクロス点とほぼ重なるため、回生のスイッチングによって電源位相を誤検出する可能性がある(図5)という欠点があった。

今回開発したMDS-DMシリーズは、この欠点を克服し正確な電源回生制御を行うことができるように電源位相の検出方法を改良した。

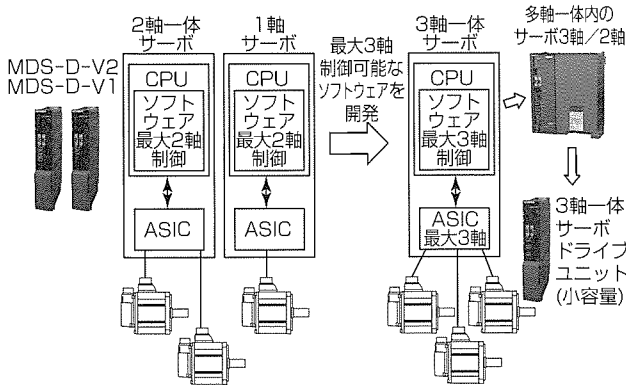


図2. 1 CPU / 1 ASIC化

表2. 適用サーボモーター一覧

ストールトルク	22.5Nm	14Nm	12Nm	8 Nm	6 Nm	3 Nm
	フランジサイズ□176			フランジサイズ□130		
定格速度						
4,000rpm	-	HF204	HF224	HF154	HF104	HF54
3,000rpm	HF303	-	HF223	-	-	-
2,000rpm	HF302	-	-	-	-	-

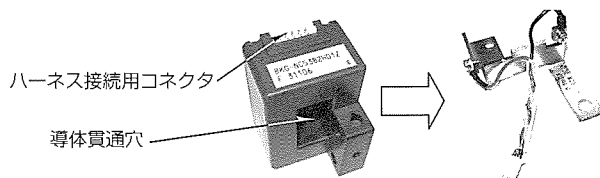


図3. 導体一体型抵抗

	DCCT(従来)	導体一体抵抗(今回)
温度ドリフト	△	◎
部品点数	DCCT+導体+ハーネス 3	導体一体抵抗のみ 1

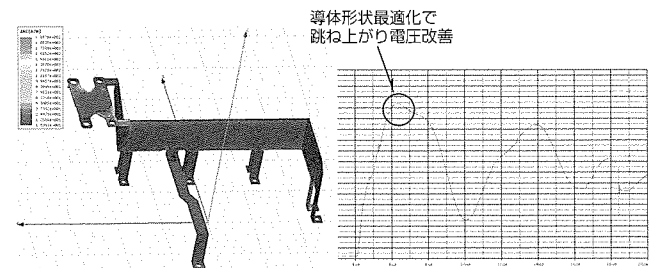


図4. 主回路導体

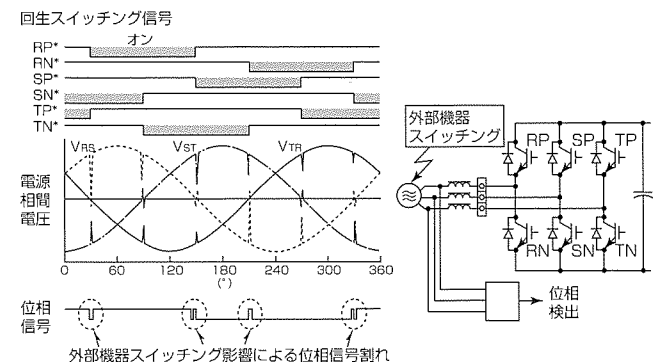


図5. 電源位相検出方式(従来機種MDS-D-CVシリーズ)

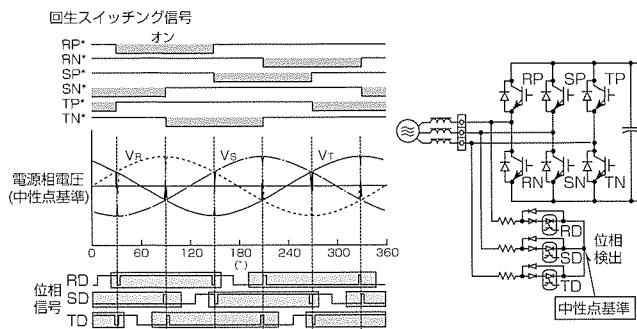


図6. 電源位相検出方式(MDS-DMシリーズ)

交流電源の3相をスター接続して、中性点を基準としたそれぞれの相電圧を作り出している。そして、相電圧のゼロクロス点を基に電源位相を検出し、回生用スイッチング素子のスイッチングタイミングを算出する。相電圧のゼロクロス点は電源回生の回生タイミングと一致しない(図6)。この方法であれば、回生のスイッチングの影響を受けることなく電源位相の検出を行うことができる。

4. 耐電源環境評価

今回開発したMDS-DMシリーズは、EMC(Electro Magnetic Compatibility)の国際規格であるIEC61000の中の電源環境(歪(ひず)み、電圧変化、周波数変化といった電源環境)に関する試験規格のクラス3(工業プラント内の基準レベル)に準拠した基準で評価を実施し、従来機種(MDS-D-CVシリーズ)との比較を行った。

各評価項目の概略と評価結果を示す。

- (1) 高調波イミュニティ試験(IEC61000-4-13 Class 3)(表3)

電源に高調波を重畳させた歪みを印加する。

- (2) 転流ノッチ試験(IEC60146-1-1)(表4)

電源にノッチ(スパイク状の電圧重畳)を印加する。

- (3) 電圧ディップ試験(IEC61000-4-11 Class 3)(表5)

電源各相に規定電源周期分の電圧瞬降を発生させる。

- (4) 電源周波数イミュニティ試験(IEC61000-4-28 Class 3)(表6)

電源周波数(50/60Hz)を規定時間変動させる。

- (5) 電圧不平衡イミュニティ試験(IEC61000-4-27 Class 3)(表7)

電源相間アンバランス(振幅/位相)を規定時間発生させる。

表3. 高調波イミュニティ試験結果

高調波次数(規格)	歪み率(規格)	開発機種(MDS-DMシリーズ)	従来機種(MDS-D-CVシリーズ)
2次	5%	◎	○
3次	9%	○	○
4次	2%	○	○
5次	12%	◎	○
7次	10%	◎	○

表4. 転流ノッチ試験結果

ノッチ位相角	ノッチ深さ	開発機種(MDS-DMシリーズ)	従来機種(MDS-D-CVシリーズ)
0/90/180/270°	40%	○	○

表5. 電圧ディップ試験結果

瞬降電圧(規格)	瞬降時間(規格)	相	開発機種(MDS-DMシリーズ)	従来機種(MDS-D-CVシリーズ)
80% AC200V →160V	50Hz: 5s 60Hz: 4.2s	R	◎	○
		S	◎	○
		T	○	○

表6. 電源周波数イミュニティ試験結果

+方向変動幅(規格)	-方向変動幅(規格)	開発機種(MDS-DMシリーズ)	従来機種(MDS-D-CVシリーズ)
4%	-6%	○	○

表7. 電圧不平衡イミュニティ試験結果

アンバランス(規格)	開発機種(MDS-DMシリーズ)		従来機種(MDS-D-CVシリーズ)	
	モータ駆動時	モータ停止時	モータ駆動時	モータ停止時
R相: 振幅率100%				
S相: 振幅率93.5%	○	◎	○	○
T相: 振幅率87%				

MDS-DMシリーズは、電源回生の制御方式変更によって、従来機種に比べより高い耐電源環境能力を実現した。

5. むすび

MDS-DMシリーズは、アンプ単体でのコストパフォーマンス向上と、部品点数削減による高信頼性及び耐電源環境性能向上を追及した、アジア向けNC用主軸+3軸サーボ一体ユニットとして開発した。今後は、この開発で得たノウハウを更にブラッシュアップし、製品開発に努めていく所存である。

新型三菱CNC “M700Vシリーズ”

宮武洋克*
福市 潮*

New Mitsubishi CNC “M700V Series”

Hirokatsu Miyatake, Ushio Fukuichi

要 旨

三菱電機の工作機械用CNC(数値制御装置)は、普及・中級機として制御・表示部一体型の“M70シリーズ”と、ナノ制御、5軸制御にも対応した高機能・高性能機で、かつ高度なカスタマイズを実現するためのWindows^(注1)を搭載した制御・表示部分離型の“M700シリーズ”の製品化を2006年に完了し、顧客から好評を得て現在に至っている。

一方、台湾、中国に代表されるアジア市場では、従来の廉価機・中級機に加え、高機能・高性能機の需要も拡大しつつあり、M70シリーズと同様な制御・表示部一体型構造でありながら、高機能・高性能なCNCを求められるようになってきている。また日本国内を中心として、一層の高機能・高性能なCNCを用いた5軸制御加工の需要が拡大している。

(注1) Windowsは、米国Microsoft Corp.の登録商標である。

これらの市場の要求にこたえるために、今回“M700Vシリーズ”を新たに開発し製品化を完了した。

新たに開発したM700Vシリーズは、

- (1) M700VSシリーズ：制御・表示部一体型構造，M70シリーズと取付け互換
- (2) M700VWシリーズ：制御・表示部分離型構造，Windows搭載

の2種を準備し、いずれも新ASIC(Application Specific Integrated Circuit)搭載による性能向上を果たしつつ、顧客の資産であるPLC(Programmable Logic Controller)プログラム、加工プログラムについてはM700シリーズ互換を確保している。

本稿では、この2種類の新型M700Vシリーズの特長と最新制御技術について述べる。



制御・表示部一体型CNC
“M700VSシリーズ”

Windows表示型CNC
“M700VWシリーズ”

新三菱CNC最上位機“M700Vシリーズ”の外観

最先端ハードウェア技術を導入することで、基本性能が大幅に向上した2種類の三菱CNC最上位機M700Vシリーズを新規開発した。表示・制御部一体型CNC M700VSシリーズは、コストバランスに優れているほか、省電力、高い耐環境性を実現している。Windows表示型CNC M700VWシリーズは、WindowsXPによるオープン化や高いカスタマイズ性をサポートする。

1. ま え が き

CNC専用LSI(Large Scale Integration)を開発し高性能化を実現したM700Vシリーズとして、制御・表示部一体型CNC“M700VSシリーズ”，制御・表示部分離型CNC“M700VWシリーズ”を開発した。

本稿では、この2種類のM700Vシリーズの特長と最新制御技術について述べる。

2. M700Vシリーズ開発のねらい

中国、台湾、韓国といったアジア市場では、汎用部品や金型を加工する工作機械の生産が一般的であり、価格を重視した普及機クラスの工作機械の生産が多い。当社はこれらの市場に適した普及機CNC M70シリーズを開発し、高い評価を受けている。一方、高機能分野で先行している日米欧市場では、“サイクルタイム短縮による生産性の向上”“ナノレベル制御における高速高精度化”“高品位5軸加工”の需要が拡大しており、基本性能の高いCNCが求められている。

これらの市場要求にこたえるために、M700シリーズの性能・機能を一段と高めるとともに、制御・表示部一体型構造を持ったシリーズを追加し、M700Vシリーズとして製品化した(図1、表1)。

- (1) M700VSシリーズ：制御・表示部一体型構造、M70シリーズと取付け互換
- (2) M700VWシリーズ：制御・表示部分離型構造、Windows搭載

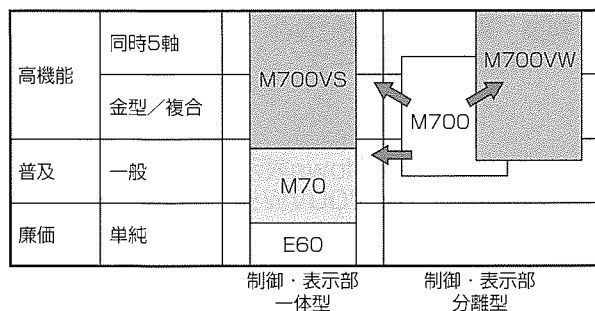


図1. 三菱CNCの製品ラインアップ

表1. M700シリーズの製品仕様

項目	M700シリーズ	新M700シリーズ		
		M70シリーズ	M700VSシリーズ	M700VWシリーズ
表示ユニット形態	表示分離	制御、表示一体ユニット		表示分離
画面表示用OS	WindowsXP Embedded	リアルタイムOS		WindowsXP Embedded
加工プログラム処理	135kBPM	33kBPM	151kBPM	
PLC演算能力	3.3PCMIX*	-	16.2PCMIX	
最小制御単位	1 nm	10nm	1 nm	
互換性		取付け互換		M700シリーズと完全互換

* PCMIX：1μs間に実行できる平均シーケンス命令数

いずれも、新ASICを搭載し制御基本性能を向上させるとともに、高品位5軸加工を支援する新SSS-3G機能を搭載可能としている。

3. M700Vシリーズの特長

3.1 M700VWシリーズ

現行M700シリーズは、パソコン+Windowsを組み込んだ表示装置とCNC制御装置を分離した構成としている。これによって、日米欧の工作機械メーカーでの画面開発、独自機能追加が容易に行える仕組みを提供している。

M700VWシリーズは、M700と取付け寸法、通信インタフェースを完全互換とし、M700からの移行を容易にする製品開発を行った。CNC制御装置としての基本性能を大幅に向上させることで、コストパフォーマンスも向上している(図2)。

3.2 M700VSシリーズ

操作性、画面デザインにUD(ユニバーサル・デザイン)技法を適用したM700シリーズの三菱標準画面は、グッドデザイン賞を受賞した。ユーザーにも好評であり、画面カスタマイズを要求しない工作機械メーカーも多い。高性能ながらWindowsによるカスタマイズ要求が少ない工作機械をターゲットとする制御・表示部一体型CNC M700VSシリーズを開発した。専用グラフィックLSIによって、画面切替え速度など操作性、レスポンスの高速化を図り、WindowsレスでM700シリーズの三菱標準画面を実現した。

またカスタム画面開発には、M700シリーズ用画面作画ツール“NC Designer”を改良し、WindowsレスCNCにも対応した。

M700VSシリーズは、高い基本性能及び操作性とコストパフォーマンスを両立させつつ、M70シリーズと取付け、配線、周辺ユニットに互換性を確保し、普及機から高性能機への移行も容易なCNCである。工作機械メーカーへの高性能化要求に対し、開発負荷を削減し簡単に性能向上を行う手段を提供する。

3.3 新アーキテクチャの搭載

現行M700シリーズは、数値演算からサーボ処理に至るまで、すべてを1nm単位で処理することで高品位精密加

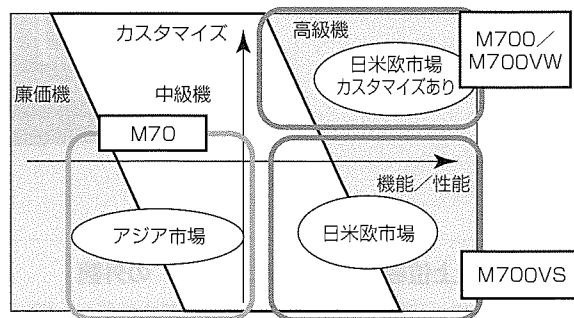


図2. 三菱CNCの対応市場

工を可能にしている。M700Vシリーズでは、完全ナノ制御の高速高精度化を目指し、アーキテクチャの見直しを行った。内部バス使用効率向上策によるデータ処理能力向上や、PLC処理能力向上を図ったCNC専用LSIを開発した。これによって、M700VシリーズはM700シリーズ比で、加工プログラム演算能力1.12倍、マクロ演算能力2倍へ高速化を実現した。PLC処理性能は、基本命令実行性能としてCNC業界最速の10ns/命令を実現した。PLCスキャンタイムは、M700シリーズ比1/5を達成した。

発熱にも配慮し、データ量に応じたバス幅・動作周波数設定や、低電圧化技術適用によって消費電力を抑制し、M700VSシリーズではM700シリーズ比66%の電力量を削減した。

M720VSシリーズでは、熱流体解析技術を積極的に活用し、自冷式ファンを削減し、保守メンテナンス負荷軽減を実現している。

3.4 豊富な標準装備と高い拡張性

進化するネットワークへの対応や最新パソコン技術適用も積極的に行っている。前面には、コンパクトフラッシュ(CF)インタフェース、USB(Universal Serial Bus)2.0インタフェースを標準装備している。CFに大容量ユーザープログラムを格納して直接運転することができ、USBメモリによってパソコンで作成した画面データ、加工プログラムの入出力を容易にしている。

M700VSシリーズ背面には拡張カードスロットを準備し、奥行き寸法を増やすことなく、拡張ユニットを増設できる構造になっている。CC-Link拡張ユニットによってマスター局/ローカル局/インテリジェントデバイス局として機能し、システム構築要求へ容易に対応することが可能である。その他、DeviceNet^(注2)などのフィールドバスにも対応し、拡張オプションは今後、鋭意増強していく計画である(図3)。

(注2) DeviceNetは、Open DeviceNet Vender Associationの登録商標である。

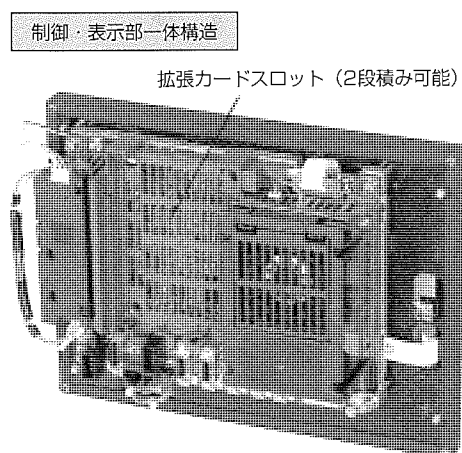


図3. M700VSシリーズのユニット背面

4. 高品位5軸金型加工向け制御技術

M700Vシリーズでは、M700シリーズ、M70シリーズとユーザーインタフェースを共通化することで、機種依存しないM7シリーズとして統一した画面操作感を実現した。さらに、ユーザーの高性能化・高機能化の要求にこたえ、従来のCNC機能の性能向上と機能強化を図った。

ハードウェア基本性能の大幅な向上に伴い、金型加工の微小線分処理能力を135kBPM(Block Per Minute)から151kBPMに向上させた。これによって、金型加工の一層の加工時間短縮が期待される。また近年、加工リードタイムの短縮、高精度化実現のため、同時5軸加工のニーズが高まっていることを背景に、高速高精度金型加工用のSSS(Super Smooth Surface)制御を同時5軸加工に拡張したSSS-3G(SSS-3rd Generation)制御を開発した。

SSS制御とは、金型加工分野で高い評価を受けている当社の独自機能である。CAD(Computer Aided Design)/CAM(Computer Aided Manufacturing)から出力される加工プログラムは誤差やばらつきを含んでいる場合が多いが、SSS制御は、加工プログラムに対して指令された形状を大域的に判断し、形状に応じて加工速度を最適化することによって金型加工の精度・能率を向上させ、高品位加工をより短い加工時間で実現することができる。SSS-3G制御は、従来のSSS制御を同時5軸の高品位加工向けに機能拡張したものである。

4.1 工具先端点制御へのSSS制御の適用

同時5軸加工の基本制御である工具先端点制御へ、SSS制御を適用した。図4に示すように、工具先端点のプログラム軌跡に微小段差がある場合に有効である。プログラム軌跡に対して最適な加工速度となるように制御し、加工中の不要な減速を回避することによって、工具先端点を滑らかに動作させることが特長である。

この技術によって、同時5軸加工でも従来のSSS制御と同様に高品位な加工が実現可能となった。

4.2 回転軸プレフィルタの導入

同時5軸加工では、直線軸と回転軸の移動が同時に行われる。そのため、工具先端点制御の加工プログラムで、回転軸の移動量のばらつきに起因して工具姿勢が変化する場合に、加工品位の劣化や加工時間の増加が発生する。この

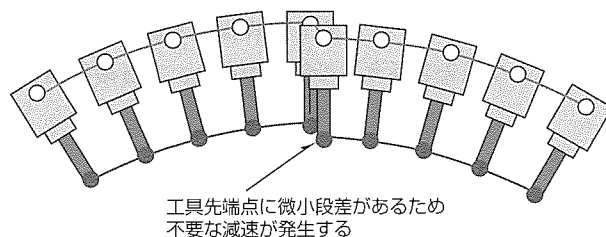


図4. SSS制御有効時の工具先端点軌跡

ような同時5軸制御特有の問題を解決するための技術として、回転軸プレフィルタを導入した。

回転軸プレフィルタでは、パラメータの設定値に応じて回転軸指令を平滑化し、回転軸を滑らかに動作させることができる。

図5(a)に示すように、回転軸プレフィルタ無効の場合は工具姿勢が大きく変化するため、工具先端点に振動が発生する。このような場合でも、回転軸プレフィルタを適用することで、図5(b)のように工具姿勢を滑らかに変化させ、工具先端点の振動を抑制することができる。

工具先端点の軌跡を変えずに、工具姿勢を滑らかに変化させ加工できるため、工具先端点制御の高品位加工を実現することが可能となった。また、この技術は、工具先端点制御の指令方式(回転軸の角度で指令する方式、工具の姿勢をベクトルで指令する方式)や指令するプログラミング座標系(テーブル座標系、ワーク座標系)に依存しないため、同時5軸加工全般に広く適用可能である。

5. 耐環境性向上と長寿命化

5.1 耐環境性向上

M700Vシリーズでは、最上位機としての高性能を維持しつつ、耐環境性の向上を目的に徹底した低消費電力の追及も行っている。低消費電力プロセスを使用したLSIを採用し、内部電源をすべて高効率スイッチング電源化した。さらにWindowsレス化したM700VSシリーズでは、M700シリーズ比で消費電力を66%削減し、電源変動や、発熱量低減による耐油性を向上させている。

Windowsでは、OS終了時にシャットダウン処理が適正に行われないとWindowsデータを損傷する可能性があるため、UPS(Uninterruptible Power Supply)を設置することが望ましい。しかしM700VSシリーズは低消費電力であるため、ユニット内部に残存するコンデンサ電力だけでシャットダウン処理の実行が可能であり、工場電源の変動に対して強いシステムになっている。

また発熱量が少ないことから、工作機械の操作盤に外気を導入する冷却ファンが不要となるため、操作盤を密閉構造化することができる。切削油が操作盤内部に侵入し、様々な電気部品を痛める危険性を削減している。

5.2 長寿命化

工作機械は稼働期間が非常に長く、有寿命部品のメンテナンスは避けられない。しかし工作機械の稼働停止はユーザーに大きな損失を与える可能性があり、有寿命部品の長

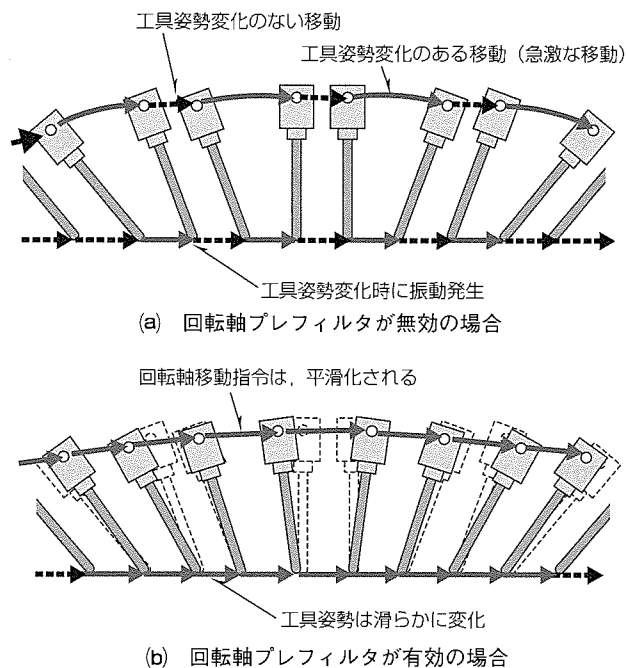


図5. 回転軸プレフィルタの工具先端点軌跡への影響

寿命化によって工作機械稼働率の向上を目指している。冷却用ファンには、軸受け周辺技術の改善によって寿命が従来機比40%増加したファンを採用し、さらにスタンダードグレードであるM720VSシリーズやM70シリーズは低消費電力を追求し、ファン自体の削除を実現している。

同じく有寿命品であるバッテリーは、バックアップが必要なデバイスを低消費電力品に厳選し、バッテリー容量計算上の期待寿命を5年以上(周囲温度40℃)として設計している。

メンテナンス可能部品の長寿命化を図る一方で、基板に直接実装される有寿命部品は限界まで削除した。最低限必要な電解コンデンサには長寿命品を採用しつつ、設計寿命を超えて容量抜けした場合でも、入力される電源が正常であれば全く問題なく動作するハードウェアシステムを構築している。

6. むすび

CNCは、機能としてはパソコンで代用可能な側面もあるが、多くの独自技術を融合し蓄積されたものである。また、その製品寿命は驚くほど長く、保守サービスまで含めたパフォーマンスが要求される。

今後も、製品の完成度をより一層高め、多くの人々に使用いただくことで世界の製造業へ貢献できれば幸いである。

新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”

小川 徹* 池田 孟*
中島誠治**
中山美佐**

New Frame Type Spindle Motor “SJ-D Series”

Toru Ogawa, Seiji Nakashima, Misa Nakayama, Hajime Ikeda

要 旨

工作機械用の主軸モータは、枠付主軸モータとビルトイン主軸モータの2種類の製品群に分けることができる。

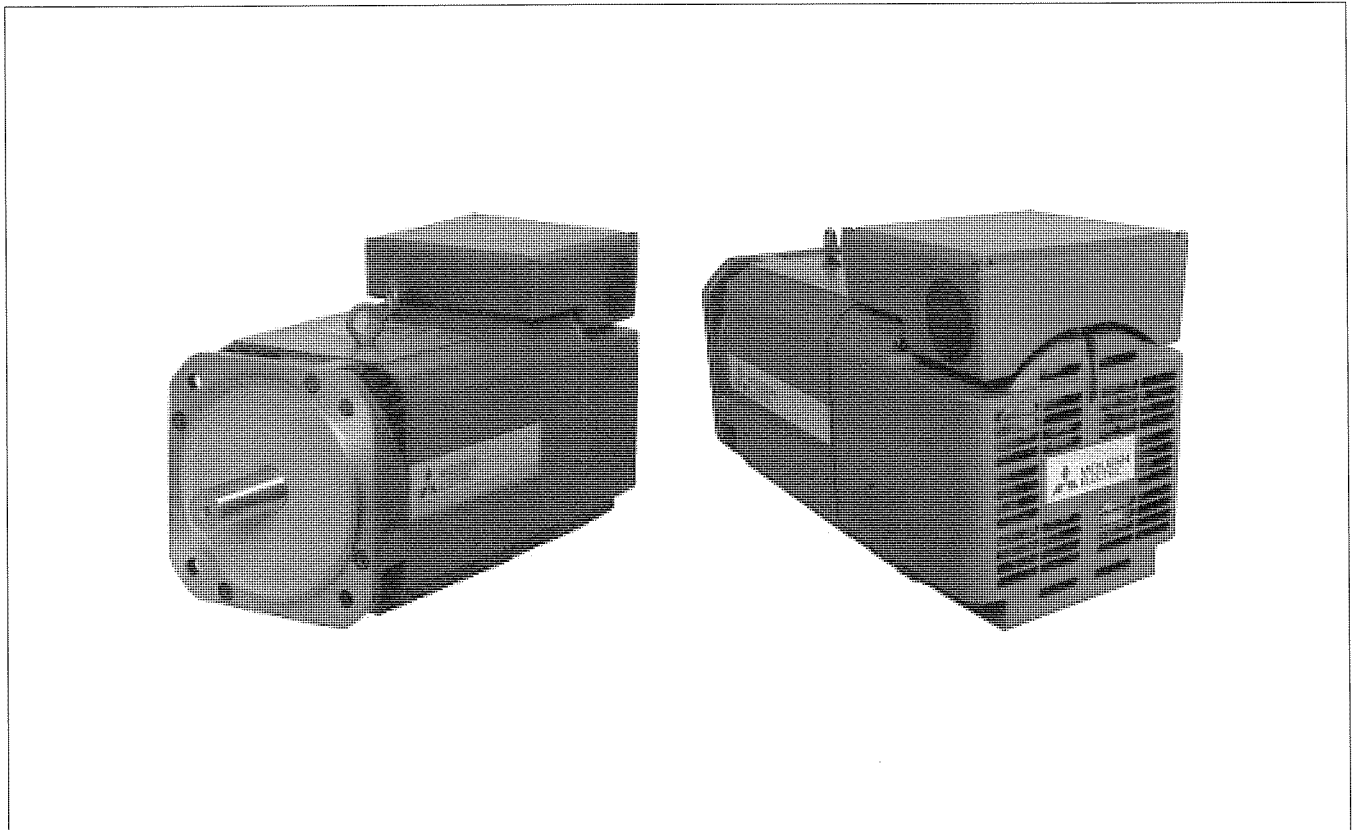
近年の工作機械は、複雑な形状の加工を可能にする複合加工機など高付加価値を持たせた高級機と、一般的な加工に対応した普及機との2極化が進行している。このうち高級機については、ビルトイン主軸モータが使用されるケースが多いが、普及機については、枠付主軸モータの使用が主流となっている。普及機の割合が高いアジア地域向けを中心に需要が増加している枠付主軸モータに対しても、省エネルギー、省資源、軽量、高信頼性を実現できる製品が求められるようになってきた。

