

ACサーボアンプ 「SANMOTION R 3E Model」の開発

成澤 康敬 Yasutaka Narusawa	井出 勇治 Yuji Ide	北原 通生 Michio Kitahara	小山 雅久 Masahisa Koyama	押森 卓男 Takao Oshimori
村田 佳幸 Yoshiyuki Murata	千野 晴彦 Haruhiko Chino	小池 宏明 Hiroaki Koike	片岡 隆 Takashi Kataoka	松本 昭弘 Akihiro Matsumoto
宮崎 俊一 Shunichi Miyazaki	藤沢 健一 Kenichi Fujisawa	山本 哲也 Tetsuya Yamamoto	金井 宏 Hiroshi Kanai	
山崎 悟史 Satoshi Yamazaki	酒井 将和 Masakazu Sakai	石崎 圭介 Keisuke Ishizaki	水沢 正明 Masaaki Mizusawa	
福地 寛之 Hiroyuki Fukuchi	中村 友紀 Yuuki Nakamura	涌井 康洋 Yasuhiro Wakui		

1. まえがき

サーボシステムに対しては、機械の生産性や加工品質の向上を目的に、さらなる性能・機能の向上、そして省エネルギー化や安全機能への対応など様々な要求がある。また、システムが多機能・多様化する中で、簡単に使えることも重要である。このような市場要求に対して、2008年に開発したACサーボアンプ「SANMOTION R ADVANCED MODEL」は、様々なお客さまの機械装置にご使用いただき、装置の性能・品質の向上に貢献できているものと考えている。

本稿では、「SANMOTION R ADVANCED MODEL」の後継機種として、“Evolved (進化)”、“Eco-Efficient (省エネルギー)”、“Easy to use (使いやすさ)”をコンセプトに開発した新ACサーボアンプ「SANMOTION R 3E Model」の特長を紹介する。

まず、本開発製品の主要諸元を示す。次いで、従来機の「SANMOTION R ADVANCED MODEL」から進化したサーボ性能、省エネルギー化への取り組み、そして使いやすさを追求したユーザ支援機能について紹介する。

2. 主要諸元

表1に、今回開発した「SANMOTION R 3E Model」の主要諸元を示す。図1には、代表機種としてアンプ容量30Aと600A品の外観を示す。

アンプ出力容量のタイプとしては、電源一体型10～50A、電源別置型600Aの計5機種をラインアップした。

組み合わせモータは、「SANMOTION R」シリーズを中心に、リニアモータやDDモータにも対応している。

エンコーダは、当社のバッテリーバックアップ型、またはバッテリーレス型アブソリュートエンコーダ、省配線パルスエンコーダに加えて、新たにHEIDENHAIN社製EnDat2.2にも対応している。

欧州の低電圧・EMC指令、北米のUL/cUL、韓国のKCマークなど海外の各種法規制と規格に適合している。

また、安全トルク遮断機能(Safe Torque Off)は、“SIL3/IEC61508, PL=e/ISO13849-1”に適合させ、医療機器など高い安全性能を必要とする用途への適用も可能とした。

本開発品は、従来機と外形、取り付け、コネクタなどの互換性を維持しながら、サーボ性能・機能を大幅に進化し、省エネルギー化と安全トルク遮断機能の安全性能を向上している。そして、新たに開発した「SANMOTION モータセットアップソフトウェア」とも連携し、システムの立上げ、サーボ調整、トラブルシューティングを容易にする多数のユーザ支援機能を搭載した。