こうしたニーズにこたえることができ、今後の枠付主軸モータの標準シリーズとなる製品として、新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”を開発した。

省エネルギー化、省資源化、軽量化にあたっては、電気設計の最適化と通風冷却構造の最適化を中心に、電磁界解析や流体解析、各種試験技術などを駆使して取り組んだ。また、製造時の材料使用量の削減、軽量材料の採用や部品点数の削減も実施した。この結果開発機種では、従来機種との比較で次のような成果を得ることができた。

- (1) 負荷運転時の電氣的損失の25%低減
- (2) フレーム表面温度上昇の32%低減
- (3) 銅線使用量の43%削減
- (4) 製品質量の17%低減

開発機種では、更に低振動化や高速化も実施しており、外観についても連続性のある造形として一体感を強調した新デザインを採用している。



新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”の外観

フルモデルチェンジにあたって、モータの機能性を阻害することなく、側面から後方にかけて連続性のある一体感を強調した新しいイメージの創出を図ったモデルにするとともに、FA (Factory Automation) 機器統一色及びロゴを採用することで、ブランドイメージを強調した。

1. ま え が き

工作機械用の主軸モータは、サーボモータの一種ではあるが、高速回転性能を重視した独自の特性を備えている。製品群としては、一般的な組立て完成品の形態をしている枠付主軸モータ(図1)と、工作機械のスピンドルユニット内部へ直接組み込むタイプのビルトイン主軸モータ(図2)の2種類に分けることができる。枠付主軸モータについては、昨今の工作機械の多様なニーズにこたえるために、ギヤレス駆動に対応した広域定出力仕様、加減速時間短縮に対応した低慣性仕様、スピンドルスルーラントに対応した中空軸仕様等、各種のバリエーションが製品群に加わっている。また、ビルトイン主軸モータについては、機械加工の高効率化・高精度化の要求に対応する製品として、最高回転速度70,000r/minの超高速仕様まで幅広い品ぞろえをしている。

近年の工作機械は、複雑な形状の加工を可能にする複合加工機など高付加価値を持たせた高級機と、一般的な加工に対応した普及機との2極化が進行しており、高級機にはビルトイン主軸モータが使用されるケースが多いが、普及機についてはスピンドルユニットの構造を単純にできる枠付主軸モータの使用が主流となっている。また、主軸モータの需要は、中国・台湾・インド等のアジア地域で急速な伸長を見せているが、これらの地域では普及機の割合が高く、省エネルギー、省資源、軽量、高信頼性を実現できる枠付主軸モータが求められるようになってきた。

本稿では、こうしたニーズにこたえることができる製品として開発した新枠付主軸モータ“SJ-Dシリーズ”について述べる。

2. SJ-Dシリーズの特長

SJ-Dシリーズは、今後の枠付主軸モータの標準シリーズとなる製品として、設計、解析、製造技術を駆使して開発したもので、次のような特長を持っている。

- ①低損失・高効率運転の実現による省エネルギー化
- ②製造時の材料使用量削減による省資源化
- ③使用時の剛性向上を実現する軽量化
- ④振動レベルV3をクリアする低振動化
- ⑤最高回転速度アップによる高速化

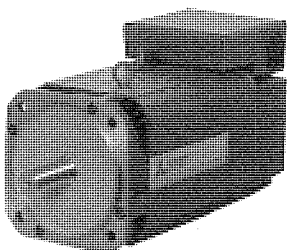


図1. 枠付主軸モータ

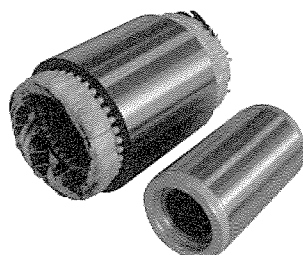


図2. ビルトイン主軸モータ

⑥一体感を強調した新デザインの採用

次に、これらの特長を実現するための技術のうち、電気設計の最適化、通風冷却構造の最適化を中心に述べる。

3. 電気設計の最適化

3.1 従来機種種の電気特性

開発機種種の設計検討にあたり、従来機種種の電気特性の詳細について確認した。対象製品の仕様を表1及び図3に示す。

三菱電機が取り組んできた高精度電磁界解析技術、高精度負荷特性試験技術を適用して、負荷時の磁束密度分布の解析と実測負荷試験による発生損失の測定及び分析を実施した。磁束密度分布の解析結果からは、負荷時で鉄心各部での磁束密度分布のアンバランスがやや大きいことが確認できた。特にステータ外径と巻線を収めているスロットとの間の鉄心部分(ステータコアバック部)が狭いために、磁束密度が高くなる傾向を示している。

また、低速負荷運転(1,500r/min, 5.5kW)時の実測負荷試験結果について分析したところ、鉄損を主体とする損失(一次銅損, 二次銅損以外の損失)が増大傾向にあることが確認された。この損失の発生要因を把握するために、更に詳細な電磁界解析を実施した結果、高調波磁束がロータ二次導体部を鎖交することで生じる高調波二次銅損の割合が大きいことが確認できた。

3.2 開発機種種の電気設計最適化

開発機種種の電気設計を実施するにあたっては、省エネルギーを実現するための低損失化・高効率化を最優先課題として取り上げ、従来機種種に対して電氣的発生損失を20%低減することを目標として検討した。

3.1節で述べた従来機種種の特性確認結果を踏まえて、電気設計最適化のために適用する方策を表2に示す2項目とし、電磁界解析を用いて鉄心各部寸法の最適値をパラメータスタディした。

3.3 電気設計最適化の効果

パラメータスタディによって得られた最適値で設計した

表1. 従来製品の仕様

製品型名	枠番	出力(kW)		回転速度(r/min)		寸法(mm)	
		(連続/短時間)	基底/最高	フランジ	モータ全長		
SJ-V7.5-01T	112	5.5/7.5	1,500/8,000	□204	440		

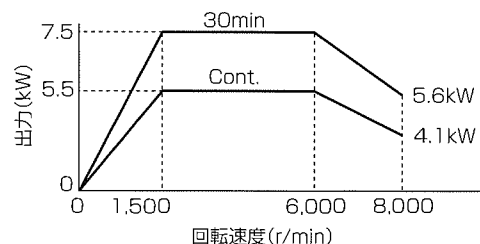


図3. 従来製品の出力特性図

開発機種と従来機種の磁束密度分布と、従来機種の磁束密度分布との比較を図4に示す。鉄心内部の磁束密度については、ステータ側とロータ側のアンバランスが解消していることが分かる。また開発機種では、ステータ側とロータ側のスロットコンビネーションの最適化による高調波二次銅損の低減についても配慮している。これらの電気設計最適化を反映させた開発試作機を製作し、低速負荷運転時(1,500r/min, 5.5kW)の電気的特性を測定して発生損失の分析を行った。その結果を図5に示す。開発機種は従来機種と比較して、鉄損を主体とする損失が大幅に減少しており、電気的損失の合計が25%低減して高効率化が実現できることを確認した。

4. 通風冷却構造の最適化

4.1 従来機種の通風冷却構造

図6に従来機種の通風冷却構造を示す。モータの反負荷側に強制冷却用ファンを搭載し、負荷側から反負荷側へ冷却風が流れる構造としている。フレーム部分の冷却風が流れる通風路は、フレームの外周にフレームカバーを取付けて構成しているため、フレームが鋳鉄製であることと部品

表2. 電気設計最適化のための方策

方策	内容
磁束密度分布を均一化	鉄心各部の磁束バランスを調整するため、ステータ、ロータのコアバックとティース幅をパラメータスタディ
スロットコンビネーションの最適化	高調波二次銅損を低減させるため、電磁加振力を考慮してスロットコンビネーションを検討

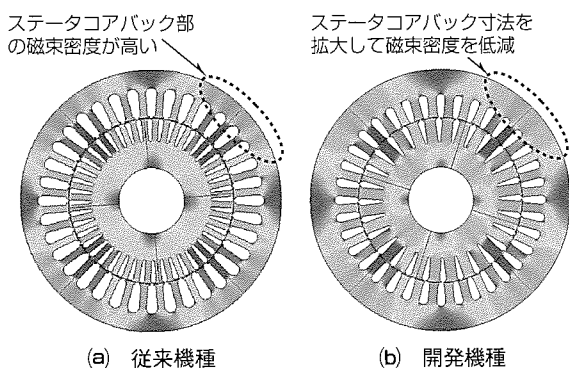


図4. 磁束密度分布の解析結果

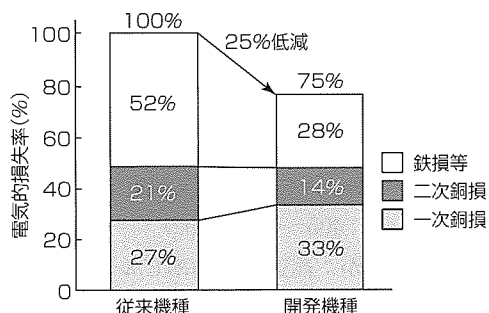


図5. 電気的損失の測定結果

構成が複雑であることから、発熱部であるステータから冷媒である冷却風への熱伝導性に改善の余地があった。また、冷却ファン取付け部の通風路部分の一部に構造部品があり、気流の流れを阻害する要因ともなっていた。

4.2 開発機種の通風冷却構造最適化

開発機種では、3章で述べたような電気的損失の低減によって発熱を抑制することができたが、さらに通風冷却構造を最適化することによって、フレーム表面の温度上昇を従来機種より30%低減することを目標とした。このために実施した方策を表3に示す。

表3のうち冷却風量の増加については、流体解析によって通風路形状を最適化するとともに、風洞実験を実施して最適値を見出した。図7に流体解析によるシミュレーション結果の一例を、図8に開発機種の通風冷却構造を示す。フレームに通風路一体成形部品を採用するとともに、圧力損失低減のために冷却ファン取付け位置などを最適化した。

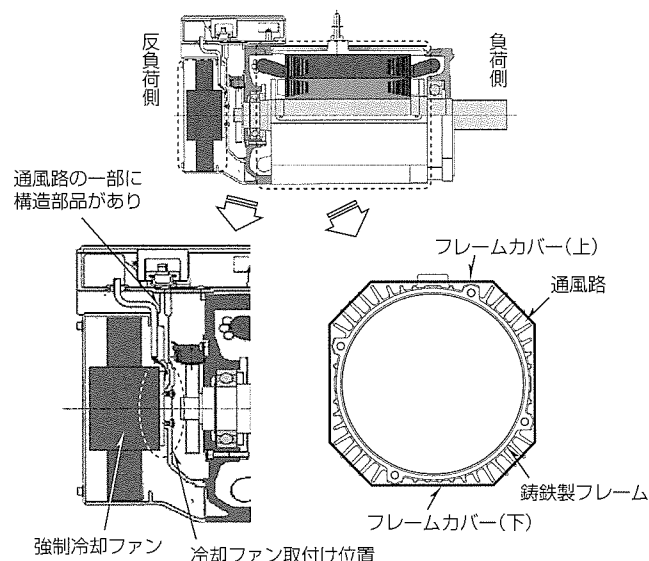
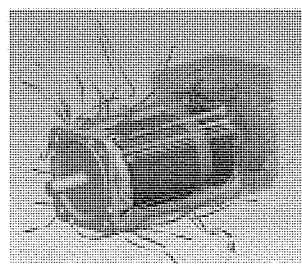


図6. 従来機種の通風冷却構造

表3. 通風冷却性能最適化のための方策

方策	内容
放熱面積の増加	フレーム通風路の表面積を増加
熱伝導性の向上	通風路一体成形部品とするとともに、熱伝導性の高い材料を採用
冷却風量の増加	通風路の圧力損失低減をねらいとし、通風路に障害となる形状を設けないよう構造の最適化を検討



帯状の線は、冷却風が流れた軌跡(流跡線)を示し、流速の差異についても濃淡で同時に示している。

図7. 流体解析のシミュレーション結果

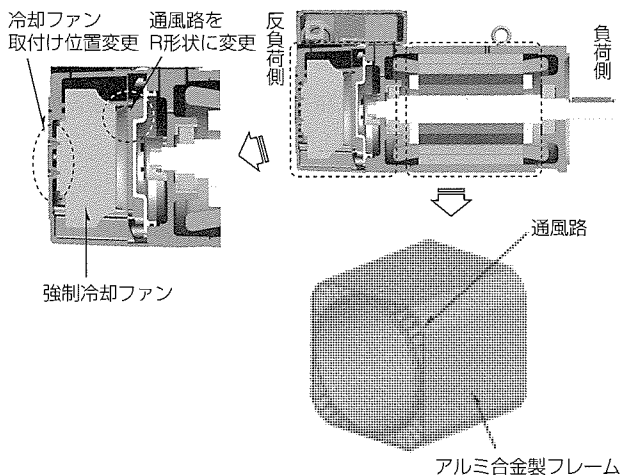


図8. 開発機種種の通風冷却構造

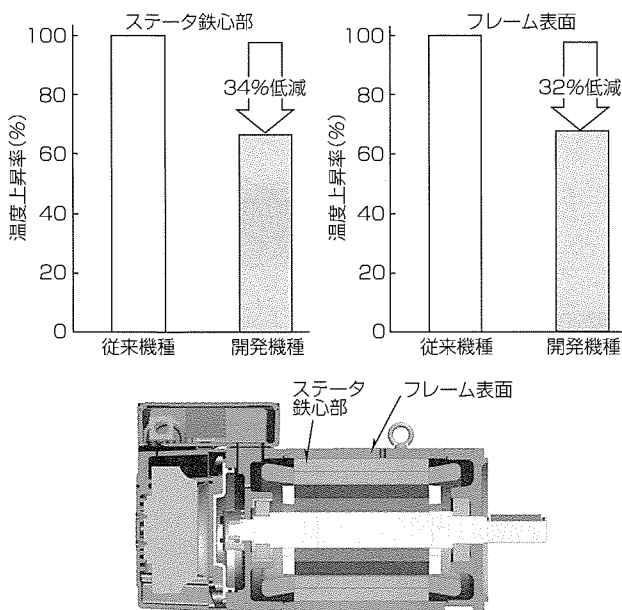


図9. モータ各部の温度上昇低減効果

4.3 通風冷却構造最適化の効果

開発機種種のフレーム表面積は、従来機種種に対して約10%増加した。またアルミ合金材を採用して通風路付近を一体成形したことで熱伝導性が向上し、電気的損失の低減と合わせて温度上昇を低減することができた。低速負荷運転(1,500r/min, 5.5kW)を続けて、モータ各部が飽和した際の温度上昇値を図9に示す。ステータ鉄心部で34%、フレーム表面で32%温度上昇が抑制されている。

5. 省資源化と軽量化

開発を進めるにあたっては、ここまで述べたような電気設計及び構造設計の最適化とともに、製造時の材料使用量の削減による省資源化、軽量材料の採用や部品点数の削減による軽量化にも取り組んだので、その一例を次に述べる。

5.1 銅線使用量削減による省資源化

電気設計を最適化する際に、ステータコイルに使用する

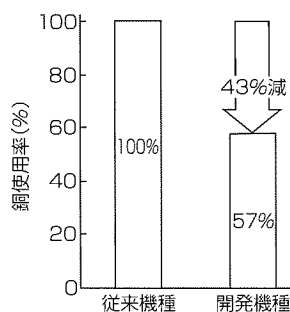


図10. 省資源化の効果

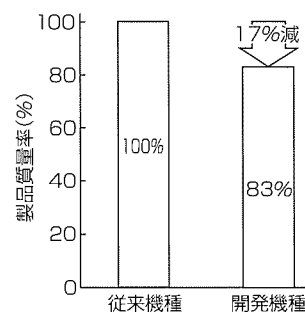


図11. 軽量化の効果

表4. SJ-Dシリーズの製品仕様

型名	枠番	出力(kW) (連続/短時間)	最高回転速度 (r/min)	フランジ寸法 (mm)
SJ-D3.7/100-01	90	2.2/3.7	10,000	□174
SJ-D5.5/100-01		3.7/5.5	10,000	
SJ-D7.5/100-01	112	5.5/7.5	10,000	□204
SJ-D11/80-01		7.5/11	8,000	

銅線の所要量を極力削減するような設計とした。この結果、図10に示すように銅線の使用量を従来機種種に対して43%削減でき、省資源化を実現できた。

5.2 軽量材料の採用と部品点数削減による軽量化

通風冷却構造を含む構造設計の最適化を進めるにあたっては、軽量な素材の採用や部品点数の削減も実施した。開発機種種ではフレームをはじめとする構造部品について、従来機種種で多用していた鋳鉄製部品に代わってアルミ合金製部品を採用することや、部品点数を26%削減することで、図11に示すように製品質量の17%軽量化を実現した。

6. 製品仕様

SJ-Dシリーズとして、表4に示す2枠番4機種種を製品化した。今後は枠番の追加や広域定出力仕様、低慣性仕様、中空軸仕様などのバリエーションを充実させて、工作機械の幅広いニーズにこたえていく計画である。

7. むすび

本稿では、省エネルギー、省資源、軽量化、高信頼性化を実現し、今後の枠付主軸モータの標準シリーズとなる製品である新枠付主軸モータSJ-Dシリーズの特長とそれに適用した技術について述べた。省エネルギーや省資源化については今後も継続して取り組み、環境に配慮した主軸モータの製品拡充に努める所存である。

参考文献

- (1) 川島和之, ほか: 工作機械用主軸モータ, 三菱電機技報, 76, No.6, 405~409 (2002)
- (2) 嶋田明広, ほか: 高速・高効率ビルトインIM主軸モータ, 三菱電機技報, 77, No.6, 383~386 (2003)

MELSEC計装による高性能・コンパクトな現場型計装システム

坪根 亮*

Compact and Sophisticated On-site System by MELSEC Process Control

Akira Tsubone

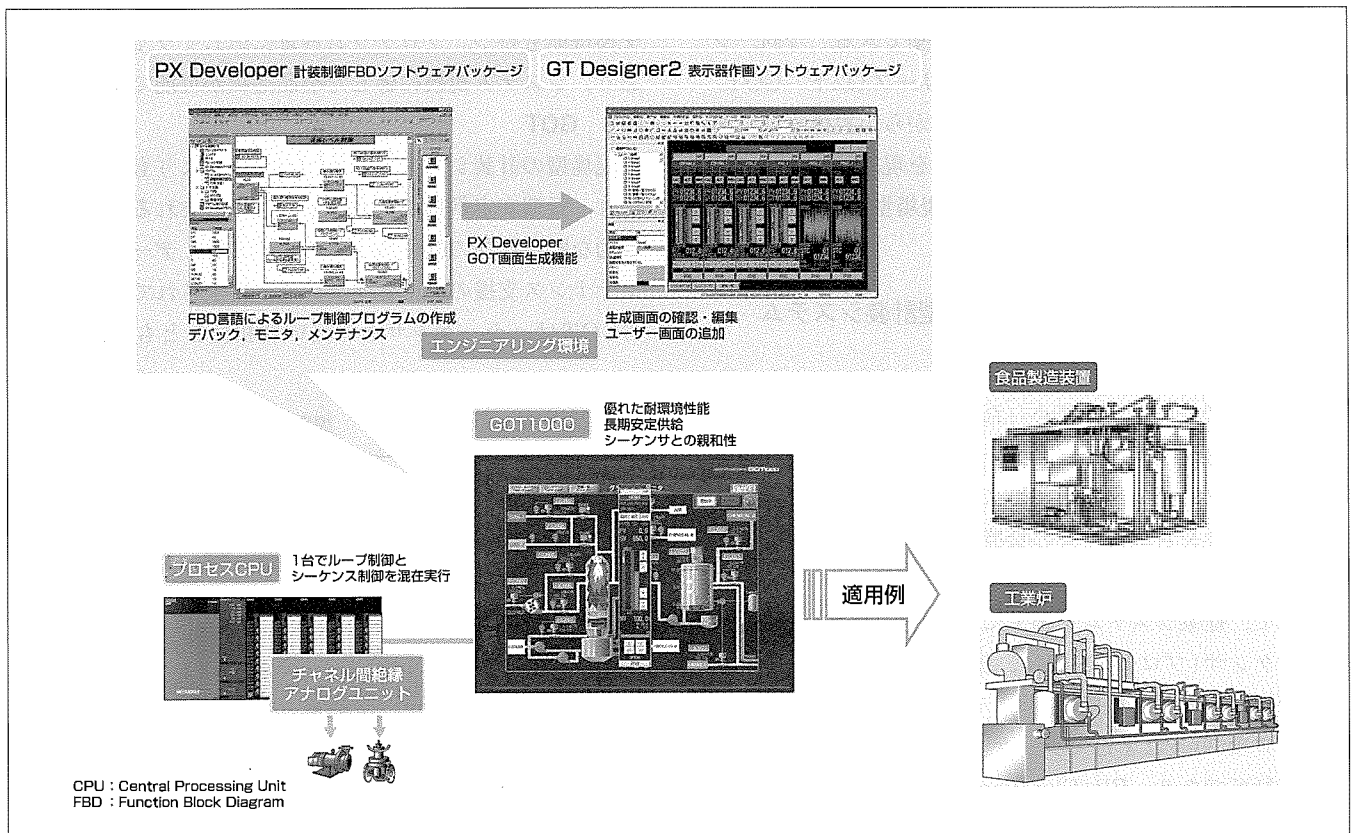
要旨

シーケンサの高機能化，特にアナログ信号処理能力の向上とともに，プロセス制御へのシーケンサ適用が広がっている。従来，プラント計装ではDCS(Distributed Control System)が主に使用されてきたが，DCS更新時期の到来とともに，特に小規模設備の計装システムの制御にシーケンサを活用し，コスト削減を図る動きが増えている。

一方で，計装システムの監視はSCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)ソフトウェアを搭載した汎用パソコンが主流である。しかしこれらの監視パソコンは，複数の制御コントローラがネットワークで分散されるような大規模設備の集中監視には向いていても，装置から小規模設備におけるスタンドアロン型の計装システムには不可欠でない場合が多く，特に監視操作を含めシステムを

現場(制御盤)で完結したい設備では，汎用パソコンの使用は耐環境性の面で問題がある。

三菱電機は高性能・高性能なプロセス制御を低コストで柔軟に構築できる汎用シーケンサMELSECを用いた計装制御システム，“MELSEC計装”を展開してきた。本稿ではさらにプロセス監視に当社表示器“GOT1000シリーズ”を活用することで，特に装置から小規模設備における計装システムの制御から監視までを現場(制御盤)にコンパクトに凝縮することができる，“現場型計装システム”について述べる。また，このシステムの提案にあたり，エンジニアリング工数削減のために取り組んだ適用技術について述べる。



MELSEC計装による高性能・コンパクトな現場型計装システム

“MELSEC計装”とは，汎用シーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”を使用した計装制御システムを表す。今回はプロセス監視に当社表示器GOT1000シリーズを活用し，特に装置から小規模設備における計装システムの制御から監視までを現場(制御盤)にコンパクトに凝縮することができる“現場型計装システム”を提案する。

*名古屋製作所

1. ま え が き

プロセス制御には監視操作が不可欠であり、SCADAソフトウェアを搭載した汎用パソコンが主流となっている。これらはWindows^(注1) OS(Operating System)の進化に伴い、多機能化・高機能化が進み、多様なユーザーニーズにこたえるものとなっている。しかし、このような監視パソコンは大規模なシステムの集中監視には適していても、装置から小規模設備における計装設備では使用しにくいものとなっている。その主な理由としては、汎用パソコンは現場使用における耐環境性が十分ではないこと、OSのバージョンアップや製品寿命の短さから保守・メンテナンスコストがかかることが挙げられる。実際に、装置から小規模設備における計装設備は、エンドユーザーの低コスト化要求が強く、また高度な制御や監視機能が不可欠ではないため、調節計やランプ・ボタンのみでまかなっているケースも多い。しかし、システムインテグレータとしては、このようなシステムでも、低コストを実現しながら、制御性、生産性向上のために高度な制御を実装し、操業分析や帳票作成のためにデータ収集、警報一覧確認を行うなどして差別化を図りたいというニーズがある。

当社はこのような市場の要求にこたえ、汎用シーケンサMELSECを用いた計装制御システム“MELSEC計装”を展開している。シーケンサを用いることで、高機能・高性能なプロセス制御を低コストで柔軟に構築できる。今回、プロセス監視に当社表示器GOT1000シリーズ(以下“GOT”という。)を活用することで、特に装置から小規模設備における計装システムの制御から監視までを現場(制御盤)にコンパクトに凝縮することができる、“現場型計装システム”について述べる。

2. 高性能・コンパクトな現場型計装システム

2.1 現場型計装システムの概要

現場型計装システムに求められる要件としては、次の点が挙げられる。

- ・ 高度なプロセス制御を低コストで簡単に構築できる。
- ・ 監視操作を含めた一連の機能をパソコンレスで実現する。

ここで、提案システムを図1に示す。制御コントローラにシーケンサ(プロセスCPU)、監視操作にGOTを用いたシステムは次の特長を持つ。

- ・ プロセスCPU 1台でシーケンス制御とループ制御が実行可であり、FB(Function Block)の組合せによって高度なプロセス制御ロジックが簡単に構築可能である。
- ・ 耐環境性に優れ長期安定供給可能なGOTによって、

(注1) Windowsは、米国Microsoft Corp. の登録商標である。

パソコンを使用しなくてもループ調整、プロセス監視操作、データ収集、制御プログラムのバックアップまで、一連の監視操作機能を実現できる。

これらの特長によって、提案システムは前に述べた必要要件を満たすとともに、従来のシーケンサ+調節計といった構成に比べて、制御と監視をそれぞれシーケンサとGOTに集約できたことで、ハード的にもシンプルかつコンパクトなものとなっている。さらに、当社はチャンネル間絶縁アナログユニットについても豊富にラインアップしている。チャンネル間絶縁アナログユニットを用いることで、フィールド機器との接続に絶縁アンプが不要となり、コスト削減とともに省スペース化が図れる。

次に、システムを中心となるプロセスCPUとGOT、及びそのエンジニアリング環境について述べる。

2.2 プロセスCPU

プロセスCPUは、“MELSEC-Qシリーズ”の高速・高性能のシーケンサCPUに、基本PID(Proportional, Integral, Derivative)制御・2自由度PID制御・サンプルPI制御・警報検出・オートチューニング・各種補正演算など52種類のプロセス制御専用命令を搭載したCPUユニットである。このため、プロセスCPUはシーケンス制御とループ制御の混在実行が可能である。また、PID制御ループを約400 μ s/ループで演算することができ、10msという高速制御周期の実現も可能となる。さらに、オンラインユニット交換機能も持つ。プログラム容量に応じてライアアップしており、システム規模に応じた製品選択が可能である(図2)。

2.3 GOT

現場型の計装システムでは、パソコンよりも耐環境性に優れ、長期安定供給が可能な表示器が好まれる。また、基本的な監視操作の機能はもちろんのこと、データ収集、メンテナンス支援の面で様々な機能が要求されている。当社のGOTは、シーケンサとの高い親和性ととも、パソコ

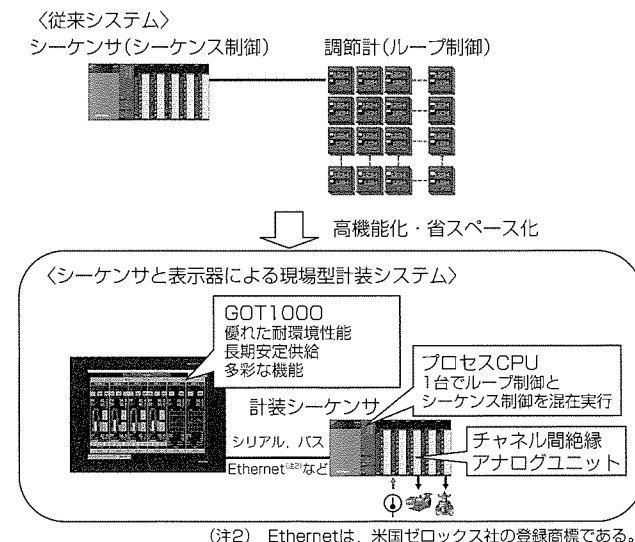


図1. システム構成例

ンを使用しなくてもこうした要求にこたえる機能を備えている。特に計装用途で有用な機能について述べる。

2.3.1 ログ機能

監視制御では、シーケンサデバイスのON/OFF、数値の入力のほか、プロセスデータのロギングとトレンド表示が必要である。GOTでは、ロギング機能によって、各種データの収集が可能であり、ヒストリカルトレンドグラフと組み合わせることで、複数のデータを簡単にグラフ表示で確認できる(図3)。収集したデータは、CF(Compact Flash)カードに保存して、パソコンでの記録、分析に活用できる。また、新機種“GT16モデル”ではUSB(Universal Serial Bus)メモリ経由でデータを取り出せるため、一層手軽になっている。

2.3.2 拡張アラーム監視機能

運用中に異常が発生した場合、異常内容を把握し、迅速な対応が必要となる。例えばGOTの拡張アラーム監視機能では、異常の検知だけでなく、異常に関する詳細やトラブルシューティングを表示させることが可能であり、オペレータの復旧作業を迅速に支援することが可能である(図4)。

2.3.3 バックアップリストア機能

この機能で、シーケンサCPUのプログラム、パラメータ、実行中のデータ(シーケンサデバイスデータ)を日付・時間とともにバックアップを取っておくことが可能である。

これによって、CPUの故障時の交換・復旧を素早く行うことができる(図5)。

2.4 MELSEC計装エンジニアリング環境

MELSEC計装のエンジニアリング環境である、計装制御FBDパッケージ“PX Developer”について述べる。

2.4.1 PX Developer

PX Developerは、プログラミングツールとモニタツールから構成され、ループ制御のプログラム作成から監視までを行うことができる(図6)。

プログラミングツールは、ループ制御を簡単に記述できるようにするため、FBD(Function Block Diagram)言語を採用している。プログラミングツールは、プロセスCPUの持つプロセス制御命令をカプセル化したFB、アナログ信号を簡単に入出力するユニットFBなど、便利なFBを提供している。ユーザーは、これらのFBをシート上に張り付け、FB同士を結線し、パラメータを設定していくだけで、ループ制御ロジックを簡単にプログラミングすることが可能である。

一方、モニタツールは、計装監視操作でよく使用される標準画面(フェースプレート、チューニングパネル、コントロールパネル、トレンドグラフ、警報一覧、イベント一覧)を持つ。これらはプログラミングツールで作成したブ

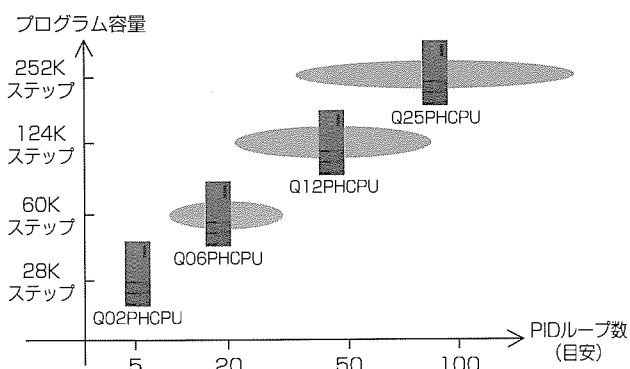


図2. プロセスCPUのラインアップ

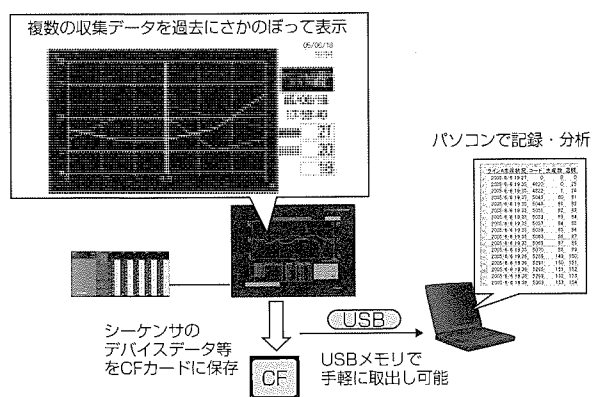


図3. ログ機能

■「概略→詳細→手順」の4段階ステップ表示

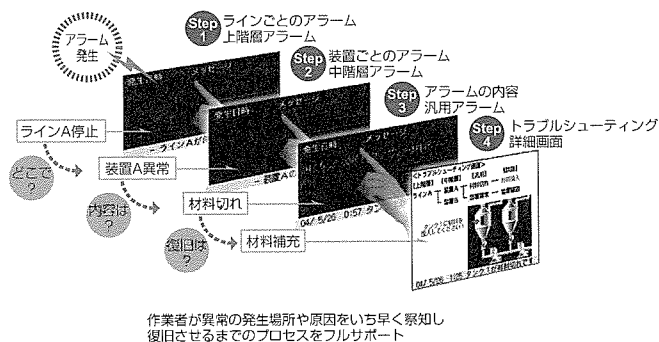


図4. 拡張アラーム監視機能

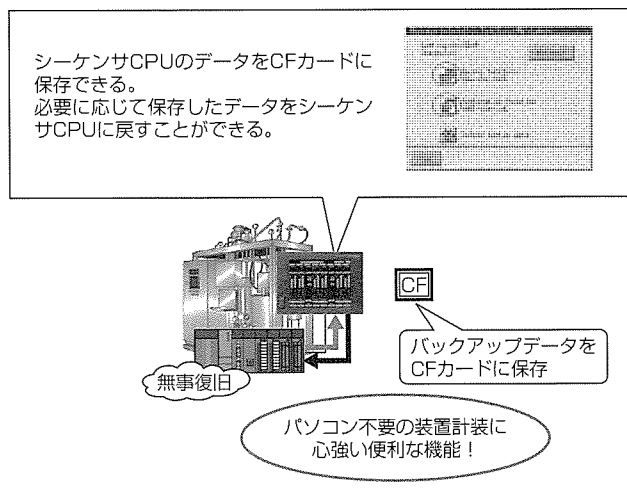


図5. バックアップリストア機能

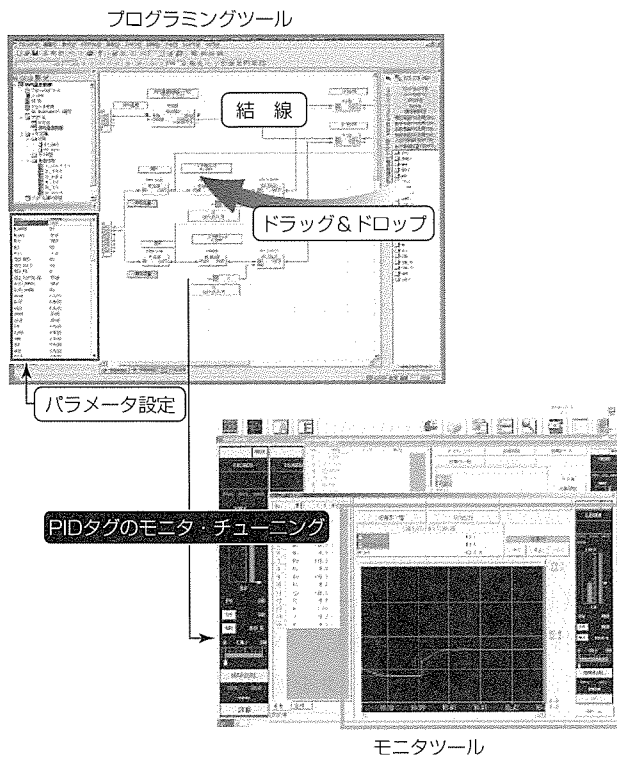


図6. PX Developerの構成

プロジェクトを指定するだけで簡単に利用でき、すぐにループのモニタや調整作業に使用できる。

2.4.2 GOT画面生成機能

前に述べたPX Developerには、GOT画面生成機能(GOT画面生成ウィザード)を装備している。ユーザーは、PX Developerのモニタツールの監視画面設定(コントロールパネル内のタグ並び順、トレンドグラフの記録ペン登録、単位名称など)を行い、GOT画面生成ウィザードを実行するだけで、モニタツールと同様の監視操作が可能なGOT画面データを自動的に生成することができる(図7)。生成可能な画面例を図8に示す。

生成されたGOT用監視操作画面は、プロセスCPU側との表示アドレス設定や、画面遷移の設定が生成時に埋め込まれている。そのため、ユーザーはプラント/装置全体のグラフィック監視画面などを作画・追加するだけで済み、監視画面作成のエンジニアリングコストを大幅に削減できる。また、自動生成されたGOT監視操作画面は、作画編集することも可能であり、必要に応じてカスタマイズすることができる。

3. む す び

本稿では装置から小規模設備を対象に、表示器とシーケンサを用いたコンパクトで高性能な現場型計装システムについて述べた。このシステムは、食品製造装置、液晶・半

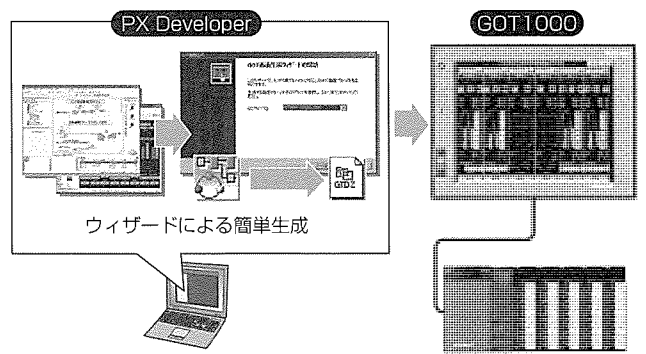


図7. GOT画面生成機能

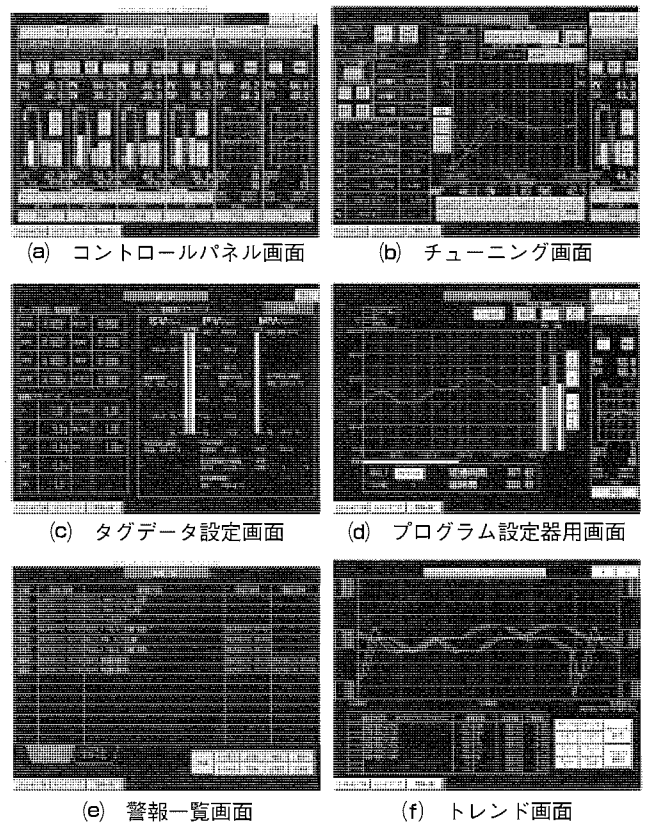


図8. 自動生成可能な画面例

導体製造装置での調節計の置き換え、各種試験装置等に適用可能である。

今後も装置から小規模設備の計装システムでは、省スペース化、コスト削減、高付加価値化が進んでいくと思われる。ユーザーの意見を採り入れながら、付加価値の高い製品、使い勝手のよい製品を開発していく所存である。

参考文献

- (1) 市岡裕嗣：MELSEC計装，三菱電機技報，81，No.4，281～284（2007）

省工数ユニットの拡充

跡部正則*
 山中孝彦*
 田川 隆**

New and Improved Cost Saving Products

Masanori Atobe, Takahiko Yamanaka, Takashi Tagawa

要 旨

近年、FA業界で、2007年度問題の熟練作業員減少を発端に、市場からの省工数への要求は、開発・設計段階に留まらず、施工・立ち上げ、運用・保守にまで広がっている。これらの要求に対応するため、“CC-Link”で、ユニバーサルデザイン対応アナログユニット、“MELSEC-Qシリーズ”で、表示機能付スプリングクランプ端子台ユニット及び寿命検出電源ユニットを製品化した。

主な特長は次のとおりである。

(1) 開発・設計段階における省工数化

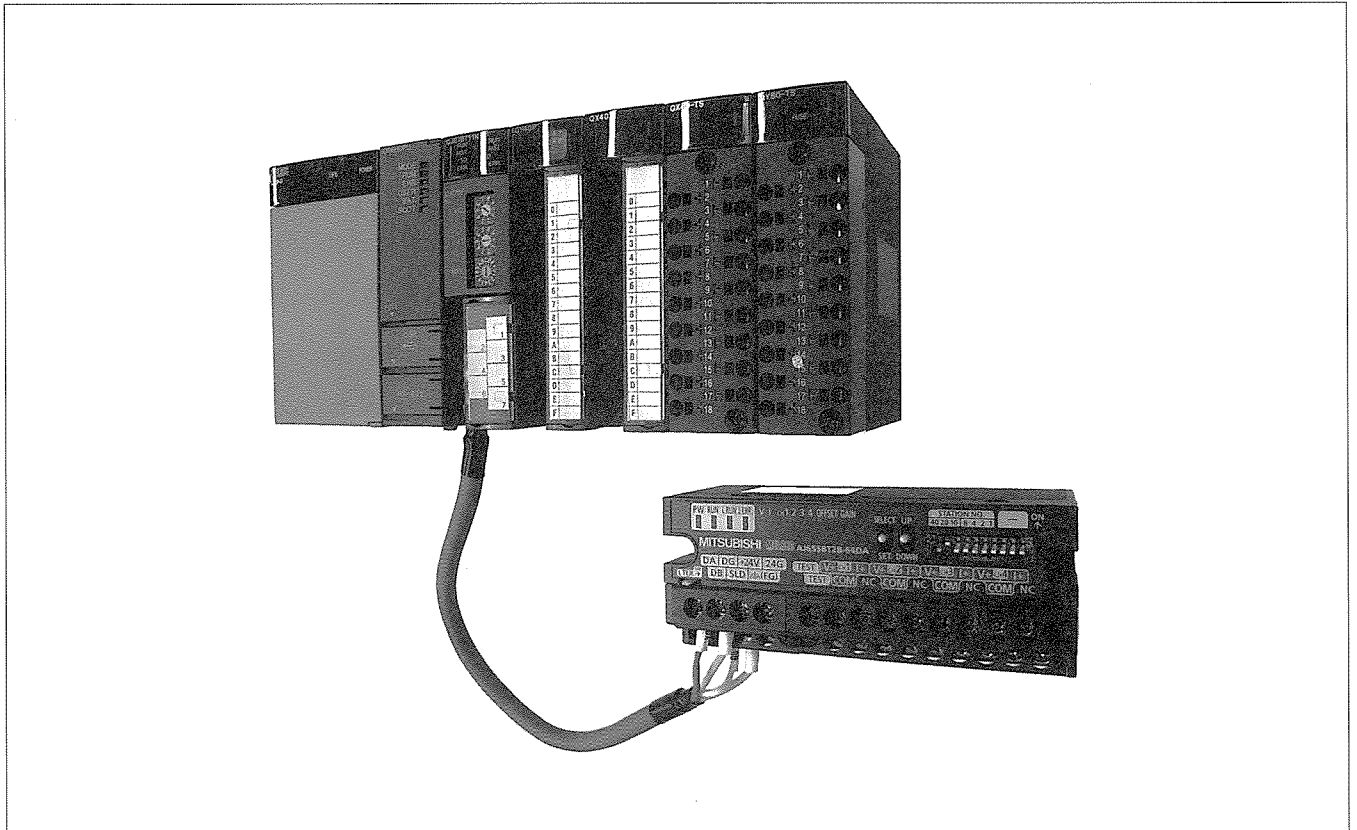
従来のCC-Linkアナログユニットのチャンネル数を増加することで、システムの大幅なコスト削減・省スペース化を実現した。

(2) 施工・立ち上げ段階における省工数化

CC-Linkユニットへのユニバーサルデザイン(すべての人のためのデザイン)適用及び、表示機能付スプリングクランプ端子台ユニットによる、配線状態の目視確認の実現によって、視認性の向上及び誤配線を防止し、熟練作業員に頼らない配線工数の削減を実現した。さらに、CC-Linkでは伝送速度自動追従機能によって、設定作業の削減を実現した。

(3) 運用の保守段階における省工数化

寿命部品である電源装置に寿命検出機能をつけることによって、稼働中の設備のダウンタイムゼロを実現した。また、ユニットへの2ピース端子台の拡充によって、ユニット故障時の再配線作業の削減を実現した。



省工数ユニット(3種類)の外観

写真は、寿命検出電源ユニット(上左)、表示機能付スプリングクランプ端子台ユニット(上右)、ユニバーサルデザイン対応CC-Linkアナログユニット(下)である。

1. ま え が き

三菱電機では、市場からの工数削減要求に対し、超小型シーケンサQシリーズによる省スペース化及び、シーケンサ・表示器・サーボ・インバータ・ロボットを1つのネットワーク(省配線)で接続できるCC-Link(フィールドネットワーク)を1996年に市場投入した。さらに、センサ・バルブ等を対象とした、CC-Linkの省配線を補う“CC-Link/LT(センサレベルネットワーク)”を2002年に市場投入することによって、配線工数の削減を実現してきた。そんな中、2007年度問題の熟練作業者の減少を発端に、工数削減に対する要求は、センサ・バルブ等の外部機器との実配線作業及び、生産設備稼働後の保守メンテナンス作業工数の削減まで広がっている。このような市場要求にこたえるため、三菱電機では超小型シーケンサQシリーズユニット及び省配線ネットワーク(CC-Link)の省工数化向上のため、ユニバーサルデザイン及び新技術を適用した省工数ユニットを製品化することで、トータルコスト削減を実現した。

本稿ではこれら省工数ユニットの特長及び適用技術について述べる。

2. ユニバーサルデザイン対応CC-Linkアナログユニット

2.1 製品概要

市場からの工数削減要求にこたえるため、従来のCC-Linkアナログユニットに対してユニバーサルデザインを適用するとともに、チャンネル数を増すことによって、配線性向上、システムの大幅なコスト削減、省スペース化を実現するCC-Linkアナログユニット“AJ65SBT2B-64DA”“AJ65SBT2B-64RD3”を製品化した。さらに、このユニットは、CC-Linkの伝送速度をマスタユニットに合わせて自動追従する伝送速度自動追従機能、CC-Link通信部端子台及び外部接続端子台の2ピースの端子台脱着構造などを搭載することで、施工・立ち上げ及び保守性向上を可能とする。

2.2 特長

2.2.1 多チャンネル化

従来の小型CC-Link D/A(Digital/Analogue)変換アナログユニットは、1ユニットあたりのチャンネル数が2チャンネルであったが、今回開発したAJ65SBT2B-64DAでは4チャンネルを実現している。これによって使用するユニット数が減らせるため、ユーザーにとって大幅な省スペース化とコスト削減が可能となる。

2.2.2 小型化

DC/DCコンバータの内製化の小型化技術によって、AJ65SBT2B-64RD3は従来機種ユニットサイズを小型化し、体積比で1/2の省スペース化を実現した。

2.2.3 端子記号の表示改善(ユニバーサルデザイン適用)

ユニバーサルデザインは“すべての人のためのデザイン”を意味し、年齢や障がいの有無、男女などにかかわらず、だれもが利用可能であるようにデザインすることを目的とする。

従来のユニットでは、ユーザーが配線作業をする上で表示が単調であり、視認性が良くないため、誤配線する場合があった。そこで、今回開発したユニットでは、ユニバーサルデザインを適用することで、信号名と背景とが区別できるような視覚的な特長を持ち、チャンネル・端子台・LED・スイッチごとのグループ化をすることで、ユニット前面の表示の視認性を大幅に向上させた。端子台への配線やスイッチ設定がわかりやすくなり、施工性の向上及び、誤配線/誤作動の防止を可能とした(図1)。

2.2.4 伝送速度自動追従機能

従来は施工・立ち上げ時で、伝送速度の変更は、ユーザーがマスタ局の伝送速度設定と全リモートユニットの伝送速度をスイッチで変更し、電源を入れ直す必要があったが、伝送速度自動追従機能によって、リモートユニット側の伝送速度設定が不要となり、設定ミスの防止、リモート局の電源の入れ直し作業が不要となるため、施工・立ち上げ工数の大幅な工数削減が可能となる(図2)。

2.2.5 終端抵抗内蔵

終端抵抗(110Ω)を内蔵し、終端抵抗の接続/非接続の切替えをスイッチ設定によって可能とした。従来の終端抵抗の外部取付け作業が不要となり、立ち上げ工数の削減を実現した。

2.2.6 端子台脱着構造

CC-Link通信部端子台に加え、外部接続端子も2ピース構造とし、端子台の配線はそのままユニット本体の交

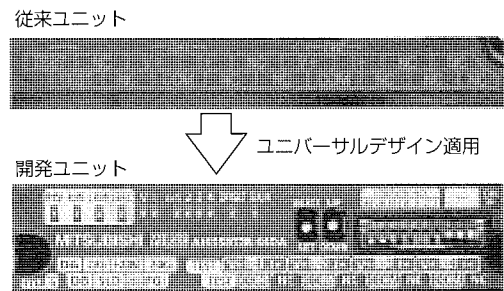


図1. 前面表示へのユニバーサルデザインの適用

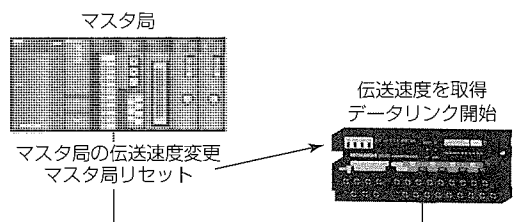


図2. 伝送速度自動追従機能

換を可能とした。再配線作業ゼロが実現でき、保守メンテナンス工数を大幅に削減した(図3)。

3. 表示機能付スプリングクランプ端子台ユニット

3.1 製品概要

欧州では、振動による緩み防止及び省工数(配線時間の短縮、保守メンテナンス不要)に対しメリットのあるスプリングクランプ端子台の採用が主流である。国内でも近年、自動車業界でスプリングクランプ端子台の採用を開始し、今後スプリングクランプ端子台が主流になると考えられる。そこで、スプリングクランプ端子台を標準装備させることで、メンテナンス工数の削減、目視による接続確認を可能にする表示機能付など、配線・メンテナンス工数の削減を実現させる。

3.2 特長

3.2.1 スプリングクランプ端子台

棒端子で端子処理をして結線する場合、ねじ端子での配線が不要となり、プッシュイン(工具なし)で結線可能なため、ねじ端子と比較して配線工数を大幅に削減できる。さらに、常時安定した力で電線を押さえるため、増し締め等の定期メンテナンスも不要となる。また、2ピース端子台構造を採用することによって、保守メンテナンス工数を大幅に削減した(図4、図5)。

3.2.2 表示機能

従来の機種では、確実に配線されていることの確認方法は、配線を直接引っ張り、配線が抜けないことを確認するなど、熟練作業者に頼る方法しかなかった。しかし、この

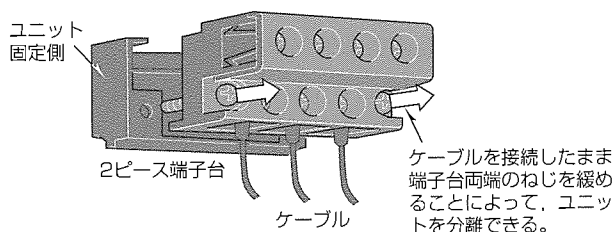
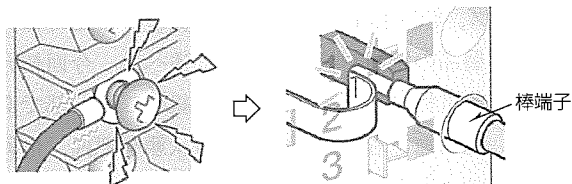


図3. 端子台着脱(2ピース)構造



- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 振動によるねじのゆるみ・欠落・紛失 ● ねじの増し締めなど定期メンテナンスが必要 ● ねじ締め作業の手間と工数がかかる | <ul style="list-style-type: none"> ● 振動に強く、安全な接続を実現 ● ねじを使わないから従来のメンテナンスも不要 ● プッシュインで工数削減 |
|---|--|

従来のねじ端子台タイプ スプリングクランプ端子台タイプ

図4. ねじ端子台とスプリングクランプ端子台の特長比較

開発ユニットでは、表示機能を採用することによって、配線完了の状態を目視で確認可能となり、完全に接続されると表示機能部“T”が突き出るため、非熟練作業者でも、容易に半接続状態の防止を可能とした(図6)。

4. 寿命検出電源ユニット“Q61P-D”