図1 「SANMOTION R 3E Model」の外観

表1 「SANMOTION R 3E Model」の主要諸元

電源電圧 範囲	AC200V	AC200V ~ 240V
	AC100V	AC100V ~ 120V (10A ~ 30Aのみ)
アンプ出力容量	10A, 20A, 30A, 50A, 600A	
適用モータ	「SANMOTION R」シリーズ 「SANMOTION DS」シリーズ	
適用エンコーダ	<ul style="list-style-type: none"> ・アブソリュートエンコーダ (バッテリーバックアップ, バッテリーレス) ・省配線パルスエンコーダ ・HEIDENHAIN社製 EnDat2.2エンコーダ 	
制御モード	位置, 速度, トルク制御, モデル追従制御	
指令入力	位置	パルス列指令 (フォトカプラ絶縁)
	速度, トルク	アナログ指令
汎用入出力点数	入力×8点, 出力×8点	
速度周波数応答	2.2kHz (高速サンプリングモード)	
速度制御範囲	1 : 5000 (内部速度指令)	
機能	制御機能	<ul style="list-style-type: none"> ・デュアル位置FB制御 ・同期運転制御
	機械振動 共振抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・FF制振制御 (2段) ・軌跡制御用制振制御 ・適応ノッチフィルタ
	サーボ調整	<ul style="list-style-type: none"> ・オートチューニング応答性 40段階 ・サーボ調整支援機能
	立上げ, 監視, 診断	<ul style="list-style-type: none"> ・仮想モータ運転 ・エンコーダ・アンプ温度モニタ ・消費電力モニタ ・ドライブレコーダ
適合法規制等	UL/cUL, 低電圧指令, EMC指令, 機能安全, KCマークなど	

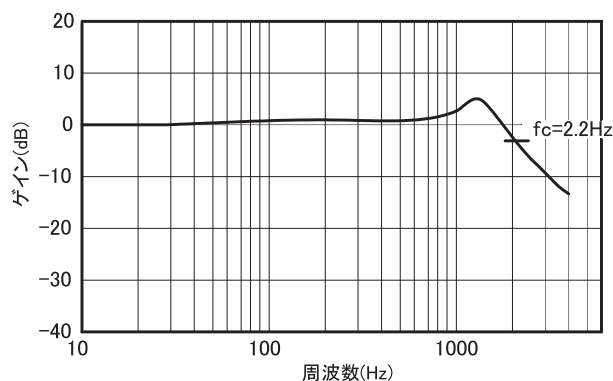


図2 速度制御系の周波数応答特性

3.2 モデル追従制御

本開発品では、モデル追従制御のパラメータに柔軟性を持たせ、モデル制御系の減衰係数を調整できるようにして、オーバーシュート量と位置決め整定時間の関係を細かく設定できるようにした。また、モデル制御系の速度フィードフォワードに微分補償を追加し、モデル追従制御の高速化を図った。さらに、フルクローズ制御でも機台振動を抑制できるフルクローズ機台振動抑制制御も搭載した。これらにより、理想的なモデルに追従させた高速な位置決め機能の適用範囲の拡大を図った。

3.3 モデル追従制御とフィードバック制御のリアルタイム切替え機能

工作機械では、位置決めを行った後に加工を行うなど、位置決め制御と軌跡制御を切替えて用いる場合がある。このような用途での高速化のために、モデル追従(制振)制御とフィードバック制御を高速に切替えるリアルタイム切替え機能を搭載した。これにより、機台振動を抑制した高速位置決めを行った後に、すぐ軌跡制御を行うことができ、加工機械のサイクルタイムを大幅に短縮できる。図3に、モデル追従制御とフィードバック制御のリアルタイム切替え機能の制御ブロック図を示す。

3. 進化したサーボ性能・機能

3.1 高応答位置速度制御

基本的な位置・速度制御系は、ACサーボアンプ「SANMOTION R ADVANCED MODEL」と互換性のある2自由度制御構造になっている。本開発品では、これらの制御系をベースに、位置制御系と速度制御系に位相を進ませる機能や積分ゲインを高められる機能を搭載してフィードバック応答を高めた。さらに、速度のフィードフォワード補償に加えてトルクのフィードフォワード補償も追加して指令応答性を向上させた。これらにより、図2に示すとおり、速度制御系の周波数応答を従来品比約2倍(2.2kHz)に高めた。