4.1 製品概要

一般的な電源装置は、アルミ電解コンデンサに代表される寿命部品を数多く用いており、電源装置自体が寿命部品と考えられている。電源装置が寿命に到達した場合や、電源装置の突然の故障によって、システムダウンに至った場合には、生産ラインが停止し、ダウンタイムの長期化によるユーザーのメンテナンスコストも増加する。そのため、ユーザーは電源ユニットが寿命に到達し、突然システムが停止することを防止するために、個々のユニットの交換時期を把握する必要がある。しかし、従来の電源ユニットでは交換時期を把握する手段がなく、寿命検出機能を持つ製品の要望が多かった。

そこでこの機能を持たせることで、メンテナンスコストの低減とダウンタイムゼロを実現できる電源ユニットQ61P-Dを開発し、電源ユニットの保守性を大幅に向上させた。また、この電源ユニットは、寿命検出機能以外に、ユニットの周囲温度やユニット内部の寿命診断回路が異常であることを示す異常検出機能を搭載することで、予防保全をさらに向上させている。

4.2 特長

4.2.1 寿命検出機能

電源ユニット内部に用いるアルミ電解コンデンサのうち、製品寿命を決定するコンデンサに着目し、図7の容量変化特性を稼働中に直接測定することによって、精度の高い寿命検出及び残存寿命表示を実現した。

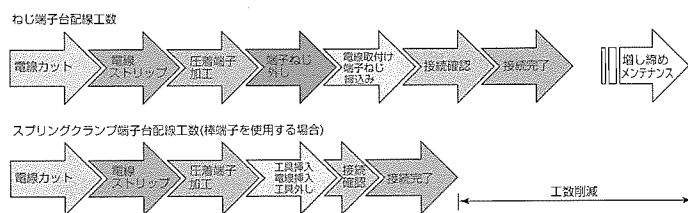


図5. ねじ端子台とスプリングクランプ端子台の工数比較

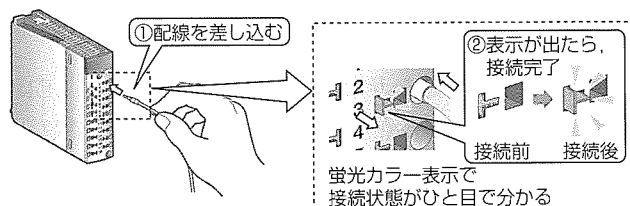


図6. 表示機能の特長

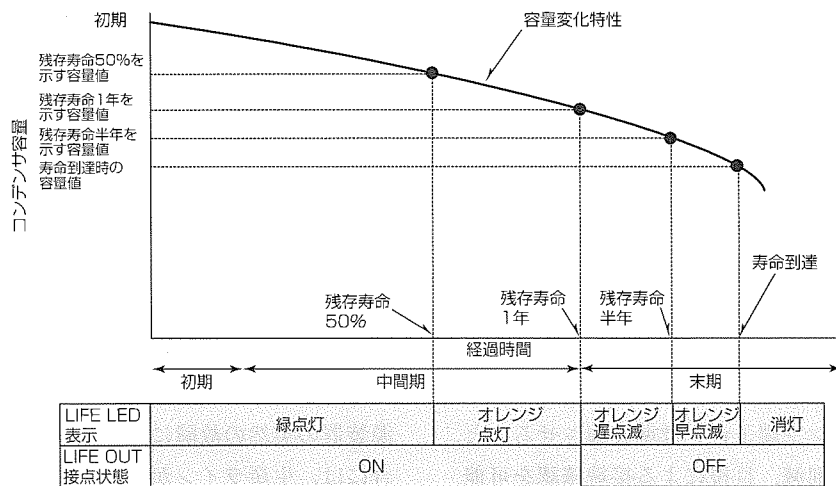


図7. 容量変化と寿命検出の特性図

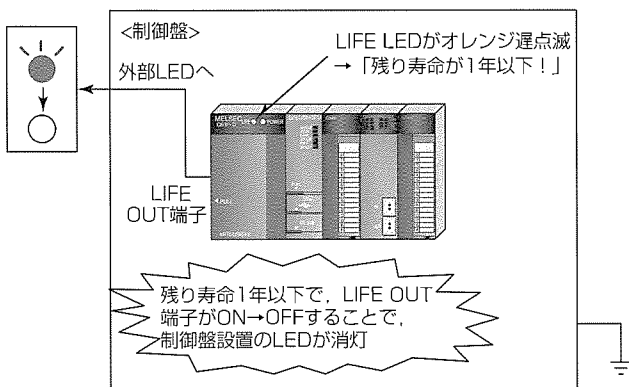


図8. システム構成例

表1. 異常検出機能

項目	異常モード	異常状態	LIFE LED表示状態	LIFE OUT接点動作状態	処置方法
1	周囲温度範囲外	仕様周囲温度を超えた環境で、このユニットを使用した場合に発生	赤点灯	OFF	周囲温度を仕様周囲温度まで下げた上で、電源再投入後、正常動作に復帰
2	寿命診断異常	このユニットの寿命診断回路の異常時などに発生	赤点滅	OFF	電源再投入後に、正常動作に復帰しない場合、電源ユニット交換

この電源ユニットを使用したシステム構成例を図8に示す。LIFE OUT接点に接続した外部のLEDが消灯することで寿命状態が1年以下であることを確認できる。

(1) 寿命検出方法

①測定方法

稼働中での寿命検出を行うため、電源出力を維持したまま寿命を検出できる寿命検出回路を搭載した。寿命検出回路は、回路制御や寿命判定を実行するためのマイコンと、コンデンサ放電回路を備えており、電源主回路で使用しているコンデンサの寿命劣化時の放電電圧を測定し、メモリに格納されている放電電圧の基準データと比較することで、寿命検出を可能とした。

②特殊コンデンサの開発

寿命検出を実現するためには、稼働時間に対して比例的に容量が劣化していくコンデンサを使い、そのコンデンサの容量特性(初期から末期の寿命特性)を事前に測定する必要がある。そのため、コンデンサメーカーと連携し、寿命検出に最適な特殊なコンデンサの開発を進め、電源に搭載した。

(2) 寿命状態表示

検出した寿命状態を寿命通知専用のLED(LIFE LED)や接点(LIFE OUT接点)で外部に通知(初期状態、残存寿命50%、残存寿命1年、残存寿命半年、寿命到達の5段階)する。

(3) 電源ユニットの使用例

4.2.2 異常検出機能

寿命検出処理を正常に実行するには、寿命診断回路が正常であり、かつ、仕様値内であることが前提となる。周囲温度が仕様値(0~55℃)を超えた、又は寿命診断回路が異常の場合には、異常内容を外部に通知する必要がある。前に述べたLIFE LEDとLIFE OUT接点を用いて、周囲温度の異常や寿命診断回路の異常を通知する(表1)。

このように、異常を通知することで、トラブルシューティングを容易にし、速やかな装置の復旧を可能にした。

5. むすび

Qシリーズ、CC-Linkで省工数化を実現するために採用した技術と製品の特長や機能について述べた。今回紹介した内容は三菱電機の省工数に対する取組のごく一部である。

今後は、遠隔地でも配線異常・寿命状態を把握、情報収集できるユニットを開発するなど、市場ニーズにマッチした製品を拡充することで、MELSECの省工数向上を目指していく所存である。

参考文献

- (1) 野本浩主, ほか: 絶縁多チャンネルアナログユニット, 三菱電機技報, 80, No.11, 691~694 (2006)

GOT1000シリーズ新モデル“GT16”

有馬亮司*

Graphic Operation Terminal(GOT1000 Series) New Model “GT16”

Ryoji Arima

要旨

2004年7月に三菱電機はGOT1000シリーズ“GT15モデル”の発売を開始した。GT15モデルでは、回路モニタ機能や、バックアップ/リストア機能など、トラブルシュート、ダウンタイム短縮を目的とした、保全作業のサポートに効果を発揮する機能を顧客に提供することによって、“装置のダウンタイム短縮のソリューションに優れた表示器”として高い評価を得るに至った。

一方、表示器の装置やシステムにおける役割は年々大きくなっており、更なる高性能化・高機能化が求められている。本体の高性能化による、画面のモニタとロギング機能などの両立による快適な操作性、保全作業における動画などを用いたトラブルシュート性向上、動画マニュアルなど

を用いた作業効率化要求などが代表的である。同時に、装置全体としての低コスト化要望も、変わらず大きい。

これらのユーザーの要望に対応するため、当社は2008年8月に“GT16モデル”の発売を開始した。GT16モデルでは、GT15モデルの強みをそのままに、基本性能の強化、多様な内蔵インターフェース標準搭載、メモリ容量の拡大、オプションボード不要化(オールインワン化)によるユーザーコスト低減や、アラーム発生時の動画録画、動画マニュアル再生(マルチメディア機能)によるトラブルシュート性向上などを実現した。

本稿では、GT16モデルの主な特長及び新機能について述べる。

The diagram shows the GOT16 terminal with several callout boxes highlighting its features:

- トラブルシュート性向上** (Troubleshooting Improvement):
 - マルチメディア機能 (Multi-media Function): アラーム発生時の現場の状況確認や動画マニュアルによる作業指示を実現 (Realize on-site status confirmation at alarm occurrence and work instructions using video manuals).
- 快適な操作感** (Comfortable Operation):
 - 高性能化 (High Performance): CPUの高速化とグラフィックエンジン強化によって基本性能アップ (Basic performance improvement due to CPU speedup and graphics engine reinforcement).
 - USBホストインターフェース前面搭載 (Front-mounted USB Host Interface): GOTのOSデータ、リソースデータやシーケンスプログラムなどのデータを前面から受け渡し可能 (Possible to transfer data such as GOT OS data, resource data, and sequence programs from the front).
- ユーザーコスト低減** (User Cost Reduction):
 - 多彩な内蔵インターフェース (Diverse Built-in Interfaces): Ethernet、RS-422/485、RS-232Cインターフェースを標準装備。最大4種の機器をオプションユニットなしで接続可能 (Standard equipment with Ethernet, RS-422/485, and RS-232C interfaces. Up to 4 types of devices can be connected without optional units).
 - メモリ容量アップ (Memory Capacity Increase): ユーザーメモリ容量を9MBから15MBにアップ。多くのオプション機能を同時に使用可能 (Increase user memory capacity from 9MB to 15MB. Many optional functions can be used simultaneously).
 - オプションボード不要化 (Optional Board Elimination): 回路モニタ機能やマルチチャネル機能、ドキュメント表示機能を使用するときもオプションボード不要 (Optional board not required even when using circuit monitoring, multi-channel, or document display functions).

(注1) Ethernetは、Xerox Corp. の登録商標である。

GOT1000シリーズの新機種“GT16モデル”

“高性能化”“オールインワン化”“マルチメディア機能”によるトラブルシュート性向上と、ユーザーコスト低減を実現し、さらに進化した“GT16モデル”である。

1. ま え が き

当社はFA(Factory Automation)現場における作業効率化や生産性向上, 同時にトラブルシュート性向上やダウンタイム短縮を目的とし, “真に” 役立つ表示器を目指して, 2004年7月にGOT1000シリーズを発売した。その中で, 高性能機に位置付けられるGT15モデルは, 回路モニタ機能やバックアップ/リストア機能, 前面USB(Universal Serial Bus)ポートを使用したトランスペアレント機能などの, カラーアプリケーション, 他社を凌駕(りょうが)する基本性能(描画性能, 通信性能)などの特長がある。

GT15モデルを使用しているユーザーからの, “画面のモニタとロギングなどの機能を両立させたい(高性能化)”, “すべての機能をオプションユニットやオプションボードの追加なしで使用できるようにしてほしい(オールインワン化)” “トラブルシュート, ダウンタイム短縮のために, 動画を使用したよりわかりやすいソリューションを提供してほしい(マルチメディア機能)” 等の要求にこたえるために, 2008年8月にGOT1000シリーズの新モデルとなるGT16モデルを市場投入した。

本稿ではこれらGT16モデルの新機能及び特長について述べる。

2. GT16モデルの開発目的

GOT1000シリーズは, 高速応答性の追求, 美しく表現力豊かな高品位表示といった基本性能の向上と, トラブルシューティング, ダウンタイムの短縮といった作業の効率化と, 装置の高付加価値化, トータルコスト削減への貢献を目的とし, ユーザーの視点で製品化を行っている。GT16モデルでは, GOT1000シリーズの長所をそのままに, さらに次のような機能強化を実施し, ユーザーに役立つ表示器として更に進化を遂げている。

- ①快適な操作性を実現する高性能化
- ②オプションユニットやオプションメモリを追加購入する必要がないオールインワンモデル
- ③アラームと連携したイベント録画によるトラブルシュート性強化, 動画マニュアル等を表示して作業指示等を実施することによる作業効率化を目的としたマルチメディア機能

3. GT16モデルの製品群

2008年8月に15型XGA(eXtended Graphics Array)機, 12.1型SVGA(Super Video Graphics Array)機を, 2009年1月に10.4/8.4型VGA/SVGA機を市場投入した。それぞれAC電源機種, DC電源機種があり, 全12機種のラインアップとなっている。

4. GT16モデルの特長と新機能

4.1 本体の高性能化

GT16モデルでは, 本体CPU(Central Processing Unit)の性能向上と, 画面描画用グラフィックエンジンの強化によって, GT15モデルに比べ約1.5倍の基本性能強化を実現している。これによって, ユーザーは画面表示と同時に, 様々な機能を快適に使用することができる。

4.2 多彩なインタフェースを標準搭載

GT16モデルでは, FA機器と通信するためのインタフェースとして, Ethernet(100/10Base), RS-422/485, RS-232を標準搭載した。これによって, シーケンサとEthernet接続する場合, 又はシーケンサと温調機器, インバータ等の他FA機器とを同時に接続しようとする場合に, オプションユニットを追加せずに接続可能である。これはユーザーのコスト削減に大きく貢献する。

また, GT16モデルでは, 最大4種の異なるEthernet通信プロトコルに同時に接続可能となった。デバイスデータ転送機能を使用すれば, 異なる機器間のデータのやり取りがプログラムレスで可能であり, 装置のモニタ機器であるだけでなく, 情報の中継点としての機能も容易に実現することができる。また, 同時にEthernet接続したパソコンから作画データのダウンロード, ゲートウェイ機能による上位系とのデータ受渡し, FTP(File Transfer Protocol)機能によるファイルのダウンロード/アップロードも可能である。

さらに, パソコンとのデータの受渡しが可能なインタフェースとして, 従来のCF(Compact Flash)カードスロット, USBデバイスインタフェースに加え, 表示器前面にUSBホストインタフェースを標準装備した。USBメモリを使用することによって, アラーム/ロギングデータや, バックアップ/リストアデータを前面から受渡しすることができ, パソコン等でデータ閲覧する場合などの利便性が向上している(図1)。

4.3 メモリ容量増加とオプションボード不要化

ユーザーメモリ(基本OS, 拡張OS, プロジェクトデータ等を格納するメモリ: フラッシュROM(Read Only Memory))を9MBから15MBに拡張した。また, ユーザ

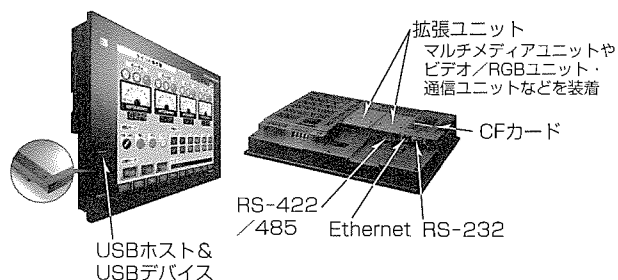


図1. GT16モデルの標準インタフェース

一メモリ格納時に、OSを圧縮して保存するよう改善した。このため、ユーザーメモリに格納できるOS、プロジェクトデータの容量が大幅に増加した。これによって、ユーザーは同時に複数の拡張機能・オプション機能を使用する場合でも、CFカードに該当OSを格納することなくGOTを起動できる。

また動作メモリ(基本OSやプロジェクトデータが動作するときに使用するメモリ：RAM(Random Access Memory))を9MBから57MB(GT15モデルの最大メモリサイズ)に拡張した。GT15モデルでは必要動作メモリが9MBを超える場合に、増設メモリボードを追加する必要があったが、GT16モデルではその必要がなく、ユーザーのコスト削減につながる。

さらに、GT15モデルでは、回路モニタ機能、ドキュメント表示機能、マルチチャネル機能等を使用する場合、オプション機能ボードが必要であったが、GT16モデルでは動作メモリ標準搭載によって、オプション機能ボードを不要とした。MES(Manufacturing Execution System)機能を除くすべての拡張OS/オプションOSを標準で使用可能である。この部分でもGT16はユーザーのコスト削減に貢献する。

4.4 ビデオ/マルチメディアユニット対応

GOT1000シリーズでは、“トラブルシュート性強化、保全作業効率化、ダウンタイム短縮”を目的とし、ワンタッチ回路ジャンプ機能、バックアップ/リストア機能、ドキュメント表示機能等を提供し、ユーザーのダウンタイム短縮に貢献してきた。一方、動画録画による現場の監視/確認や、動画マニュアルによる作業指示など、動画録画/再生機能に対する要求が高まってきた。そこで、GT16モデルでは、高画質な動画の録画/再生が可能なマルチメディア機能の開発を行った。また、GT15モデルではSVGA専用機種でのみ使用可能であったビデオ/RGB(Red Green Blue)機能を強化した。

4.4.1 マルチメディア機能

マルチメディア機能は、8.4型VGA機種から15型XGA機種まで使用可能である。主な特長と機能は次のとおりである(表1)。

(1) 標準動画ファイル形式の採用

動画データのファイル形式はMP-4形式を採用しており、パソコン上で特別なソフトウェアを使用することなく動画閲覧が可能となっている。画質も高ビットレート/フレームレートに対応することで、他社と比べ高画質で滑らかな画像の録画/再生が可能である。

(2) アラームとの連携によるイベント録画機能

常時数分前から現在までのカメラから録画した動画データを保持しておき、アラームが発生した場合、発生前後2分の動画データをファイル保存する機能を提供している。

異常が起きた前後の状態を動画で確認することができ、異常発生時の変化を確認することが容易にできる(図2)。

(3) 動画再生機能

動画再生機能によって、動画マニュアルによるGOT上での作業へのガイダンス等が可能である。ファイル形式はMP-4形式であるため、パソコン上での汎用ソフトウェアで容易に作成可能である。また、動画マニュアルを容易に作成できるよう、“動画コンテンツ制作ツール”を提供している。これによって、ユーザーは大きな手間をかけることなく動画マニュアル等のコンテンツを作成することができ、GT16シリーズの動画再生機能を有効に活用することができる。

4.4.2 ビデオ機能強化

GT16モデルでは、8.4型VGA機種から15型XGA機種まですべてのモデルでビデオ/RGB機能が使用可能となった。また、ユニットの性能向上によって、4ch同時にビデオ入力/表示した場合でも、フレームレートの劣化はほとんどなく(15fps(frames per second)、GT15モデルでは3fps)、滑らかな映像表示が可能である。

また、RGB表示でも2ch入力が可能となり、ユーザーは入力を切り替えることでRGB2系統の画像を選択して

表1. マルチメディア機能

項目	内容
録画サイズ	VGA, QVGA, QCIF
動画圧縮方式	MPEG-4
動画ファイル形式	MP-4(3GPP)
録画保存先	ユニット搭載CFカード/FTPサーバ
アラーム発生前後の録画時間	VGA : 前2分・後2分(合計4分) QVGA : 前2分・後2分(合計4分)
録画ビットレート	VGA : 1Mbps QVGA : 384Kbps, 765Kbps (QCIF : 128Kbps, 256Kbps)
再生フレームレート	15fps/30fps(VGAサイズは15fpsのみ)
特殊再生	早送り, スロー再生, コマ送り
動画再生中のビデオ映像表示	可能
対象機種	15型XGA, 12.1型SVGA, 10.4型SVGA/VGA, 8.4型SVGA/VGA

QCIF : Quarter Common Intermediate Format
MPEG : Moving Pictures Experts Group
3GPP : 3rd Generation Partnership Project

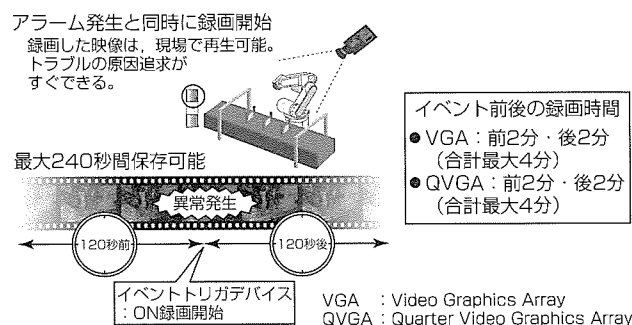


図2. イベント録画機能

表 3. GT16モデルとGT15モデルのユニット互換性

品名	形名(GT15モデル用)	GT16モデルでの使用可否
バス接続ユニット	GT15-QBUS(2)/ABUS(2) GT15-75QBUS(2)L/75ABUS(2)L	使用可能
シリアル通信ユニット	GT15-RS2-9P/RS4-9S/RS4-TE	使用可能
MELSECNET/H通信ユニット	GT15-J71LP23-25/J71BR13	使用可能
Ethernet通信ユニット	GT15-J71E71-100	不要(本体に標準搭載)
CC-Link通信ユニット	GT15-J61BT13	使用可能
CC-Link IE通信ユニット	GT15-J71GP23-SX	使用可能
プリンターユニット	GT15-PRN	使用可能
ビデオ/RGB入力ユニット	GT15V-75V4R1/V4/R1	×(GT16用ユニットが必要)
RGB出力ユニット	GT15V-ROUT	×(GT16用ユニットが必要)
CFカードユニット	GT15-CFCD	使用可能
音声出力ユニット	GT15-SOUT	使用可能
外部入出力ユニット	GT15-DIO	使用可能
オプション機能ボード(増設メモリ)	GT15-QFNB**M	不要(本体に標準内蔵)
MES機能用オプション機能ボード	GT15-MESB48M	×(GT16用ユニットが必要)

表 2. ビデオ/RGB機能

項目	GT16モデル	GT15モデル
対象機種(本体)	15型XGA, 12.1型SVGA 10.4型/8.4型SVGA/VGA	12.1/10.4型SVGAビデオ 専用機種
ビデオ入力	最大4ch(1ch時:30fps, 4ch時:15fps)	最大4ch(1ch時:30fps, 4ch時:3fps)
RGB入力	最大2ch(切り替え表示)	1ch
RGB出力	1ch	1ch
クリップ機能	任意サイズ・位置で可能(1ch)	任意サイズ・位置で可能(1chのみ)
透過表示	可能	可能
ビデオ映像の表示サイズ	100%, 50%, 25% 将来は拡大も対応	100%, 50%, 25%

GOT上で表示・確認可能である(表2)。

ビデオ機能は、今後も次に示す機能拡充を実施予定である。

(1) 4か所クリップ機能

同一チャンネルの画像の4か所をクリップ表示する機能。拡大縮小機能と併用することで画像の見たい部分のみ抽出することができる。

(2) 拡大/縮小機能強化

現在は、ビデオ機能のみ100%、50%、25%と選択可能であるが、拡大/全画面を含め、機能強化を実施予定である。

5. 互換性

GT16モデルでは、GT15モデルからの切り換えを容易に行えるように、次のような互換性を確保している(表3)。

- ①パネルカット寸法はGT15モデルと同一
- ②接続ケーブルはそのまま転用可能
- ③画面データはエンジニアリングツール
“GT Designer2”で簡単に変換可能
- ④接続ユニット、オプションユニットは転用可能(例外: MESユニット, ビデオ/RGBユニット)

6. むすび

GT16モデルでは、GT15モデルの各機能に加え、マルチメディア機能による高機能化とともに、オールインワン化によるユーザーコスト削減を実現した。今後は、GT16モデルをベースに、時代に合わせて変化していくユーザーニーズをいち早く敏感にとらえ、また時代を先取りして新用途を開拓する表示器として日々進化していく。

高精度ワイヤ放電加工機 “NAシリーズ”

菊地秀明*
小野寺康雄**
湯澤 隆*

High Precision Wire-EDM “NA Series”

Hideaki Kikuchi, Yasuo Onodera, Takashi Yuzawa

要 旨

近年のワイヤ放電加工機(EDM)市場では、市況の不安定感の中、加工性能以外にも、省エネルギー環境配慮設計、素材高騰を受けた電極ワイヤのランニングコスト低減、ユーザービリティ向上など、市場の要求は多様な方向に高まりを見せている。

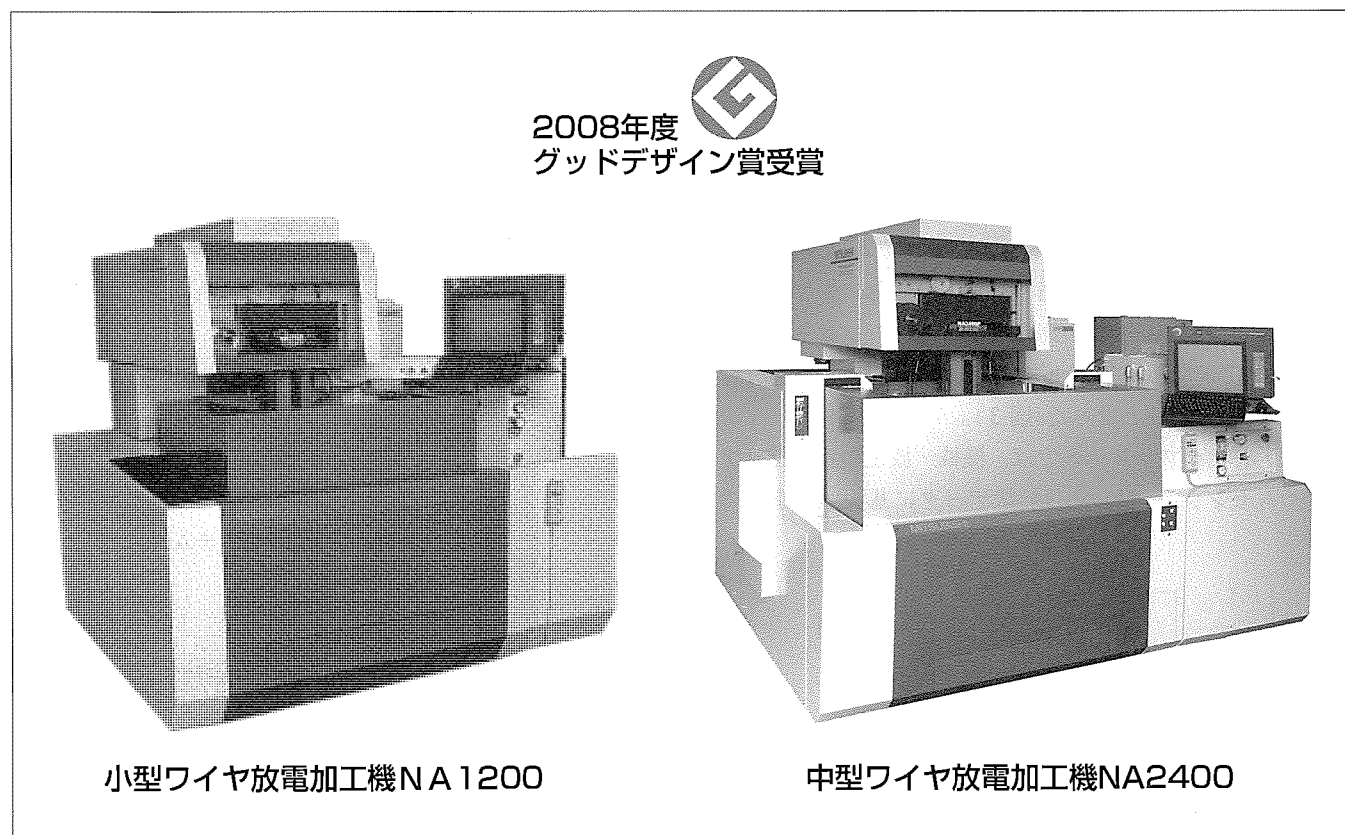
また業種別に見ると、金型市場の構造変化の中、市場のボリュームゾーンは、中型精密プラスチック金型や小物精密部品金型などの汎用加工領域から、電子デバイス関連の微細コネクタ型などの高精度加工領域へと、変化していく傾向にある。

このような市場の要求にこたえ、三菱電機では構造体・駆動方式・制御システムを一新した“NAシリーズ”の開発を行った。

NAシリーズは、汎用加工から高精度加工分野まで網羅する高性能汎用機種であり、次の特長を備えている。

- ①“オプトドライブシステム”による光通信サーボ搭載
- ②機械サイズごとに最適新設計を行った高剛性構造体
- ③従来機比37%拡大の大型加工テーブル搭載
- ④加工精度・速度を向上させた“Digital-V電源”搭載
- ⑤“Digital-V電源”による電極ワイヤ消費減と、ウェイクアップモードによる電力消費減のコスト低減技術
- ⑥微細スジ低減技術“TSマスタ”，コーナー加工技術“CM3”などによる高精度加工制御技術

NAシリーズはこれらの新技術によって、加工性能、省エネルギー、ランニングコスト、加工効率ともに一段上の性能を実現し、幅広いユーザーに好評を得ている。



高精度ワイヤ放電加工機 “NAシリーズ” の外観

高精度ワイヤ放電加工機 “NAシリーズ” は、高速光通信を用いた“オプトドライブシステム”と新加工電源 “Digital-V電源” を搭載し、更なる微細・高精度加工を実現しつつ、ワイヤ消費量の削減による低ランニングコストと、加工時間の短縮による省電力化を実現した。

1. ま え が き

近年のワイヤ放電加工機市場では、市況の不安定感の中、加工性能以外にも、省エネルギーを意識した環境配慮設計、素材高騰を受けた電極ワイヤのランニングコスト低減、ユーザービリティの向上など、ユーザーの要求は多様な方向に高まりを見せている。

また業種別に見ると、金型市場の構造変化の中、市場のボリュームゾーンは、中型精密プラスチック金型や小物精密部品金型などの汎用加工領域から、電子デバイス関連の微細コネクタ型などに代表される高精度加工領域へと広がっていく傾向にある。

このような加工性能の高精度化や多様な市場の要求にこたえるため、構造体・駆動方式・制御システムを一新したNA, NA-Pシリーズ(以下“NAシリーズ”という。)の開発を行った。NAシリーズは、販売ターゲットを汎用加工分野から高精度～超高精度加工分野にも拡大し、さらに消費電力の削減、ランニングコスト低減、ユーザービリティの向上を行った新世代のワイヤ放電加工機である(図1)。

本稿では、NAシリーズに搭載した新機能・新技術を中心に述べる。

2. NAシリーズに搭載の新技術

2.1 オプトドライブシステム(高応答・高精度化)

ファインランキンング金型などに代表される精密金型に要求される $1\mu\text{m}$ 以下の形状精度を実現するため、NAシリーズ開発では駆動系システムを一新した。

NAシリーズでは、Advance制御装置と周辺機器を高速光通信によって接続することで、通信速度従来比4倍の高応答サーボシステム“オプトドライブシステム”を搭載した(図2)。アンプユニットに当社製高応答制御アンプを搭載することで、ナノレベルの高精度モーションコントロールを行い、従来では超高精度加工の領域であった真円度 $0.8\mu\text{m}$ の加工が可能となった(図3)。

オプトドライブシステムでは、機械/放電の状態をリアルタイムセンシングし、3D形状データに基づいた事前の

加工予測を行うことで、モーション制御と加工電源の協調制御によって1クラス上の形状加工精度の向上を実現している。

2.2 新高剛性構造体(高精度化)

加工精度の向上のため、機械の土台となる機械構造体について、加工ワークサイズごとのニーズに対応した機械構造体の新設計を行った。

大物ワークを加工する中型機“NA2400”では、従来機からテーブル固定構造を採用し、負荷変動によらない安定した加工精度を実現している。特にNAシリーズの開発では、構造体のベッド・サドルに対して、銑抜き穴形状の見直しやリブの追加などを行い、機械剛性の大幅な改善を実現した。

中小物ワークを加工する小型機“NA1200”では、新たにX・Y軸独立駆動方式を用いることで、他軸の駆動に影響されずに精密な位置決めが可能となった。XY軸クロステーブル構造のように、軸交差部で片方の軸が他方に影響を及ぼすことがなくなる。

CAE(Computer Aided Engineering)による構造設計によって、最適ナリブ配置と軸移動に伴う各部の変形シミュレーションを行い、荷重変化や経年変化に左右されない高剛性構造体を実現した(図4)。

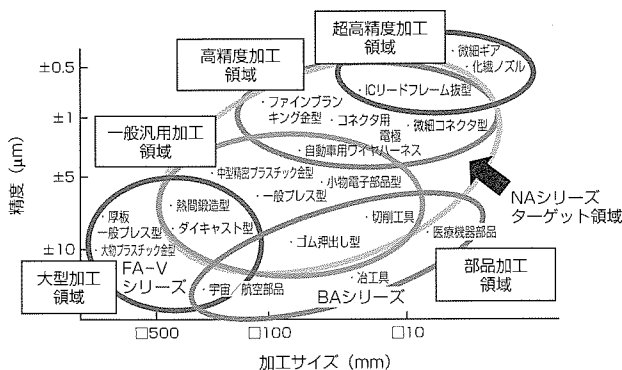


図1. ワイヤ放電加工機の加工領域

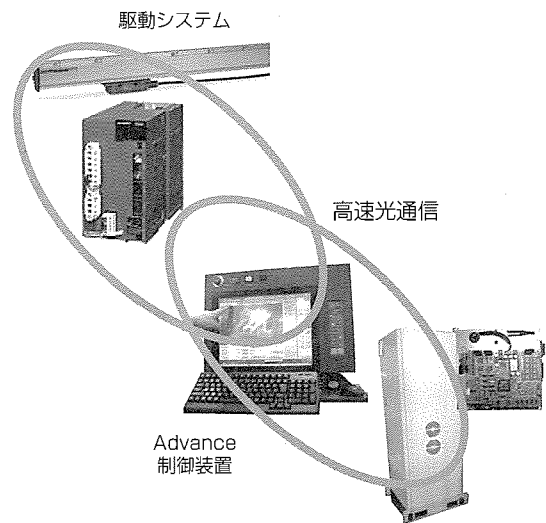


図2. オプトドライブシステム

ワイヤ電極 : $\phi 0.2\text{B5}$
 ワーク材質 : SKD11 / 50mmt
 直径 : 50mm
 面粗さ : $2.0\mu\text{mRz}$
 真円度 : $0.8\mu\text{m}$

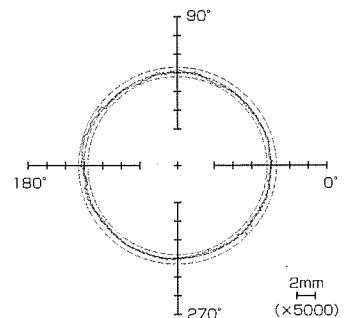
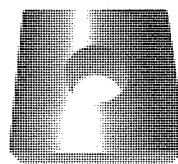


図3. オプトドライブによる $\phi 50$ 真円加工

2.3 段取り効率の向上(操作性向上)

近年の自動車向け金型などによるワークの大型化や、多数部品の一括加工による生産性向上を実現するため、テーブルの機械ストローク(X×Y×Z)を、400×300×220mm(NA1200)、600×400×310mm(NA2400)に拡大した。

NA2400では、三面昇降加工槽を採用し、大型ワークでも3方向から確認でき、段取り作業の容易化を図っている(図5)。またロボットなどを設置した場合、3方向からアクセス可能なため、自動化へのフレキシブルな対応も容易に実現可能となっている。

2.4 Digital-V電源(高精度化)

NAシリーズに搭載される電源として、高速性と高精度性をあわせ持ったDigital-V電源を開発した。Digital-V電源では、荒加工から仕上げ加工までの全電源モードのデジタル制御化を行い、放電1発ごとの投入タイミングとエネルギーのコントロールを行うことで、高速性と高精度化を両立している(図6)。

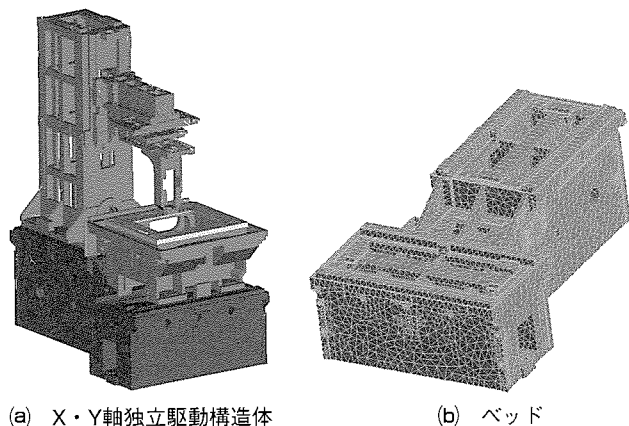


図4. CAEによる構造解析



図5. 三面昇降加工槽

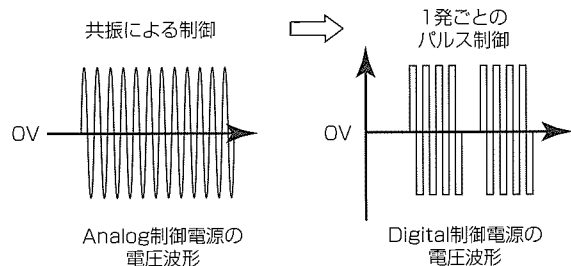


図6. Digital-V電源の電圧波形

ワイヤ放電加工では、通常荒加工から仕上げ加工まで多段階の加工を行う。この電源では特に、中仕上げ電源領域の加工性能向上が図られている。デジタル化による放電位置制御によって、厚板加工などで重視される真直精度を最大60%向上させた(図7)。従来と同じ加工についても、加工回数を減らすことが可能となり、トータル加工時間を約30%短縮することが可能となった(Digital-AE II)。

また仕上げ領域電源でも、デジタル制御化によって、絶縁治具レス定盤直置きは無電解加工で、最良面粗さが従来の1.5 μmRz から1.0 μmRz へ向上した(Digital-PF)。

2.5 ランニングコスト低減

ワイヤ放電加工機で、ワイヤ電極コストと消費電力は機械稼働の総コストの大部分を占める。これらの削減のためNAシリーズでは、次の新機能によってランニングコストの低減を図っている。

2.5.1 Digital-V電源によるランニングコスト低減

2.4節で述べたDigital-V電源では、高精度化によって、従来と同じ加工を行う場合でも低速ワイヤ送りでも同精度の加工が可能となり、ワイヤ消費量を従来比44%減とすることができた(図8①)。また中仕上げ電源の高速化によるトータル加工時間の短縮によって、電力消費量従来比55%減を可能とした(図8②)。

2.5.2 ウェイクアップモード

NAシリーズでは、非加工時の省電力化を目的として、ウェイクアップモードを新たに搭載した。ウェイクアップモード中には、電力供給を機械維持に必要な部分に限定することで、通常待機時に比べ電力消費量を1/5にすることが可能となった(図8③)。

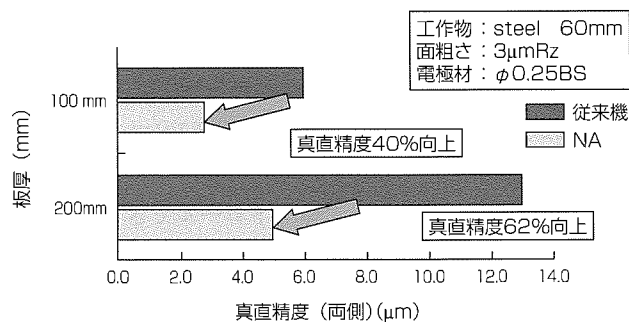
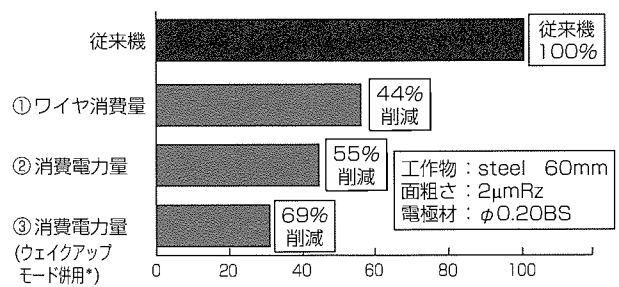


図7. 真直精度の向上



* ウェイクアップモードを当社指定の機械稼働条件で使用した場合の数値

図8. NAシリーズにおける経済性の向上

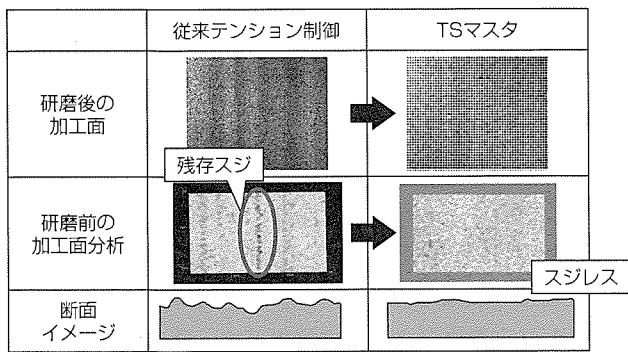


図9. TSマスタによる面粗さの向上

ワイヤ電極 : $\phi 0.05SP$
 (オプション)
 ワーク材質 : Steel/2, 20mmt
 面粗さ : $0.9\mu mRz$
 加工精度 : $\pm 2\mu m$
 ピン幅 : $0.15mm$
 微細仕上回路使用
 TSマスタ使用

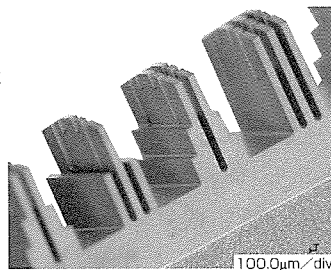


図10. コネクタピン加工

またウェイクアップモードにはスケジューリング機能があるため、夜間・週末等加工機を使用しない時間帯は自動的に省電力モードに移行し、就業前の決められた時刻から自動的に液慣らし(定盤下まで加工液で浸した状態)を行うことができる。これらのことから、作業開始時に熱変位抑制のための液慣らし工程を省くことが可能となる。

2.6 微細スジ除去技術TSマスタ(高精度化)

ワイヤ放電加工面は、そのまま目視してもスジを確認できない状態ではあるが、現在市場では加工面を研磨して初めて確認できる微細なスジの除去まで改善が求められている。微細なスジの発生要因には、ワイヤ電極の張力変動が挙げられる。ワイヤテンション制御技術TSマスタは、ワイヤテンションをワイヤの外乱状況をモニタリングすることで、高精度かつ低コストにコントロールできる。この機能によって、微細スジの確認が困難な水準にまで加工面品位を向上させることに成功した。加工面をコンフォーカル顕微鏡を用いて比較した結果を図9に示す。TSマスタを使用した面粗さ $1\mu m$ のコネクタピン加工例を図10に示す。

2.7 コーナー加工技術 CM3(高精度化)

ワイヤ放電加工で、インコーナーやアウトコーナーは加工量が急激に変化するため、精度を出しにくい箇所である。近年、このコーナー部での加工形状誤差は測定限界に近い

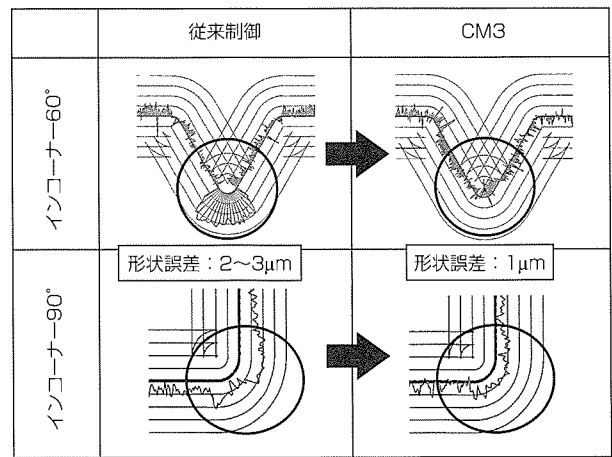


図11. コーナー精度の改善

ワイヤ電極 : $\phi 0.2BS$
 ワーク材質 : SKD11/
 20, 60mmt
 面粗さ : $2.0\mu mRz$
 加工精度 : $\pm 1\mu m$
 勘合クリアランス : $2\mu m$
 CM3使用

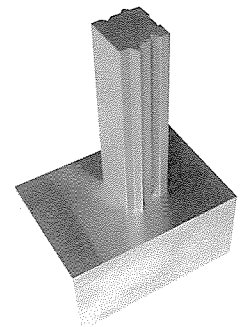


図12. 高精度コーナー形状加工

$1\mu m$ 以下が要求されるようになっており、従来以上に精密な制御が必要となっている。NAシリーズでは、オプトドライブシステムによる高精度、高応答化な駆動系のメリットを最大限に活用した新しいコーナー制御方式CM3を開発した。CM3では、正確に算出したコーナー部の加工体積変化から、直線部とコーナー部の単位時間あたりの加工量が等しくなるように加工速度を制御する。その結果、図11のように従来の $2\sim 3\mu m$ から $1\mu m$ へと形状誤差を約1/3に低減した。CM3を用いた勘合クリアランス $2\mu m$ の高精度コーナー形状の加工例を図12に示す。

3. む す び

近年の放電加工機市場は、加工領域の広がりに伴う市場の拡大とともに、ユーザーの要求も加工精度のみならず高生産性、操作性、低ランニングコスト等様々な広がりを見せている。今後も製品の更なる改良と研究開発に努め、ユーザーマインドに即応した製品開発を進める所存である。

新形彫放電加工機 “EA-V ADVANCEシリーズ”

塩谷利弘*

A New Sinker EDM “EA-V ADVANCE Series”

Toshihiro Enya

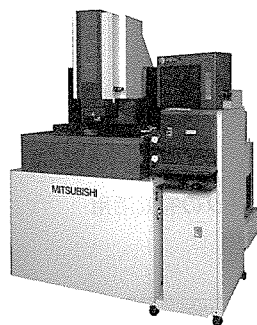
要 旨

新制御装置“M700CNC”と新電源“FP80V-A”を搭載した新形彫放電加工機“EA-V ADVANCEシリーズ”として、“EA 8 PV / EA12V / EA28V ADVANCE”の3機種を開発し、発売を開始した。主な特長は次のとおりである。

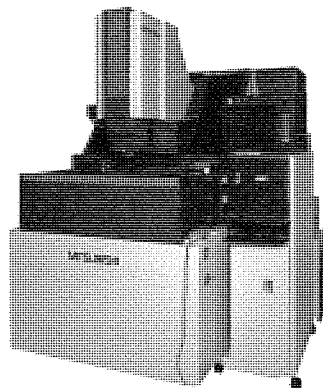
- ①15インチ液晶タッチパネルによって優れた操作性を実現し、様々な加工形状に合わせた最適加工条件検索と簡単プログラミングによって、プログラミング時間の短縮を可能とした。
- ②CAD(Computer Aided Design) / CAM(Computer Aided Manufacturing)で設計された電極と加工ワークの三次元情報を有効活用し、面積認識や放電加工前の切削荒取も考慮した加工条件の最適化を実現した。
- ③Web経由でのシステムソフトウェアのバージョンアップ、最新加工条件の提供、加工ノウハウや保守ガイド

ドサポートを可能とした。

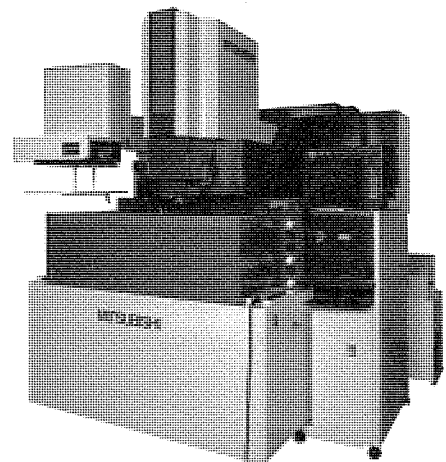
- ④新高性能FP80V-A電源によって、鋼材だけでなく超硬材の加工にも対応、②の最適加工条件とともに加工速度向上、電極消耗低減の加工性能を向上した。
- ⑤省エネルギー電源、クラス最小の設置面積、油量を実現し環境に配慮した仕様とした。
- ⑥様々な顧客の要求に対応するためにオプションを充実した。従来EA 8 PVクラスにはなかった昇降加工槽への対応、より大きなワークを搭載可能とするためにEA28Vに昇降式の特殊大型加工槽に対応、グラフィット電極の加工性能を向上する新GF 2制御、電源を左配置し放電加工機を2台制御する自動化への対応も可能とした。



EA8PV ADVANCE



EA12V ADVANCE



EA28V ADVANCE

新形彫放電加工機“EA-V ADVANCEシリーズ”の外観

“EA-V ADVANCEシリーズ”を新規に3機種開発した。ストロークが小さい機種からそれぞれEA8PV、EA12V、EA28V ADVANCEであり、それらの機種本体の外観写真を示す。新制御装置M700CNCを搭載し、操作性向上・3Dデータの有効活用・ネットサービスへの対応を容易にした。新型FP80V電源によって加工性能を向上させ、さらに省スペース化とカバー板金のデザインを一新した。

1. ま え が き

昨今の多種・多様化する商品ニーズのため、金型製作のリードタイム短縮が要求され、金型生産の現場では生産性の向上が必要となってきた。そのため近年では、三次元CADによる電極・ワークの設計、CAMによる切削・放電の加工座標情報の作成をし、3Dモデル情報による運用が主流となっており、形彫放電加工機でも、それらの情報を有効活用することが望まれていた。

その要望に対し、新制御装置M700CNCを搭載した新形彫放電加工機“EA-V ADVANCEシリーズ”を開発し、発売を開始した。CAD/CAMからの3D情報を加工機に取り込み、加工前段取り時にモデルによる電極・ワークのチェックをビジュアル的に確認可能とした。三次元モデル形状が認識可能となったため、よりきめ細かな加工条件での加工が可能となり、さらに新規搭載の新電源FP80V-Aによって加工性能が向上した。その結果、加工速度の向上による加工時間の短縮、電極消耗の削減による必要な電極本数の削減で、金型生産の生産性向上を実現可能とした。

本稿では、機械の特長と加工事例について述べる。

2. EA-V ADVANCEシリーズの基本仕様

EA-V ADVANCEシリーズは、機械ストローク長によって小さい方から、EA8PV/EA12V/EA28V ADVANCEの3機種をラインアップしている。EA12V ADVANCEの外観を図1に、3機種の基本仕様を表1に示す。

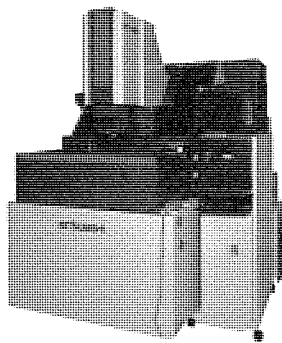


図1. EA12V ADVANCEの外観

3機種のラインアップで、小物高精度から中・大物加工まで幅広い範囲の加工内容に対応可能である。また、同クラスで、最小の機械設置スペース、必要油量を実現した。

3. EA-V ADVANCEシリーズの特長

3.1 新制御装置M700CNCの搭載

新制御装置M700CNCを新規開発し、標準搭載した。画面を15インチ液晶でタッチパネルを採用し、従来のシートキーだけでなくキーボード・マウスも追加し、操作性を向上させた。

図2に金型製作の流れを示す。3Dデータを有効活用するために、CAD/CAMから放電加工機へEPXファイル形式(日本金型工業会制定フォーマット)の加工位置情報、ワーク/電極の芯(しん)出し測定位置情報と3Dモデルの各種データを受け取り可能とした。さらに切削シミュレータの出力ファイル(STL形式)も読み込み可能としている(3D-IMPORT機能)。これらのデータによって、加工機上で、段取り時に“3Dビュー”ボタンで電極/ワークの形がビジュアル的に表示され、電極/ワークの位置関係や電極/ワークの芯出し測定位置を確認可能とした(3D-VIEWER機能)。さらにアニメーションによって、電極/ワーク芯出しや加工時の動作確認が可能となった(3D-CHECKER)。これらによって、加工前の段取り時に実際に機械を動作させることなく確認可能であり、作業者の入力ミスを事前に発見することができ、段取り作業時間の短縮が可能である。

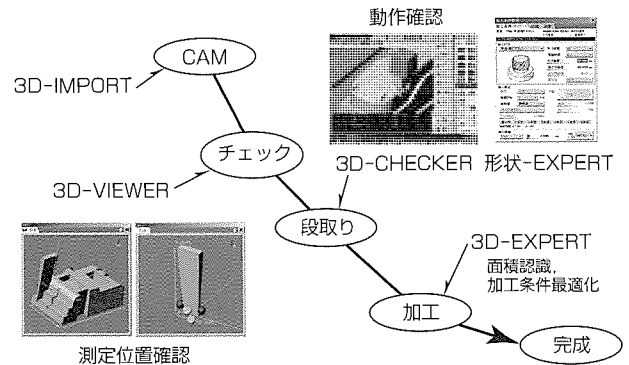


図2. 3Dデータの有効活用

表1. EA-V ADVANCEシリーズの基本仕様

項目	EA8PV ADVANCE	EA12V ADVANCE	EA28V ADVANCE
加工槽形態	前扉上下スライド式	自動昇降式	自動昇降式
加工槽内寸法(幅×奥行き×高さ)	(mm) 770×500×230	850×600×350	1,100×810×450
工作物最大寸法(幅×奥行き×高さ)	(mm) 740×470×130	800×550×250	1,050×760×350
工作物許容質量	(kg) 550	700	2,000
テーブルの大きさ(幅×奥行き)	(mm) 500×350	700×500	850×600
移動量(X軸×Y軸×Z軸)	(mm) 300×250×250	400×300×300	650×450×350
電極許容質量	(kg) 25	50	200
機種本体寸法(幅×奥行き×高さ)	(mm) 1,460×1,900×2,020	1,750×2,050×2,335	2,195×2,512×2,615
加工液タンク容量(初期充填(じゅうてん)量)	(L) 165	340(400)	390(595)
電源型式		FP80V-A	
制御部型式		C21EA-2	

また、3Dデータによって3D形状に応じた加工条件を生成可能であり、加工深さによって加工面積が急激に変化するような加工や、切削で荒取りしてある複雑形状な加工に対し、常に最適な加工条件で加工可能であり、加工性能が向上した(3D-EXPERT)(図3)。さらに図4に示すとおり、様々な形状加工に合わせた専用画面を用意し最適な加工条件を作成、サブマリングートのような従来座標プログラミングが困難な形状に対してもサポート可能とした。これによってサブマリングート、ねじ、ヘリカル加工等のプログラミング時間短縮を可能とした。

さらにユーザーサポート機能も充実した。キーワード検索で必要なページを即時に表示可能な電子マニュアルや、アラーム発生時にアラーム対処方法を写真入りで分かりやすく解説し、アラームの早期解消を実現している。さらに、最新のシステムソフトウェア、マニュアル、加工ノウハウ、加工条件が当社WEBサイトからダウンロード可能であり、機械付属の専用USB(Universal Serial Bus)メモリを経由してバージョンアップし、常に機械を最新の状態で使用可能とした。

3.2 高性能FP80V-A新電源

高性能FP80V-A電源を新規開発し、標準搭載した。当社の従来電源は、1997年に優秀省エネルギー機器として表彰されており、新電源についてもその技術を継承し、消費電力では従来電源と比較して約20%低減を達成している。また鋼材だけでなく、超硬加工用の回路を標準装備、PCD(Poly Crystalline Diamond)・インコネル等の特殊材の高速加工も可能とした。

3.3 オプションの充実

様々なユーザーの要求に対応するため、従来よりもさらにオプションを充実させた。より大きなワークが搭載可能となるように、EA28V ADVANCEに昇降式の特殊加工槽に対応した。また小物高精度加工の自動化への対応を容易にするため、EA8PV ADVANCEに加工槽の3面(左右前面)が自動昇降可能な昇降式加工槽を開発した。これによって図5のとおり電源を左側面へ設置し、2台の放電加工機+1台の電極/ワーク交換装置による高生産性が可能な自動化への対応ができるようになった。

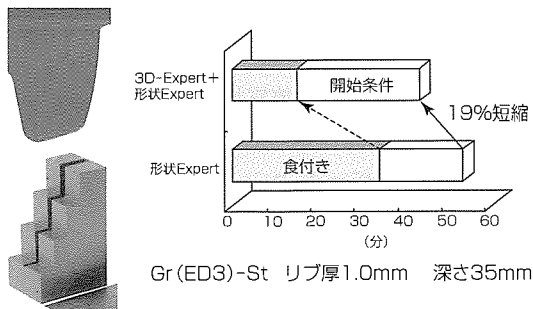


図3. 3D-EXPERTの効果確認事例

さらに、新GF2制御によってグラファイト電極を使用した放電加工が安定になるように制御し、超低消費加工におけるグラファイト電極の異常消耗レスと加工速度の向上を可能とした。グラファイト材は銅電極と比較して、電極製作時に被削性が良い、熱変形が少ない、切削後にバリ取り不要でそのまま放電電極として使用でき自動化への対応が容易、放電荒加工速度が大きい等のメリットがある一方、電極消耗が大きい、仕上げ面粗さに劣る等のデメリットがあった。しかしながら昨今の銅素材の高騰に伴い、グラファイト材メーカーが高品位・高性能な素材を製品化し、GF2制御と合わせて電極消耗が少なく、仕上げ面の向上を実現した。

4. 加工事例

ここまで述べたような特長を持ったアドバンス機によって、実際に加工した事例について述べる。

4.1 加工事例①

図6及び表2に、加工した外観写真と結果を示す。

この加工は、高密度化する電気電子製品に使用され、狭ピッチ化が要求されているコネクタ部品の加工事例である。シャープなコーナーエッジと微細な仕上がりを実現している。

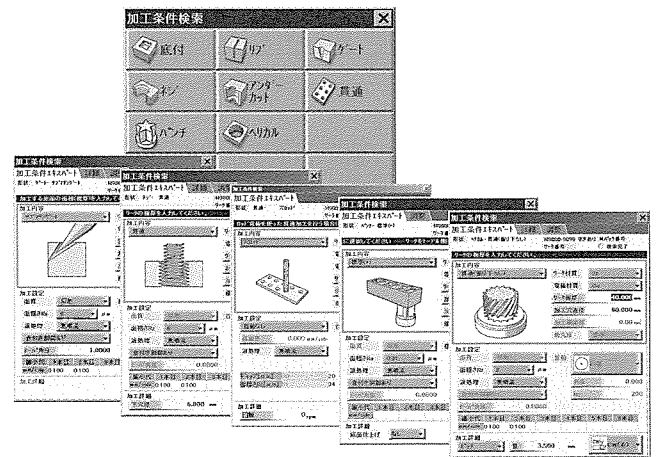


図4. 形状EXPERT(加工条件検索)

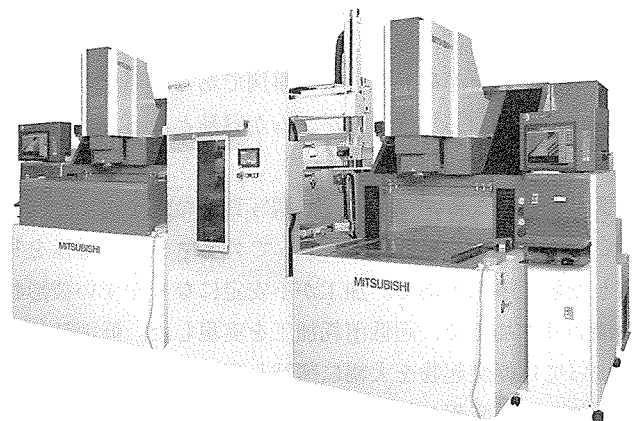


図5. 自動化対応事例

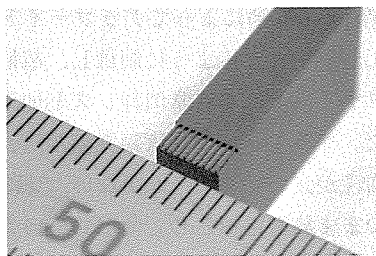


図 6. コネクタ加工事例

表 2. コネクタ部品加工事例結果

使用機種	EA8PV ADVANCE
ワーク材料	SKD11
電極材料	銅 3 本(片側縮小代0.03mm)
インコーナR	0.010mm
面粗さ	Rz : 1.0 μ m, Ra : 0.16 μ m
加工時間	50分

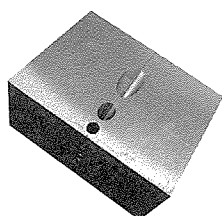


図 7. ゲート加工事例

表 3. サブマリンゲート加工事例結果

使用機種	EA12V ADVANCE
ワーク材料	PD613
電極材料	銅
加工深さ	10mm
面粗さ	Rz : 4.5 μ m, Ra : 0.72 μ m
加工時間	1時間15分

4.2 加工事例②

図 7 及び表 3 に、加工した外観写真と結果を示す。

この加工は、プラスチック金型等に必要ながート加工の加工事例である。形状エキスパートによって斜め加工プログラミングが簡単になり、最適化された低消費加工条件によって出口穴の形状転写精度が向上している。

4.3 加工事例③

図 8 及び表 4 に、加工した外観写真と結果を示す。

この加工は、超硬ねじ穴加工事例である。形状エキスパートによってねじ加工プログラムが容易となった。

4.4 加工事例④

図 9 及び表 5 に、加工した外観写真と結果を示す。

この加工は、GF 2 制御によってグラファイト電極を利用した加工事例である。加工が不安定になりやすい袋形状の深いリブ加工で、超低消費加工を実現した。低消費加工によって電極突起物を大幅に削減し形状精度を向上し、均一な加工面を実現している。

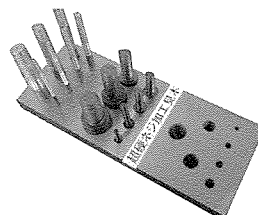


図 8. ねじ穴加工事例

表 4. ねじ穴加工事例結果

使用機種	EA12V ADVANCE
ワーク材料	超硬(G 8 相当)
電極材料	銅タングステン
加工深さ	10mm
面粗さ	Rz : 8.0 μ m, Ra : 1.2 μ m

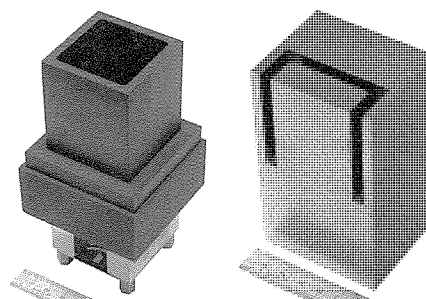


図 9. グラファイト電極による加工事例

表 5. グラファイト電極による加工事例結果

使用機種	EA28V ADVANCE(GF2付属)
ワーク材料	SKD61
電極材料	グラファイト
加工深さ	50mm
面粗さ	Rz : 11 μ m, Ra : 1.9 μ m
電極消耗	長さ消耗比0.04%
加工時間	7 時間6分

5. む す び

形彫放電加工機EA-V ADVANCEシリーズは、金型生産の高生産性を実現するために、操作性を改良し様々な機能・制御によって加工性能を向上させた。しかしながら昨今の多種多様な製品の中で金型に求められる仕様・性能は日々厳しくなり、その要求に合わせて機械の性能改善・オプション対応を日々実施していく必要がある。今後もユーザーの要望を聞き、機械開発に反映させていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 黒川聡昭, ほか: 形彫放電加工機EA Advanceシリーズの新機能と生産性の向上 - 3Dモデルの活用とグラファイトイノベーション, 電気加工学会誌, 42, No.101, 150~153 (2008-11)
- (2) 鶴飼洋史, ほか: グラファイト電極活用アプリケーション技術, 型技術, 23, No.14, 62~63 (2008)

新型プリント基板穴あけ用レーザー加工機 “ML605GTF-5150U”

岩下美隆*

New Laser Processing Machine for PCB Drilling “ML605GTF-5150U”

Yoshitaka Iwashita

要 旨

世の中のデジタル化・ユビキタス化の進行によって半導体市場規模は安定して拡大し、半導体高集積化に伴う加工穴数増加のため、パッケージ分野向けレーザー穴あけ需要は、今後マザーボード分野を上回るペースでの増加が見込まれる。

“ML605GTF-5150U”は、2パネル方式の三菱電機のスタンダード機である“ML605GTW II”をベースに当社独自技術を取り入れ、パッケージ用基板加工で業界トップクラスの生産性(従来比1.4倍以上)を達成し、また加工品質についても難加工材料であるフィラー入りエポキシ系樹脂に対し高品質・高精度な小径穴加工を実現した。

(1) 4ビーム同時分光技術

新たに開発した当社独自の分光技術によって、ML605

GTW IIの加工品質・信頼性はそのままに、2ヘッドでの4ビーム同時加工を実現した。

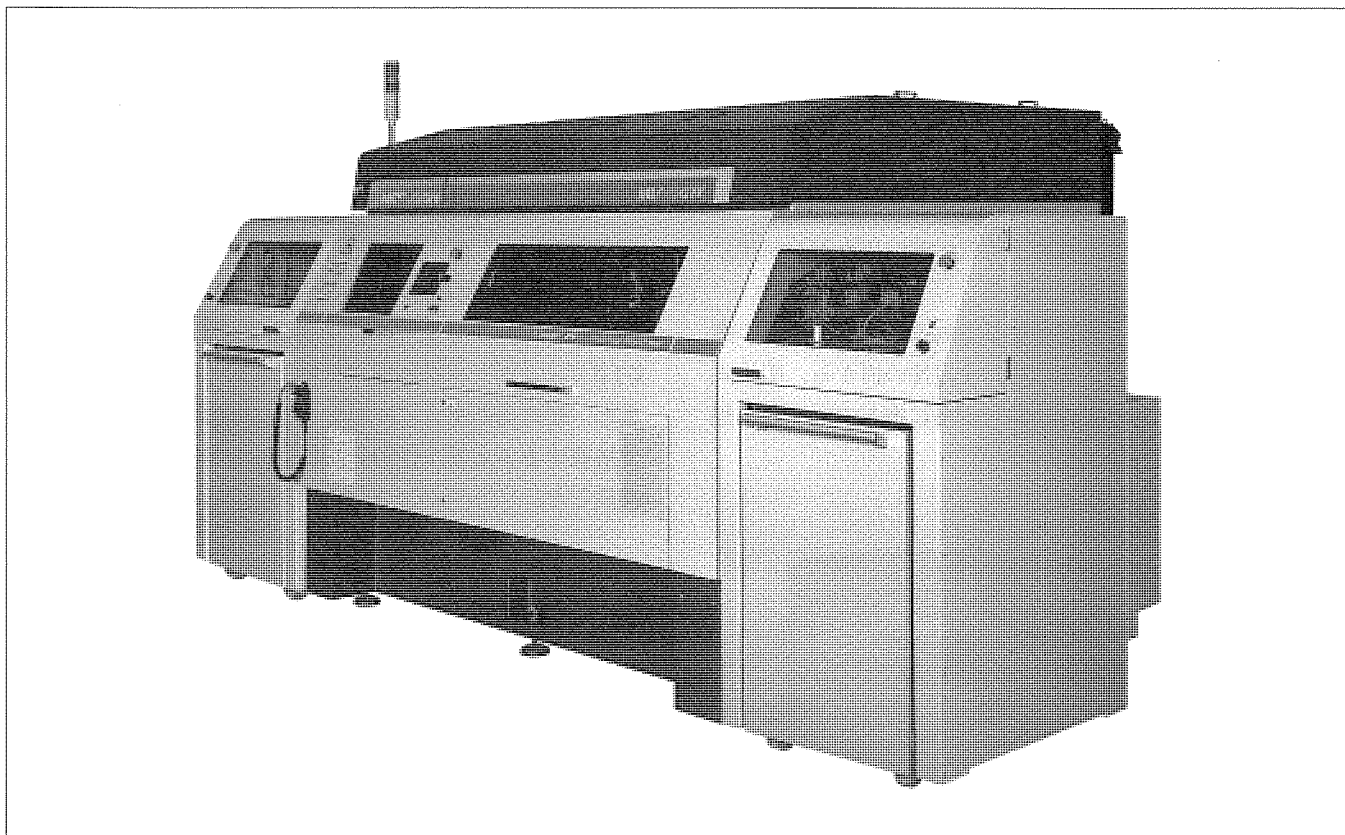
(2) 超高速ガルバノスキャナと高周波数発振器

超高速ガルバノスキャナと、最大パルス発振周波数10kHz発振器を4ビーム同時分光技術と合わせて搭載し、業界トップクラスの生産性を実現した。

(3) 高集光性 $f\theta$ レンズ

自社製の高集光性 $f\theta$ レンズを搭載することによって、従来はUV(Ultra Violet rays)レーザーの加工領域であった $\phi 50\mu\text{m}$ クラスの微細穴加工を可能とした。

今後も、基板加工への市場要求にこたえるレーザー加工機を開発し、プリント基板製造の発展に貢献していく。



プリント基板穴あけ用レーザー加工機 “ML605GTF-5150U”

“ML605GTF-5150U”は、超高速ガルバノスキャナと新開発の4ビーム同時加工光学系の組合せによって、パッケージ用基板加工で業界トップクラスの生産性を達成した。加工穴品質についても、独自の光学技術採用によって高品質・高精度な小径穴加工を実現した。

1. ま え が き

携帯電話をはじめとするIT機器については、多機能化・小型化のため機器に組み込まれるプリント基板の高密度化が年々進んでおり、基板穴あけの標準的工法であるレーザー加工に対して高品質・高生産性の要求が強い状況である。特に世の中のデジタル化・ユビキタス化の進行によって半導体市場規模は安定して拡大しており、半導体高集積化に伴う加工穴数増加のため、微細穴領域であるパッケージ分野向けのレーザー穴あけの需要は、今後マザーボード分野を上回るペースでの増加が見込まれる。

このような背景のもと開発した“ML605GTF-5150U”（以下“GTF”という。）（図1）は、2パネル方式の当社スタンダード機である“ML605GTW II”（以下“GTW II”という。）をベースとし、当社独自技術を取り入れ、パッケージ用基板加工で業界トップクラスの生産性（従来比1.4倍以上）を達成した。また加工品質についても難加工材料であるフイラー入りエポキシ系樹脂で高品質・高精度な小径穴加工を実現した。

本稿では、GTFがターゲットとしているパッケージ分野でのプリント基板市場動向について簡単に述べ、GTFの特長及び加工事例について述べる。

2. プリント基板市場の動向

2.1 レーザ穴あけの位置付け

多機能化・小型化するIT機器で、高密度化するプリント基板の生産に対し、今やレーザー穴あけは欠くことのできない工法となっている。特に最新の基板では、スタック方式（ビルドアップ方式）によって全層レーザー穴あけを用いた基板が使用されており、基板上の穴の90%以上がレーザーによってあけられている状況である。

今後、最先端の電子機器に搭載されるプリント基板の微細な穴あけについては、集積度や生産性の面から、機械式ドリルからレーザードリルへの移行が更に進んでいくと予想される。

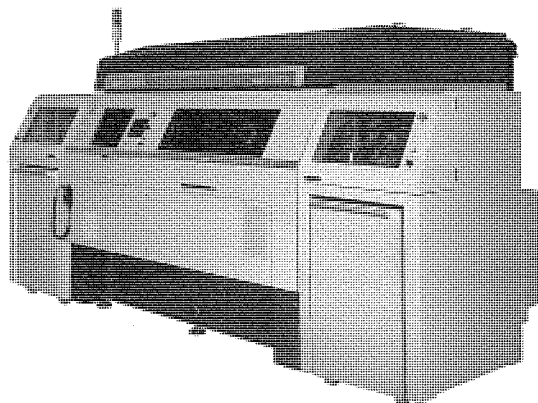


図1. GTFの外観

2.2 パッケージ分野の動向

半導体を中心としたパッケージ分野の市場規模は拡大傾向にある。BGA (Ball all Grid Array)・CSP (Chip Size Package)からFC (Flip Chip)・SiP (System in Package)に代表される高密度化技術の台頭によって、高機能・高性能なパッケージ用基板が増加する傾向にあり、パッケージ市場全体の規模拡大を後押ししている。加工穴が密集し、穴数も多いという特徴から、パッケージ分野では穴あけの生産性を上げるニーズが特に高い状況となっている。

2.3 レーザ加工機の需要

レーザー加工機の需要については、昨今の世界規模での急激な景気減速に伴い基板業界全体で生産設備に対する設備投資が低迷し、パッケージ分野でも同様に需要が落ち込んでいる。設備投資初期費用並びに設備維持費用（ランニングコスト）を削減しようとする動きも活発化しており、レーザー加工機自体の導入を控える動きと合わせて、基板メーカーによっては、従来は設備費用のかかるUVレーザー加工機でしかできなかった微細穴加工に対して、CO₂レーザー加工機を適用することで設備費用を抑えようとする動きも始まっている。

パッケージ分野の基板生産規模は景気動向に大きく影響を受けるため、基板メーカーは景気減速の背景もあって設備投資に慎重な姿勢になっている。今後基板加工生産性・設備投資初期費用はもちろんのこと、設備維持費用も含めた上で総合的に投資効果の高いレーザー加工機が求められている。

3. GTFの特長

GTFの基本仕様を表1に示す。当社スタンダード機であるGTW IIと加工対象ワークサイズ、同時加工ワーク数、加工機サイズ（設置面積）が全く同じ仕様であるにもかかわらず、GTW IIで2ビーム同時加工であったのに対し、GTFでは4ビーム同時加工を可能とする構成を実現した。また、超高速ガルバノスキャナと高周波数発振器を合わせて搭載することで、GTW IIに対して大幅な生産性向上を達成した。

表1. GTFの基本仕様

項目		仕様	
システム	外形寸法 (mm)	4,100 (W) × 2,550 (D) × 2,270 (H) ※シグナルタワー含む	
	機器質量 (kg)	8,900	
加工機	加工ワーク寸法 (mm)	620 × 560	
	XYテーブル	同時加工ワーク数 (枚)	2
		最大送り速度 (m/min)	50
発振器	レーザーの種類	CO ₂ レーザー	
	出力 (W)	150	
	設定パルス周波数 (Hz)	10~10,000	

生産性向上の効果を図2, 図3に示す。特に, 基板1枚あたりの穴数が多い場合で, GTW IIに対する生産性が1.6倍以上と非常に高くなっている。次に, GTFに採用した主な技術について詳しく述べる。

3.1 4ビーム同時分光技術

GTFでは新たに開発した当社独自の分光技術によって, GTW IIの加工品質・信頼性をそのままに, 2ヘッド($f\theta$ レンズ2個)構成で, XYテーブル上の2つのワークに対し4ビームでの同時加工を実現した。

図4にGTFの基本構成を示す。GTW IIでは, ガルバノ

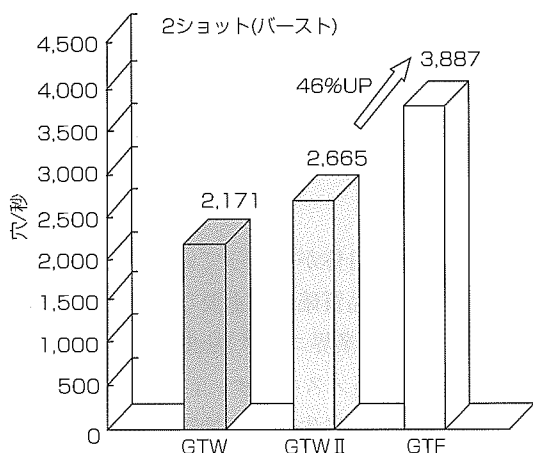


図2. 生産性比較例(35万穴/基板)

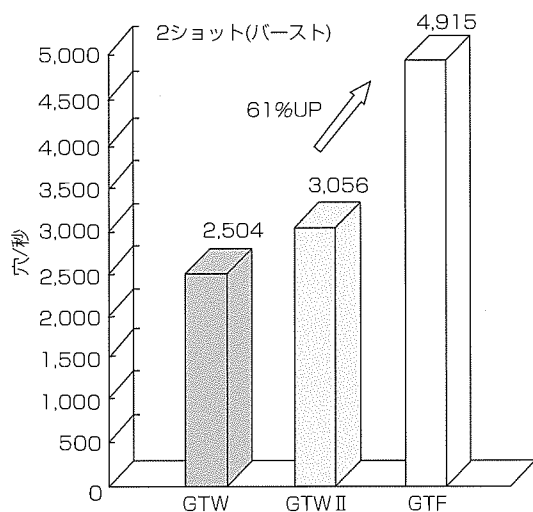


図3. 生産性比較例(78万穴/基板)

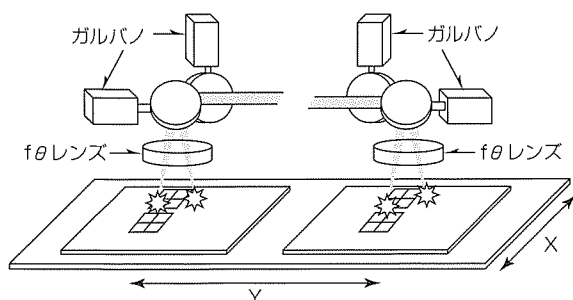


図4. GTFの基本構成

スキャナから $f\theta$ レンズを経由してワーク上に集光されるビームは各ヘッド当たり1ビームであったが, GTFでは発振器からガルバノスキャナまでの光路中に新しい分光ユニットを設置することによって, 各ヘッド当たり2ビーム, 2ヘッド合わせて4ビームを同時にワーク上に集光することを可能とした。また当社は, 分光方式として図5(a)に示す同時分光方式を採用しており, 図5(b)に示す時分割方式と比べて無駄時間がなく加工速度が速いという特長もある。

3.2 超高速ガルバノスキャナと高周波数発振器

当社の制御技術を結集した超高速ガルバノスキャナと, パルス発振周波数が最大10kHzの自社発振器を, 4ビーム同時分光技術と合わせて搭載することで, GTFでは業界トップクラスの生産性を実現した。

3.2.1 超高速ガルバノスキャナ

図4に示すとおり, ガルバノスキャナは $f\theta$ レンズの上流に位置する光学ユニットであり, 高速・高精度に位置決めし, ワーク上の加工したいポイントにビームを反射させる機能を持ったものである。GTFでは, 当社の制御技術を結集し, 基板上の穴の高密度化トレンドに合わせ最適化を施した独自の制御方式を採用した超高速ガルバノスキャナを搭載し, 特に微小ピッチ加工の領域で高速性を十分に発揮することを可能とした。

3.2.2 高周波数発振器

GTFでは, 発振器のビームパルス周波数を10kHzまで設定可能な発振器を搭載し, パッケージ用基板の加工で主流であるバースト加工(1穴に連続してレーザパルスを入射して行う加工方法)で, パルス間隔を短くしてロス時間を削減し, ワーク加工時間の短縮を可能とした。

3.3 高集光性 $f\theta$ レンズ

パッケージ用基板の加工では, 加工穴径が50~60 μm と小径であるため, 安定して真円度・テーパ度の良い加工品質を確保することが難しく, また穴周辺では材料へのダメージも発生しやすい。当社ではこれらの課題に対し, $f\theta$ レンズを自社で開発している利点を生かし, 加工機光学系構成とマッチングした高集光性 $f\theta$ レンズを開発し, パッケージ用基板への小径穴加工で安定した加工品質の確保を実現した。

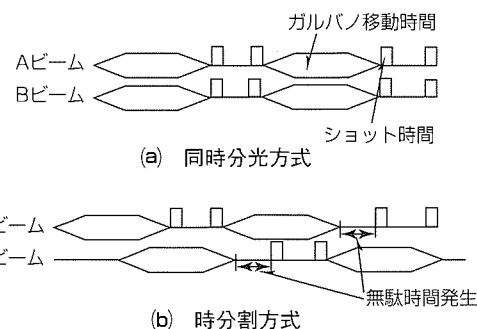


図5. 同時分光方式と時分割方式の比較

4. 加工事例

パッケージ用基板の材料については、環境対応のためのハロゲンフリー化、高集積化による熱膨張係数(CT)の低下によって、樹脂やフィラー(充填(じゅうてん)材)の種類や量が変化してきている。このような材料変遷はレーザー光の材料への吸収性に影響を与え、テーパ度悪化といった加工品質低下を引き起こす要因となっている。GTFでは、現在パッケージ用基板の材料としてスタンダードとなっている難加工材料のフィラー入りエポキシ系樹脂に対して高品質な小径穴加工を可能としており、従来はUVレーザーの加工領域であった $\phi 50\mu\text{m}$ クラスの微細穴加工を可能とした。

図6に $\phi 60\mu\text{m}$ 加工、図7に $\phi 50\mu\text{m}$ 加工の結果を示す。図7に示すように、GTFでは $\phi 50\mu\text{m}$ という小径でありながら真円度95%以上、テーパ度80%以上の高品質加工を達成しており、穴周辺での材料へのダメージもほとんど発生しない加工を実現した。

5. むすび

昨今の世界規模での景気減速に伴い、基板業界全体で生産設備に対する設備投資は低迷しているが、IT機器では差別化のため多機能化・小型化は今後も着実に進み、基板加工の高品質・高生産性の要求もますます厳しさを増していくと予想される。また環境対応や高剛性化のため、加工

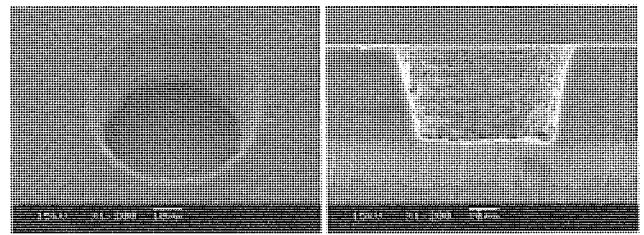


図6. フィラー入りエポキシ系樹脂加工($\phi 60\mu\text{m}$)

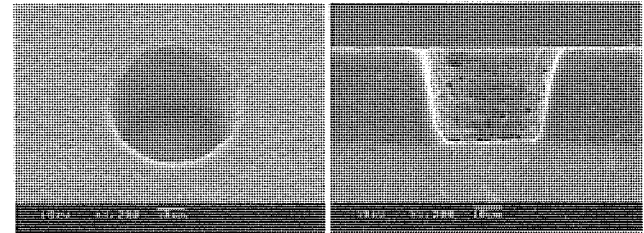


図7. フィラー入りエポキシ系樹脂加工($\phi 50\mu\text{m}$)

対象である基板材料自体が変わっていくことも想定され、新しい材料での加工品質確保も重要な課題となってくる。

これらの市場要求(業界ニーズ)を的確にとらえ、キーパーツ(発振器、ガルバノスキャナ、 $f\theta$ レンズ)を自社開発している強みを最大限に生かし、加工品質・生産性を更に向上させたレーザー加工機をこれからも継続開発し、プリント基板製造の発展に貢献していく。

“W&WSシリーズ”ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器用操作とって

川上兼弘* 濱田哲也**
杉原和義**
倉田康平**

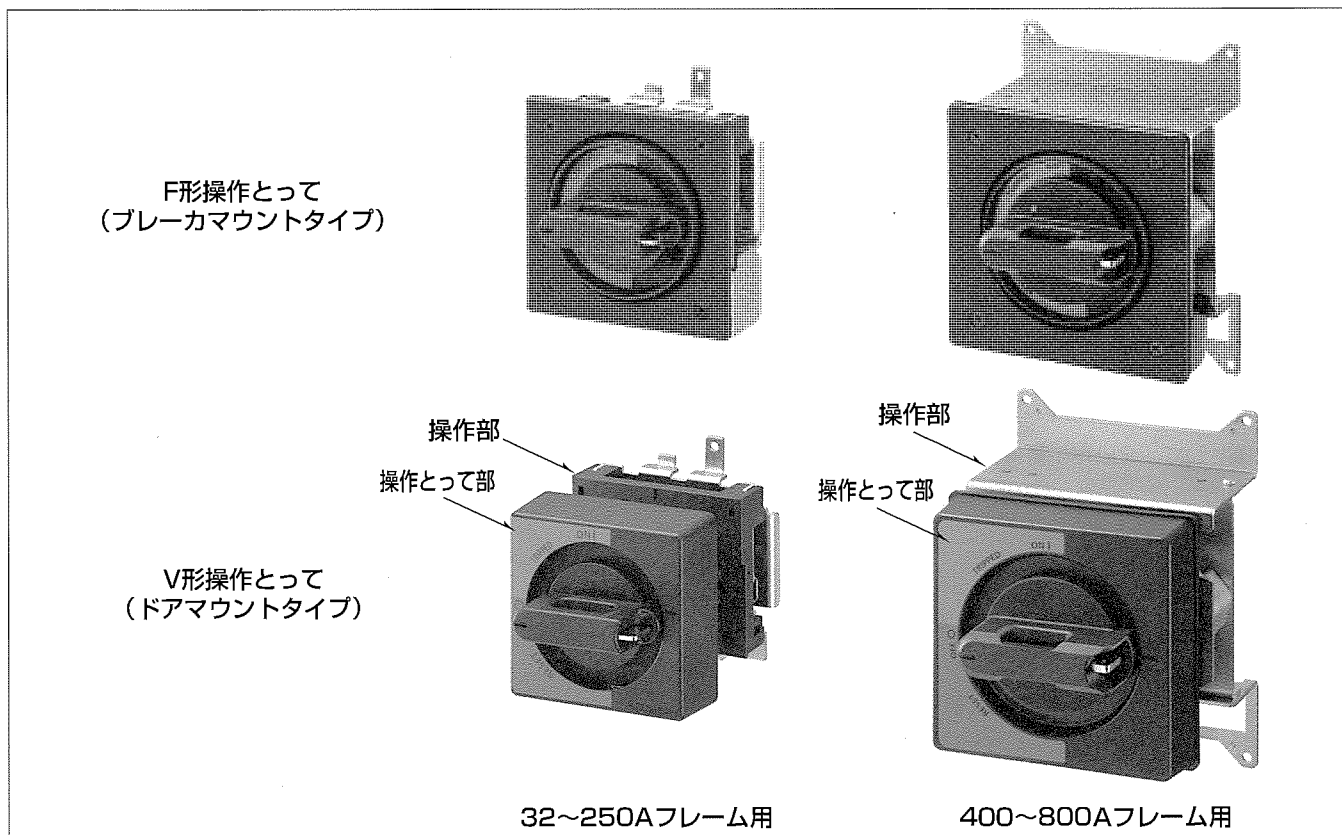
Operating Handles for MCCB and ELCB of “W&WS Series”

Kanehiro Kawakami, Kazuyoshi Sugihara, Kouhei Kurata, Tetsuya Hamada

要旨

低圧遮断器を取り巻く規制・規格が、安全指向や規制緩和に向かって大きく変わる中、三菱電機のノーヒューズ遮断器(MCCB)・漏電遮断器(ELCB)は市場の要求にこたえるため、機種標準化・仕様の統一を図り世界市場に対応できる製品として、“W&WSシリーズ”を2006年に発売した。また、半導体製造装置・自動車製造装置・工作機械など、世界市場に展開される装置の制御盤には、遮断器本体だけでなく、その遮断器本体に取り付ける付属装置に対しても全世界で標準的に使用することができる製品が要求されている。特に遮断器の外部に取り付ける外部付属装置の1つである操作とっては、規格への適合だけでなく、仕様や安全に対するニーズから、顧客別の要求事項への対応も必要であった。こうした状況の中、W&WSシリーズ用操

作とってとして、“Safety & Flexibility”をコンセプトに様々な安全に対する要求事項を盛り込み、仕様変更等への柔軟な対応を図った2種類の操作とってを開発した。1つは遮断器本体へ操作とって部・操作部を取り付けるF形操作とって、もう1つは盤の扉に操作とって部を取り付け、遮断器本体へ操作部を取り付けるV形操作とってである。主な特長は、“様々な仕様や顧客別要求事項に対応することで、その仕様数が増加しそれぞれ個別対応していた従来品から、標準化、共用化を推進することによって各仕様に対応できる統一構造を確立した”ことである。さらに安全に、より使いやすく、世界市場に対応できる製品を目指したもので、グローバル化する国内市場の要求に対応した。



“W&WSシリーズ”ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器用操作とって

W&WSシリーズ ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器用操作とって(F形操作とって、V形操作とって)は、32~250Aフレーム用と400~800Aフレーム用の操作とってを、F形操作とって、V形操作とって各々2つの基本モジュールで構成した。また、JIS、IEC、EN、NFPA79、UL規格に適応したマルチスタンダード製品である。さらに、様々な安全に対する要求事項を盛り込み(Safety)、仕様変更等への柔軟な対応(Flexibility)を図った製品である。

*三菱電機(株) 福山製作所 **三菱電機エンジニアリング(株)

1. ま え が き

低圧遮断器は、半導体製造装置・自動車製造装置・工作機械など、世界市場に展開される装置の制御盤や一般受配電盤に多く採用されている。また、遮断器外部に取り付ける外部付属装置の1つである操作とつても様々な仕様のラインアップ、各国の安全規格への適合、多様化する顧客ニーズに柔軟に対応することによって広く採用されてきた。それに伴い、製品種類や顧客ごとの対応による仕様が増加している。こうした状況の中、W&WSシリーズ 32~800Aフレーム用操作とつて(F形操作とつて、V形操作とつて)は、“Safety & Flexibility”をコンセプトに様々な仕様に対応できる統一構造の確立、各仕様へ対応可能な柔軟な構造の確立を図り、共用化による種類数の削減、顧客ニーズの標準品への盛り込み、更なる安全性の追及を目指した。

本稿では、この操作とつての標準化、及び安全規格の要求事項への取組内容について述べる。

2. 標準化への取組

2.1 F形操作とつて

2.1.1 仕様概要

操作とつては、受配電盤から機械装置の制御盤等に設置されるブレーカの外部操作手段として広く使用されており、その用途や設置方法によって仕様が多様化、複雑化している。特にF形操作とつては一般に広く使われており、その仕様と種類は表1のとおりである。

(1) 操作とつてのロック位置

操作とつてのロック位置は、断路機能の観点から“OFF位置”でのみロック可能なものと、給電停止を防ぐニーズから“ON又はOFF位置”でロック可能なものの2種類がある。

(2) 盤の扉のオープン可能位置

操作とつては、ON状態では盤の扉が開かないインターロック機能を備えているが、その扉を開けることが可能な位置の仕様として、RESET側に操作して可能な“RESETオープン”とOFF位置で可能な“OFFオープン”の2種類がある。

(3) 遮断器の取付け方向

遮断器の盤への取付け方向としては、電源側が上になるように取付けられるのが一般的であるが、横向き(電源側が左や右)に取付けられることもある。その場合、標準品の操作とつてでは、表示が90度回転するため、標準品とON、OFF位置が異なるということになる。そのため、遮

断器が横向きになっても、常に操作とつての表示は、左90度がOFF、上がONとなるように取付けができる仕様であり、“電源上”“電源左”“電源右”の3種類がある(図1)。

このように1機種あたり $2 \times 2 \times 3 = 12$ 種の仕様があり、各々の仕様で部品が異なり、部品管理の煩雑さや生産納期がかかる状況であり、統一した構造の確立が課題であった。

2.1.2 仕様の統一構造の確立

(1) 操作とつてのロック位置仕様の確立

ロック構造は、ハンドル中央にあるロックプレートを押し下げることによってロックプレートがケースの穴に入り込み、操作ロックする構造としている(図2)。

そのため、図3に示すように、ケースに90度ごとの3か所の穴A~Cと1か所の壁を設け、仕様に応じてケースを回転させて組み付けることで、それぞれの仕様への対応を1つの部品で可能とした。遮断器の取付け方向が左・右になっても、標準品の場合と同様に、回転させることで対応可能である。

(2) 盤の扉のオープン可能位置仕様の確立

図4に示すように、プレートと盤の扉に取り付けるトメイタの係合によってインターロック機能を行っている。このプレートは、RESETオープン仕様の場合、ハンドルの回転に同期して回転するカムの傾斜に沿って動作する。一方OFFオープン仕様の場合、カムの傾斜より前でプレー

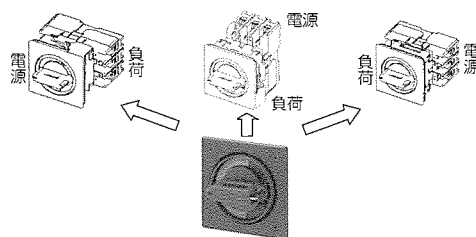


図1. 遮断器の取付け方向

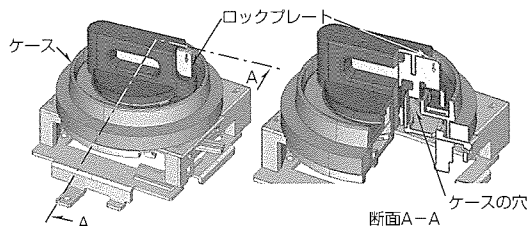


図2. ロック構造

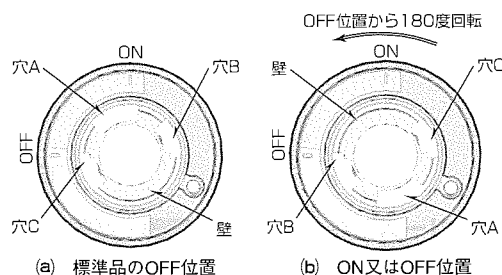


図3. ケースの状態図

表1. F形操作とつての仕様

仕様	標準品	オーダー対応品
操作とつてのロック位置	OFF位置	ON又はOFF位置
盤の扉のオープン可能位置	RESETオープン	OFFオープン
遮断器の取付け方向	電源上	電源左 電源右

トを動作させる必要がある。従来はこのプレートを RESETオープン仕様、OFFオープン仕様ごとに製作していた。この共用化策として、レバーを設け、RESETオープン仕様はプレートがレバーに当たらず従来どおりカムに傾斜に沿って動作し、OFFオープン仕様はレバーを回転させ、プレートがそのレバーに当たって動作する構造とし、プレートの共用化を可能とした。

2.2 V形操作とって

V形操作とっては、盤の扉に操作とって部を取り付け、遮断器本体へ操作部を取り付けるドアマウントタイプの操作とってである。その仕様としては、遮断器取付け面から盤の扉までの深さ寸法を一定の値に決めている固定式と、異なる深さ寸法に対応できる調整式の2種類がある。W&WSシリーズ用操作とっては、固定式に調整ユニット(32~250Aフレーム用：“V-AD3S”，400~800Aフレーム用：“V-AD3L”)をアドオンさせることによって調整式に仕様変更可能とした(図5)。

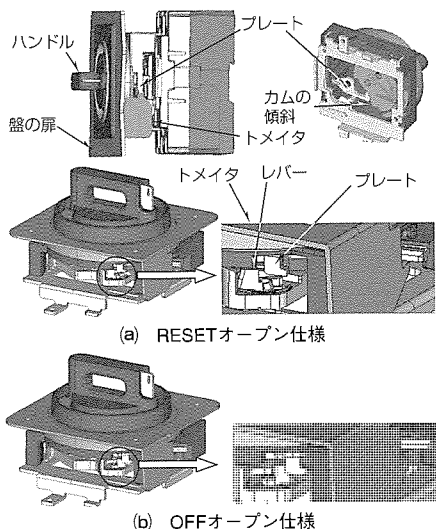


図4. 盤の扉のオープン可能位置仕様の状態図

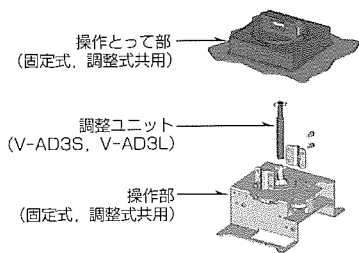


図5. V形操作とって

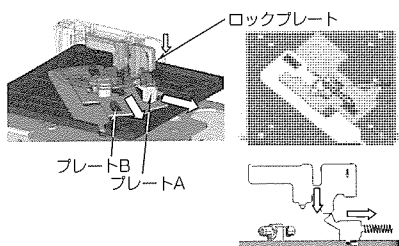


図6. 操作とって部のロック機構

また、操作とって部のロックは、操作を防止する機能と盤の扉が開かないインターロック機能があるが、400~800Aフレーム用操作とってでは、図6に示すように、ロック時のロックプレートの押し込み量に連動するプレートAのスライド量よりも、インターロックの係り代となるプレートBのスライド量を拡大させ、各種の操作ロックデバイスに対応可能としている。

3. 安全規格への取組

3.1 機械装置に関する規格

機械装置に関する規格は様々あるが、その中で操作とってに関する規格として、

- (1) IEC 60204-1, EN 60204-1, JIS B 9960-1
- (2) NFPA79, UL508A

がある。その要求事項の主なものを表2に示す。

この表の中に“断路(アイソレーション)機能を有すること”という記載がある。三菱電機の操作とっては、遮断器本体と組み合わせて断路(アイソレーション)機能を有しているが、更にその構造を進化させ、32~250Aフレーム用操作とってでは、従来品ではOFF位置からRESET位置近

表2. 操作とってに関する安全規格の要求事項の主な事例

規格	要求内容
IEC 60204-1 EN 60204-1 JIS B 9960-1 (機械類の安全性、機械の電気機器第1部一般要求事項)	<ul style="list-style-type: none"> ● “O” “I” を明示すること ● 操作方向がIEC 60447, EN 60447に準拠したもの→時計方向 ● 接点が完全に開くまでOFF表示しないこと ● 断路(アイソレーション)機能を有すること ● ハンドルの色は黒又は灰のこと(非常停止用は例外があり) ● OFF位置でロックできる手段を備えていること ● 充電部を断路した状態でエンクローシャを開くことが可能 →扉とのインターロック機能 ● 次のa, bの条件を満足するとき有資格者が工具を使用してインターロック機能を解除可能 →リリース操作 <ul style="list-style-type: none"> a インターロックが解除されているときいつでもOFF可能であり、OFFロックが可能であること b 扉を閉じると自動的に扉ロックが復帰すること ● エンクローシャは、少なくともIP22の保護等級であること ● 非常停止用機器のアクチュエータは赤のこと アクチュエータの取付け周りの地は、黄色とすること
NFPA79 (工業用機械類の電気規格)	<ul style="list-style-type: none"> ● 扉の位置と無関係にOFF位置でのみロックする手段を備えていること →ONロックの禁止 ● 扉の位置と無関係に工具なしで操作可能 ● OFF状態・ON状態かを明確に表示すること ● 電源の断路なしで扉を開けよう インターロックを設けること ● 扉の位置が開るとき、とっての機能がなくなるしないこと ● 有資格者が電源の断路なしでアクセス可能とすること →リリース操作 ● 有資格者が工具を使用してインターロックを解除可能 →リリース操作 ● 扉を閉じると自動的に扉ロックが復帰すること ● 扉が開いているときは、インターロックを意図的に解除しない限りONできないこと
UL508A (工業用制御盤)	<ul style="list-style-type: none"> ● OFF状態・ON状態かを明確に表示すること ● 電源が切断されていないときは、扉は開くことができないこと(インターロック) ● 工具を使用してインターロックが解除できること →リリース操作 ● 扉が開いているときは、電源の回復を防ぐ手段があること ● ON又はOFFの位置でロックできること ● 扉を閉じると自動的に扉ロックが復帰すること

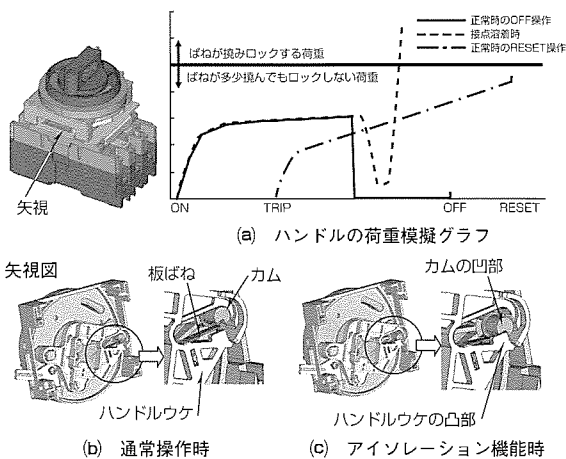


図7. アイソレーション対応構造

くが操作ロックできる位置であったが、操作荷重の差(正常時のOFF操作荷重と接点溶着時のアイソレーション機能が働いているときの荷重差)を検知することによって、ロック位置をOFF位置に近づけることを可能とした(図7)。

図7のグラフは正常時のOFF操作、正常時のTRIPからRESET操作、接点溶着時のアイソレーション機能が働いているときのストロークと荷重の関係を示す。

操作としてハンドルの回転運動と本体ハンドルの直線運動を変換するハンドルウケに、図7のグラフから導き出した関係の撓(たわ)みになる板ばねを取り付け、通常操作時での荷重に対して板ばねが大きく撓むことはなく、カムは板ばねの上を通過し正常動作するが(図7(b))、アイソレーション機能が働いている場合、ハンドルの荷重が大きくなるため、その荷重で板ばねが大きく撓み、ハンドルウケの凸部とカムの凹部が係合し、それ以上ハンドルが回転できない構造としている(図7(c))。

3.2 エンクロージャの保護等級

制御装置のエンクロージャの規定は次のとおりである。

- ①IEC 60204-1, EN 60204-1, JIS B 9960-1: IP22以上
- ②NFPA79: NEMA TYPE1 (IP10相当)

また、“一般産業用エンクロージャとしてはIP32, 43, 54が適切な場合がある”と規格に規定されている。参考までにIP保護等級(IEC 60529)の数字に対する説明を表3に示す。

これらを踏まえ、従来のF形操作としては、オプションでIP54等級の製品を準備していた。W&WSシリーズ用操作としては、標準品がIP54等級でありIP等級への拡充を図った。また、V形操作としては、従来品同様IP65等級である。

3.3 その他安全への配慮

V形操作としてで、機械装置のメンテナンス時に盤の扉を開け、誤って遮断器をONに投入することを防止するため、遮断器の本体側に取り付ける操作部にロックが可能な構造としている(図8)。

3.4 規格対応のラインアップ拡充

- (1) UL489登録品

表3. 保護等級(IEC 60529)

コード文字	IP	機器に対する保護内容	人体に対する保護内容
第一特性 数字	0	外来固形物浸入に対しての無保護	無保護
	1	固形物直径 $\geq 50\text{mm}$ に対しての保護	手の甲の接近に対しての保護
	2	固形物直径 $\geq 12.5\text{mm}$ に対しての保護	指の接近に対しての保護
	3	固形物直径 $\geq 2.5\text{mm}$ に対しての保護	工具の接近に対しての保護
	4	固形物直径 $\geq 1.0\text{mm}$ に対しての保護	針金の接近に対しての保護
	5	機器の動作・安全性を阻害する粉塵(ふんじん)の浸入を防ぐ	
第二特性 数字	0	粉塵の浸入がない	
	0	水の浸入に対して無保護	
	1	垂直に滴下する水に対しての保護	
	2	15度以内で傾斜しても滴下の水に対して保護	
	3	散水に対して保護	
	4	飛沫(ひまつ)に対して保護	
	5	噴流に対して保護	
	6	強力なジェット噴流に対して保護	
	7	一時的に水	
8	継続的な水没で影響がない		
付加特性 文字(危険部分への接近)	A		手の甲の接近に対しての保護
	B		指の接近に対しての保護
	C		工具の接近に対しての保護
	D		針金の接近に対しての保護
補助文字 記号	H	高圧機器	
	M	水の試験中に動作させる	
	S	水の試験中に停止させる	
	W	所定の気象条件で使用可能	

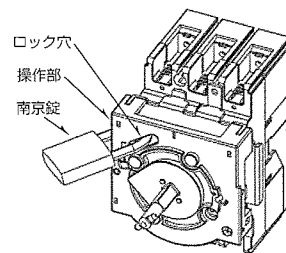
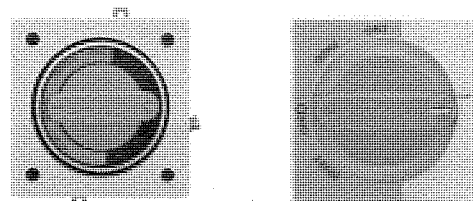


図8. V形操作としての操作部のロック



(a) 非常停止用F形操作として (b) 非常停止用V形操作として

図9. 非常停止用操作として

遮断器本体のUL489登録品に合わせ、F形操作として、V形操作としてのUL489登録品も準備している。

- (2) 非常停止用操作として

IEC 60204-1, EN 60204-1及びJIS B 9960-1で規定されている非常停止装置用として使用できる操作としてであり、規格で規定された色(ハンドルは赤色、その周辺は黄色)としている(図9)。

4. む す び

W&WSシリーズ ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器用の外部付属装置である、操作としてについて述べた。今後さらにグローバル化する環境の中、電気設備をはじめ各種装置には、安全性を考慮することがますます重要になっている。

今後とも顧客ニーズにこたえつつ、安全性に配慮し、より良い製品の開発を行っていく所存である。

表面形電子式電力量計“M8UMシリーズ”

黒田淳文*
戸板滋人*
高橋秀宗*

Surface-mounted Type Electronic Watt-hour Meters “M8UM Series”

Atsufumi Kuroda, Shigeto Toita, Hidemune Takahashi

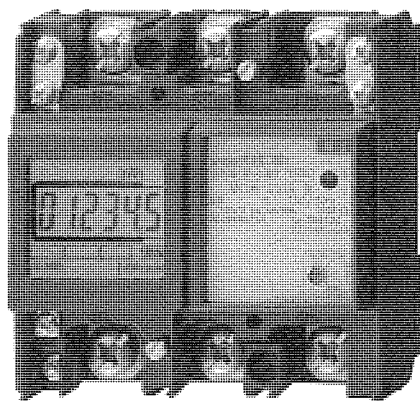
要 旨

分電盤の省スペース化・標準化のニーズ、省エネルギー推進の機運の高まりによる末端の分電盤における電力量の計測ニーズに対応するため、2002年に表面形電子式電力量計“M8Uシリーズ”を発売した。この電力量計は、1台で4方向取付けが可能な表示部回転機構(RDPメカ: Rotation Display Panel)による他社差別化をセールスポイントにして好評を得た。

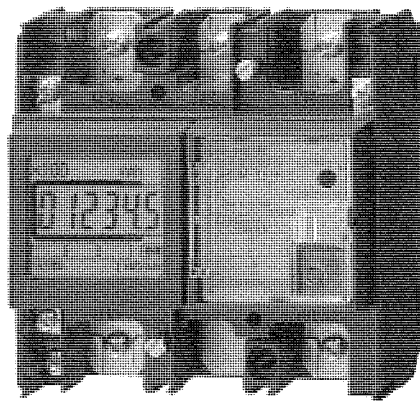
その後継機種として、より柔軟な分電盤設置が可能、設置時の誤結線が容易に判別可能など、より使いやすく進化した“M8UMシリーズ”を開発した。従来機種と同様に、すべての定格品と通信機能付(B/NET・LONWORKS^(注1))を品ぞろえする。主な特長は次のとおりである。

(注1) LONWORKSは、Echelon Corp.の登録商標である。

- (1) 新規開発した計測ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を搭載し、電子回路の高集積化と、電流センサ特性補正機能による安価な電流センサ採用によって、低コスト化を実現した。
- (2) 端子ピッチを25/30mmで自由に変更できる端子ピッチ可変構造を搭載し、多様な端子ピッチのブレーカとブスバー配線可能など、より柔軟な分電盤設置を可能とした。
- (3) 逆電流判別機能を搭載し、電力量計設置時の誤結線を容易に判別可能とした。
- (4) IEC(International Electrotechnical Commission)レール取付けに標準対応した。
- (5) 従来機種と構造面で互換性を維持し、分電盤を変更することなく従来機種から新機種へ交換可能とした。



単独計器(30A, 120A)



変成器付計器(/5A)

表面形電子式電力量計“M8UMシリーズ”

端子ピッチを25/30mmで自由に変更できる“端子ピッチ可変構造(定格電流30A, 120A)”, 各相で逆電流を判別して液晶表示する“逆電流判別機能”の新機能を搭載した。従来機種から表示部回転機構(RDPメカ), ロータリスイッチによる電源不要の簡単設定も踏襲し、柔軟な盤設計, 容易な設置をサポートする表面形電子式電力量計である。

1. ま え が き

分電盤の省スペース化・標準化のニーズ、省エネルギー推進の機運の高まりによる末端の分電盤における電力量の計測ニーズに対応するため、2002年に表面形電子式電力量計“M8Uシリーズ”を発売した。この電力量計は、1台で4方向取付けが可能な表示部回転機構(RDPメカ)による他社差別化をセールスポイントにして好評を得た。

その後継機種として、柔軟な分電盤設計が可能、設置時の誤結線が容易に判別可能など、より使いやすく進化した“M8UMシリーズ”を開発した。本稿では、表面形電子式電力量計“M8UMシリーズ”の特長について述べる。

2. 表面形電子式電力量計M8UMシリーズ

2.1 仕 様

表1に表面形電子式電力量計M8UMシリーズの仕様を示す。

相線式、定格電圧、定格電流によって全16定格をフルラインアップした。また、従来機種と同様に、全16定格に対して計測要素(電流、電圧、電力、力率)や計器管理データを出力する通信機能付(B/NET・LONWORKS)を品ぞろえ(計48機種)し、充実したバリエーションで省エネルギー支援、自動検針システム構築など、目的に応じた使用を可能とした。

2.2 特 長

表面形電子式電力量計M8UMシリーズの主な特長は次のとおりである。

- (1) 新規開発した計測ASICを搭載し、電子回路の高集積化と、電流センサ特性補正機能による安価な電流センサ採用によって、低コスト化を実現した。
 - (2) 端子ピッチを25/30mmで自由に変更できる端子ピッチ可変構造を搭載し、多様な端子ピッチのブレーカとブスバー配線可能など、より柔軟な分電盤設置を可能とした。
 - (3) 逆電流判別機能を搭載し、電力量計設置時の誤結線を容易に判別可能とした。
 - (4) IECレール取付けに標準対応した。
 - (5) 従来機種と構造面で互換性を維持し、分電盤を変更することなく従来機種から新機種へ交換可能とした。
- 次に、その特長について詳細を述べる。

2.2.1 新規開発の計測ASICの搭載

新規開発した計測ASICを、今回開発したM8UMシリーズで製品に初搭載した。

この計測ASIC搭載によって、従来機種では、計測用LSI(Large Scale Integration)と制御用マイコンの2チップ構成で製品機能を実現していたが、制御用マイコンで実現していた機能を計測ASICに取り込むことによって、計測ASICの1チップで製品機能の実現が可能となった。さ

表1. 表面形電子式電力量計“M8UMシリーズ”の仕様

項目	仕 様																
計器の種類	普通電力量計(汎用品)、普通電力量計(B/NET通信機能付)、普通電力量計(LONWORKS通信機能付)																
形 名	M8UM-S33R								M7UM-S33R								
	M8UM-SN1R(B/NET通信機能付)				M8UM-SN2R(LONWORKS通信機能付)				M7UM-SN1R(B/NET通信機能付)				M7UM-SN2R(LONWORKS通信機能付)				
相線式	単相3線式				三相3線式					単相2線式							
定 格	電圧(V)		100			200			/110		100		/110		200		
	電流(A)		30	120	250	/5	30	120	250	/5	/5	30	120	/5	/5	30	120
周波数(Hz)	50又は60																
計測要素	電流現在値		階級1.0(通信機能付のみ)														
	電圧現在値		階級2.0(通信機能付のみ)														
	電力現在値		階級2.0(通信機能付のみ)														
	力率現在値		階級2.0(通信機能付のみ)														
乗率(電力量)	-	-	-	10の整数べき倍	-	-	-	10の整数べき倍	10の整数べき倍	-	-	10の整数べき倍	10の整数べき倍	-	-	10の整数べき倍	
設定(電力量)	パルス単位はロータリスイッチで設定 合成変成比をロータリスイッチ3桁で設定(×10 ⁶ 倍切替えスイッチ付)(変成器付計器)																
計量値表示	6桁表示(□□□□□□. □(全負荷電力10kW未満)又は□□□□□. □□(全負荷電力10kW以上))																
その他表示	動作・無負荷・逆電流・各相逆電流・停電(液晶表示)																
外形寸法(mm)	W100×H100×D75(30A, 120A, /5A), W145×H120×D75(250A)																
端子ピッチ(mm)	25/30で切替え(30A, 120A), 30(/5A), 35(250A)																
取付方式	表面方式、連結形取付爪方式、取付板方式、IECレール方式																
接続方式	表面接続																
準拠規格	JIS C 1211(30A, 120A), JIS C 1216(/5A), 計量法(V形計器)(250A)																
	JIS C 1102-2, 3, 5 電圧計, 電流計, 電力計, 力率計(計測精度のみ適合)(通信機能付のみ)																
停電補償	計量値: メモリに記憶し、復電時に再表示 表 示: 停電時は消灯																

らに、周辺回路を計測ASICに内蔵し回路の高集積化を図ったことで(図1)、部品点数の大幅削減を実現し、従来機種では基板3枚構成であったものを基板1枚で構成することが可能となった。

この計測ASICは、今後開発する電子式電力量計及び計測機器に順次搭載していく計画である。

新規開発した計測ASICの主な特長は次のとおりである。

- (1) A/D変換器ゲイン設定機能を搭載し、異なる定格電圧(100V, 200V)、定格電流(30A, 120A)を同一回路で実現可能とした。
- (2) 電流センサのゲイン特性・位相特性をリアルタイム補正する電流センサ特性補正機能を搭載し、多種多様な電流センサで安定した計量精度を実現した。
- (3) 不揮発性メモリ、停電検出回路、リセット検出回路などの周辺回路を計測ASICに内蔵し、回路の高集積化を実現した。

2.2.2 端子ピッチ可変構造(30A, 120A)

従来機種では、端子ピッチは30mmで固定されていた。端子ピッチが固定されているため、端子ピッチが異なるブレーカと接続する場合、ブスバー配線ができないという課題があった。

また、近年ブレーカの小型化が進み、端子ピッチが25mmと狭いものも増えてきている。端子ピッチを25mmに変更した場合、分電盤取付け時に使用する取付穴を従来

機種と同一位置では構成できず、取付穴の位置も変更となる。取付穴の位置を変更してしまうと、既設の従来機種から交換する場合、分電盤の取付ねじ穴と位置が合わなくなってしまうという課題があった(電力量計は計量法に定められた検定有効期間満了時に交換する必要がある)。

この課題を解決するため、M8UMシリーズでは取付穴と端子をスライドさせることで端子ピッチを25/30mmと自由に変更可能とする、端子ピッチ可変構造を搭載した。端子ピッチの切替え操作(30mm⇒25mm切替えの場合)を図2に示す。

これによって端子ピッチが25/30mmのどちらのブレーカでもブスバー配線が可能となり(図3)、より柔軟に分電盤へ設置可能とした。

また、端子ピッチ30mmでは、従来機種と同一位置に取付穴を構成することで互換性を維持し、端子と同時に取付穴を内側に移動することで端子ピッチ25mmに切替える構造とした。これによって、既設の従来機種を交換する際、分電盤を変更することなく交換可能とした。

2.2.3 逆電流判別機能

従来機種では、全相電力が負荷側から電源側に電流が流れる状態(逆電流)のとき、状態表示部に逆電流マークを点灯していた。しかし、逆電流マークを点灯するのみでは、

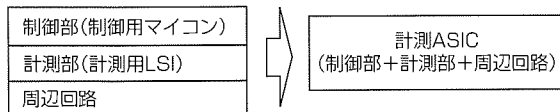


図1. 計測ASICの高集積化

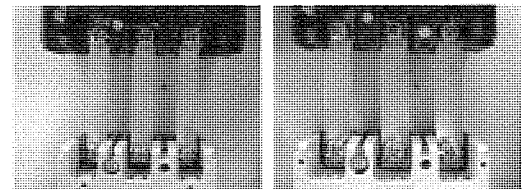


図3. 25/30mmのブレーカとのブスバー配線

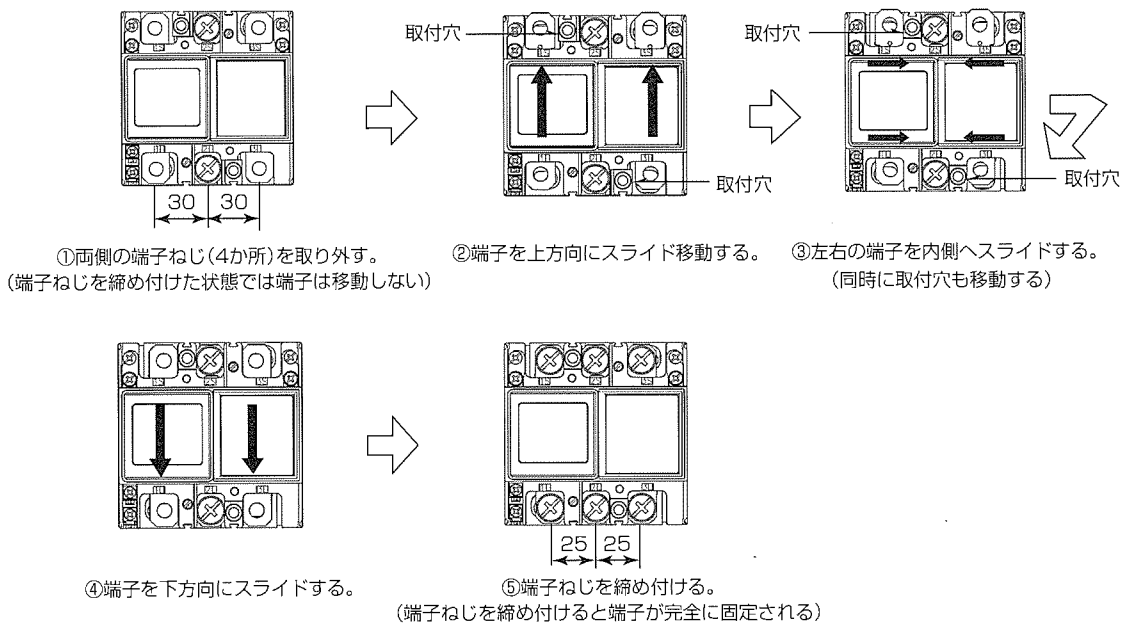


図2. 端子ピッチの切替え操作(30mm⇒25mm切替えの場合)

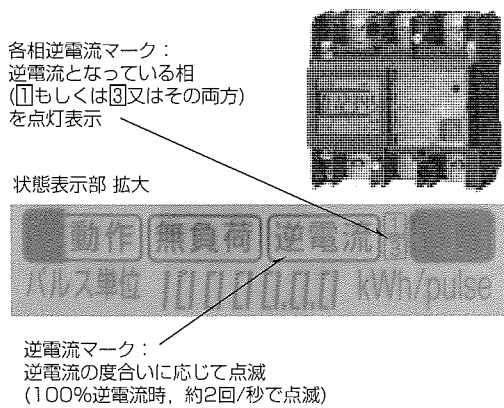


図4. 各相逆電流判別機能

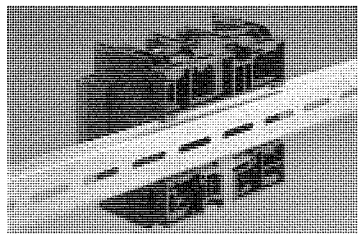


図5. IECレール取付け

全相電力が逆電流であることを表示しているだけであり、逆電流の度合いが認識できなかった。一方で、機械式電力量計では全相電力が逆電流である場合、逆電流の度合いに応じて円板が逆回転するため、その逆回転速度をみれば逆電流の度合いが認識できた。

なお、全相電力が逆電流となる設置環境は稀(まれ)であり、主として設置時の誤結線によって逆電流が発生することが多い。その場合、機械式電力量計では、円板の逆回転速度から逆電流の度合いを認識し、経験的に誤結線の箇所を特定していた。しかし、従来機種では、逆電流であることを表示しているだけなので、誤結線の箇所を特定することが機械式電力量計と比較して困難となっていた。

このような課題を解決するため、M8UMシリーズでは、次に示す逆電流判別機能を追加した(図4)。

- (1) 全相電力が逆電流のとき逆電流マークを逆電流の度合いに応じて点滅する。
- (2) 各相で個別に逆電流を判別し、逆電流となっている相に応じて、新たに追加した各相逆電流マーク(1側もしくは3側又はその両方)を点灯表示する。

この逆電流判別機能によって、逆電流の度合いが認識できるようになり、加えて逆電流となっている相を認識できるので、設置時の誤結線を容易に判別できるようになり、さらに機械式電力量計と比較して誤結線の箇所を特定しやすくした。

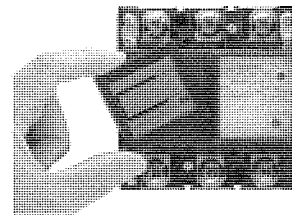


図6. RDPメカ

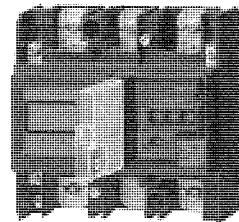


図7. ロータリスイッチ設定

2.2.4 IECレール取付けに標準対応(30A, 120A, /5A)

M8UMシリーズの取付方式として次の方式に対応している。

- ①表面方式
- ②連結形取付爪(づめ)方式
- ③取付板方式
- ④IECレール方式

従来機種では、IECレール方式に対応する場合、IECレール取付けアダプタ(別売)を準備する必要があった。

M8UMシリーズでは図5のようにIECレールへの取付け構造を本体裏面に一体構成し、IECレール取付け方式に標準対応した。

2.2.5 従来機種との互換性維持

従来機種と構造面(幅、奥行き、高さ、取付穴、端子ピッチ(30mm)、端子の高さ)で互換性を維持した。新機種への切替え時に、従来機種と同様の分電盤設計を可能とし、検定有効期間満了時の計器交換時に分電盤の変更が不要となるよう配慮した。

また、従来機種から好評であった表示部回転機構(RDPメカ)(図6)、ロータリスイッチによる電源不要の簡単設定(図7)は踏襲した。

3. む す び

従来機種の後継として、より柔軟な分電盤設置が可能、設置時の誤結線が容易に判別可能となるなど、より使いやすく進化した表面形電子式電力量計M8UMシリーズの特長について述べた。

現在、機械式電力量計から電子式電力量計への変革期であり、市場の情報を収集し、ニーズにあった製品を開発していく所存である。



特許と新案***

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

プログラマブル表示器の表示制御方法及び表示制御装置 特許第3438627号

発明者 高野幹夫, 近藤治彦

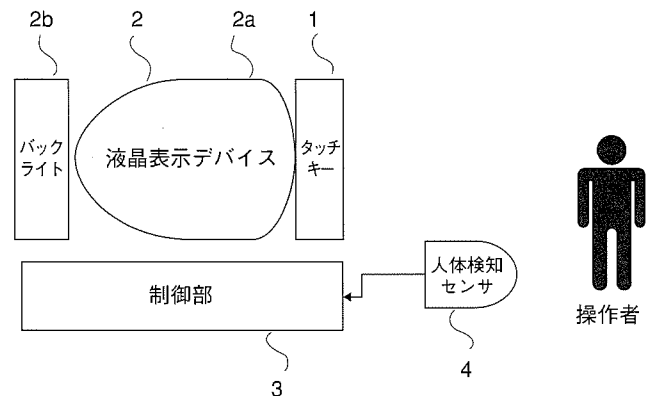
この発明は、人の存在をセンサで検知し、プログラマブル表示器の操作者か、単なる通過者かを判別し、操作者の場合にのみ操作可能状態とする表示制御方法に関するものである。

従来のプログラマブル表示器の表示制御方法では、操作者判別のセンサ入力を取りこぼしてしまった場合、次の瞬間にセンサ入力があっても、すぐには画面が操作可能状態にならないという問題があった。

この発明は、人の存在を検知するための第1のセンサ検知から第2のセンサ検知までの時間間隔を検出感度として、第1のセンサ検知後所定時間ごとにカウントアップするカウント値と検出感度とを比較して、一致した際に第2のセンサ検知を行い、第2のセンサ検知によって人の存在が検知されなかった際に、カウント値を所定時間の間隔で減少させ、再度第1のセンサ検知をすると、減少後のカウント

値からカウントアップする、プログラマブル表示器の表示制御方法である。

これによって、操作者か通過者かの判定を確実に行えるとともに、操作者判別のセンサ入力を取りこぼしてしまった場合でも、ただちに操作可能状態とすることができ、プログラマブル表示器の操作性を向上させることができる。



機械の位置制御装置及び機械の位置制御システム 特許第4020726号

発明者 寺田 啓, 長野鉄明, 吉田雅彦

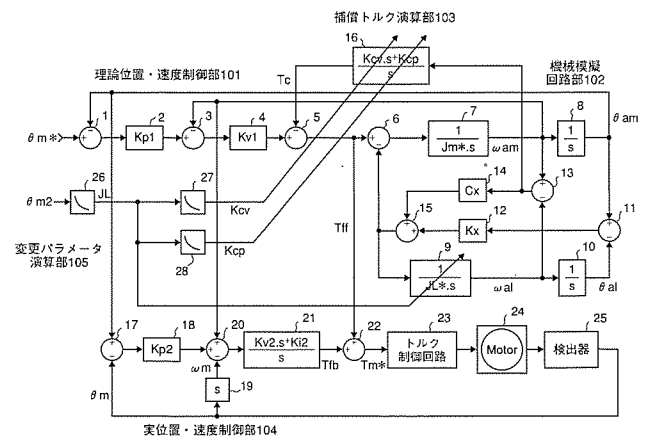
この発明は、工作機械やロボット等におけるモータ等の駆動装置を用いた機械の制御に関し、特に機械の振動抑制を行う位置制御装置及び位置制御システムに関するものである。

従来の機械の位置制御装置においては、機械系のパラメータをあらかじめ制御装置内に格納しておく必要があり、代表条件における機械系の特性値を代表値としていたため、機械の他軸位置の変化等によって、機械系の特性が大きく変わる対象には適応できないという問題があった。

この発明は、位置指令を入力として理論位置・速度制御部でトルクを出力し、このトルクを入力として機械模擬回路部で位置及び速度を出力し、この出力を補償トルク演算部を介して理論位置・速度制御部に戻すとともに、振動抑制パラメータを用いて演算を行うことで、第一軸の機械の振動を抑制する位置制御を行う機械の位置制御装置において、第二軸の位置情報、機械の負荷慣性、及び質量のいずれかに関する情報を元に、振動抑制パラメータとして用いる機械模擬回路部の機械端慣性パラメータ、同じく振動抑

制パラメータとして用いる補償トルク演算部の補償トルク比例係数パラメータ、補償トルク積分係数パラメータを逐次変更する変更パラメータ演算部を備えたものである。

これによって、例えばXYテーブルにおいてX軸駆動時にY軸位置によって機械系の特性が大きく変動した場合にも、振動抑制性能が損なわれることなく高精度な位置制御を達成することができる。





特許と新案***

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

電子式回路遮断器の電源装置 特許第3254934号(特開平8-126185)

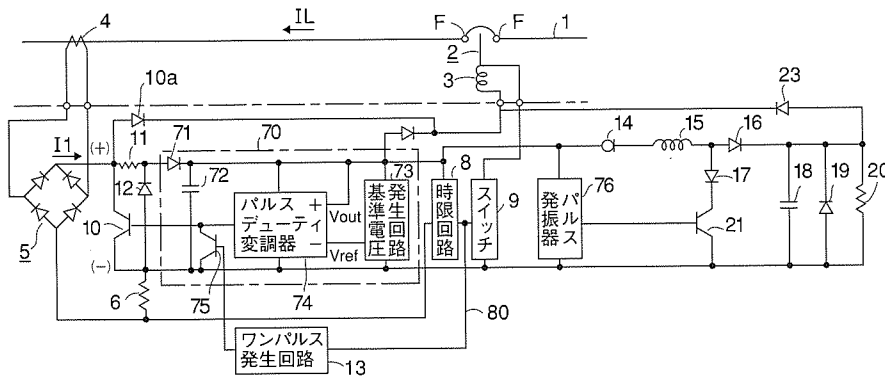
この発明は、過電流を検出して回路を保護する回路遮断器において、トリップコイル等への電力供給と過電流の検出を行う変流器の小型化を図るものである。

従来の回路遮断器では、内蔵する変流器(4)を小型化しようとする、2次巻線の線径が細くなり駆動電流が制限されてトリップコイル(3)の電磁力が低下し遮断速度が遅くなるので、変流器(4)を小型化ができないという問題点があった。

この発明は、電路(1)に設けられた変流器(4)の2次側に接続された整流回路(5)と、整流回路(5)の出力電流が所定のレベル以上で所定の時限継続したときトリップコイル(3)へ通電する時限回路(8)と、時限回路(8)の駆動電力を

発明者 山崎晴彦, 土本雄二, 金高修子
整流回路(5)の出力に基づいて生成する制御電源(70)と、制御電源(70)から定電流ダイオード(14)を介して電力供給される昇圧チョッパ回路(15, 16, 17, 21)を備え、昇圧チョッパ回路のコンデンサ(18)とトリップコイル(3)と整流回路(5)とを並列接続したものである。

これによって、制御電源(70)の余剰電流を昇圧チョッパ回路で昇圧しコンデンサ(18)に蓄積した高電圧の電荷をトリップコイル(3)に印加することができるので、変流器(4)の2次巻線の線径を細くしても、トリップコイル(3)の引外し励磁電流を得ることができ、変流器(4)を小型化することができる。



- 3: トリップコイル
- 4: 変流器
- 5: 整流回路
- 8: 時限回路
- 14: 定電流ダイオード
- 18: コンデンサ
- 15, 16, 17, 21: 昇圧チョッパ回路
- 70: 制御電源

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.83 No.5 「一般論文」特集

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 高桑 聖</p> <p>委員 小林智里 増田正幸 滝田英徳 岩崎慎司 糸田 敬 世木逸雄 江頭 誠 河合清司 種子島一史 安井公治 石川哲史 光永一正 河内浩明 橋高大造</p> <p>事務局 園田克己</p> <p>本号取りまとめ委員 三戸純一</p>	<p>三菱電機技報 83巻4号 2009年4月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2009年4月25日 発行</p> <p>編集人 高桑 聖</p> <p>発行人 園田克己</p> <p>発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847</p> <p>印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス</p> <p>発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03)3233局0641</p> <p>定 価 1部945円(本体900円) 送料別</p>
<p>三菱電機技報 URL</p> <p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先</p>	<p>URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/giho/</p> <p>URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/support/corporate/giho.html</p>
<p>英文季刊誌「MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE」がご覧いただけます</p>	<p>URL http://global.mitsubishielectric.com/company/rd/advance/</p>

スポットライト マイクロスパークコーティング

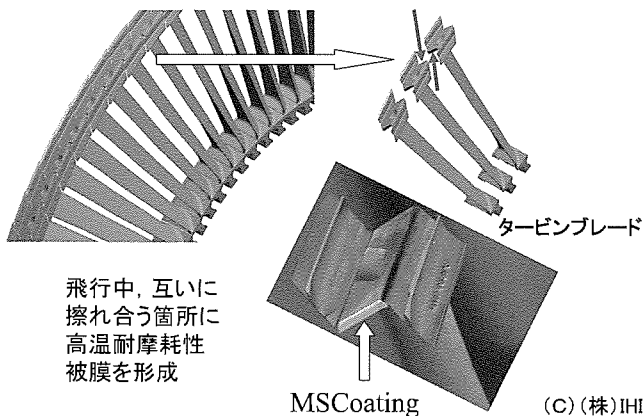
マイクロスパークコーティング(Micro Spark Coating : MS Coating)は、基材との密着性に優れ、基材への熱的ダメージを最小限に抑えた革新的なコーティング技術で、三菱電機独自の放電表面処理技術を(株)IHIとの共同開発で発展させた技術である⁽¹⁾。

微小な放電を利用して、金属やセラミックスの機能的被膜の形成が可能である。

その優れた性能と信頼性が評価され、ジェットエンジンのタービンブレードの摩耗を低減するコーティングとしてGE製エンジン(CF34-8)に採用された。

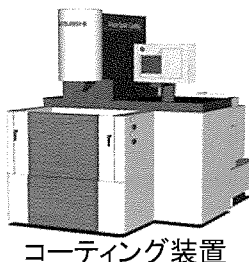
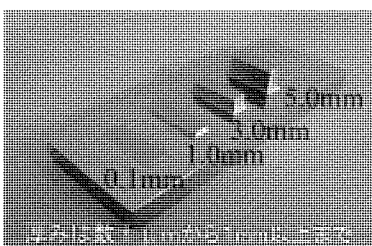
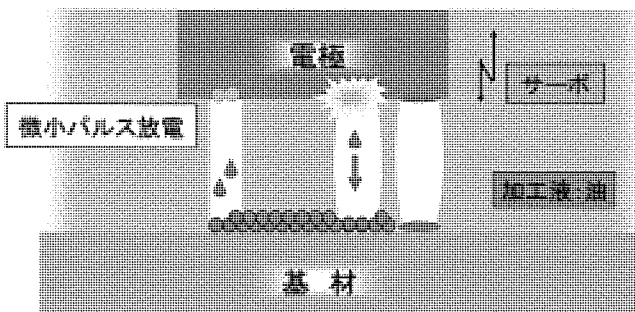
2008年夏には、このエンジンを搭載した航空機が初フライトを行い、この技術は本格的な実用化の段階を迎えた。

～ジェットエンジン タービン動翼への適用～



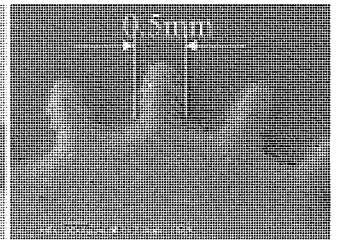
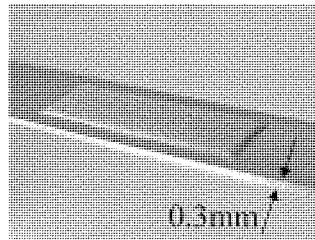
◆MS Coatingとは

- ・微小なパルス放電(1万回/秒)を電極と基材間に発生
 - ・粉末を固めた電極を溶融させ崩しながら、電極材料を基材側に移行させて被膜を形成
 - ・電極端面が転写されるように被膜が形成される
- 金属被膜では厚みが数十μmから1mm以上まで可能



◆MS Coatingの特徴

- ・基材と被膜の間は段階的に組成が変化し、密着性の高い被膜が得られる
- ・基材の熱によるダメージが少なく、薄板にも成膜可能
- ・マスクレスで電極端面形状に応じた被膜形成が可能
- ・自動ライン化が容易で熟練技術が不要



板厚0.3mmの薄板基材に対して変形なく成膜可能

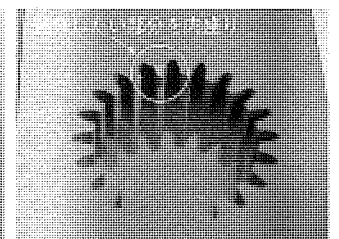
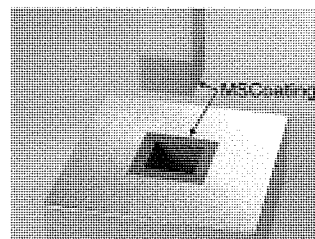
マスクレスでの微細加工例

◆今後の展開

適用中の例も含め、今後の代表的な展開を下表に示す。

皮膜の種類	機能	適用先
Co系	高温耐摩耗性	ジェットエンジン、ガスタービンの耐摩耗性改善
TiC	硬質被膜	金型、治工具の長寿命化
Fe系	硬質肉盛	金型形状不備、欠け、割れの補修
Ti系	生体固着性	人工関節
Ni系	高温強度	ジェットエンジン、ガスタービンの補修

- ・ジェットエンジンをはじめとするタービンの耐摩耗性改善に加えて、これら部品の補修事業への展開
- ・金型、治工具の耐摩耗性向上による長寿命化及び金型の形状不備や欠け、割れの補修
- ・医療分野では人工関節への適用



打ち抜き用金型の長寿命化(TiC)

金型の一部に生じた欠け、割れの補修(Fe系)

◆金型事業への展開事例

先に述べた以外に、自動車部品等への展開など、様々な分野へ貢献するための技術開発を推進中である。

◆参考文献

- (1) 石川島播磨技報, 45, No.2, 72~79 (2005-6)

住 所：〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3 (東京ビル)

会社名：三菱電機株式会社 お問い合わせ先：FA本事業部 産業メカトロニクス計画部 新事業推進G TEL：03-3218-6552