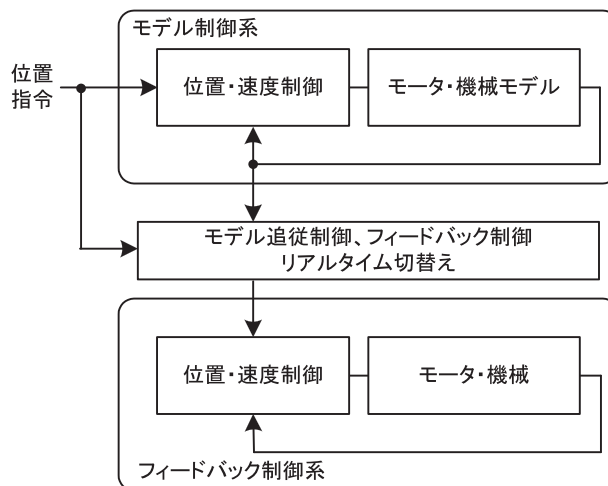


図3 モデル追従制御とフィードバック制御のリアルタイム切替え機能

3.4 機械共振・振動の抑制

本開発品では、トルク指令ノッチフィルタの深さ調整と周波数分解能の細分化を図るとともに、ノッチフィルタ段数を追加し、機械系の共振抑制機能を向上させた。さらに、ノッチフィルタの周波数を適応的に調整できる適応ノッチフィルタを搭載して、機械の共振周波数の変動にも対応できるようにした。適応ノッチフィルタは、機械共振を推定し、推定周波数を実際の制御系内のノッチフィルタに適用するもので、機械共振周波数の変動に対する適応的な共振抑制を実現している。図4は、790Hzに共振のある機械系で、駆動途中に適応ノッチフィルタを有効にした場合の共振抑制効果を示したものである。ノッチフィルタを有効にすることにより、機械共振が抑制されていることがわかる。

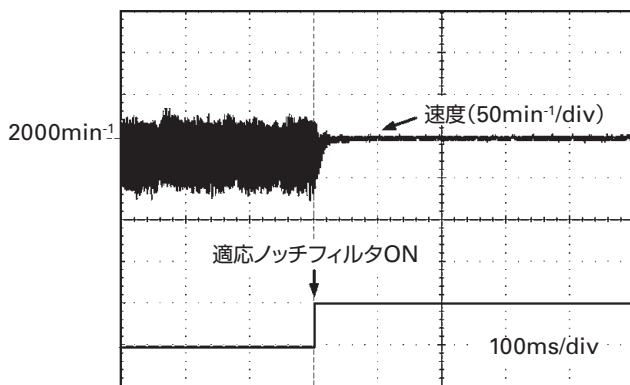


図4 適応ノッチフィルタによる機械共振の抑制

振動抑制機能としては、モデル追従制振制御に加えて、CP (Continuous Path) 制振制御を追加し、軌跡制御での機台振動の抑制を行えるようにした。また、フィードフォワード制振制御の適用範囲を拡大し、大型機械の低周波振動の抑制や、ボールねじ振動を少ない遅れで抑制できるようにした。

また、微振動抑制機能を搭載し、機械系の微細な弾性変形に起因した振動を抑制している。この機能は、モータの速度を検出し、速度が反転した場合にエンコーダパルスに補正を加えて、微振動の影響を増幅しないようにしたものである。これにより、モータ停止時の共振を抑制でき、高ゲイン化を実現できるようにした。

3.5 リアルタイムオートチューニング

本開発品では、リアルタイムオートチューニングの応答性範囲を従来品比1.3倍に拡大し、オートチューニングでの動作をより高速化した。

4. 省エネルギー化の取り組み

4.1 消費電力の削減

本開発品では、新世代パワーデバイスを採用することにより、定格運転時の損失を最大7%削減した。

また、電力損失のほとんどは発熱源となり、サーボアンプ内部の温度を上昇させ、部品の故障や寿命に影響を与えるため、冷却ファンにより強制空冷している。従来は、サーボアンプの内部温度に関係なく、冷却ファンの回転速度は一定であったため、モータの出力が小さい場合などは、 unnecessary エネルギーを消費していた。

そこで、本開発品ではサーボアンプ内部の温度に応じて、冷却ファンの回転速度を適切に制御することで、 unnecessary エネルギー消費を抑制している。特に、サーボモータが停止し、機械が稼働していない状態の待機電力を最大10%削減した。

4.2 消費電力量モニタ機能

本開発品では、サーボモータとサーボアンプの消費電力量モニタ機能を搭載した。この機能は、サーボモータの回転速度と電流をもとに、サーボモータ、サーボアンプの損失を加味し、消費電力量を算出する機能である。

これにより、簡単に装置の使用電力量を監視できる。

5. 使いやすさを追求したユーザ支援機能

5.1 仮想モータ運転機能

仮想モータ運転とは、実際にモータを動かさずに上位装置からの指令にもとづき、サーボモータとサーボアンプの動作をシミュレートする機能である。上位装置とサーボアンプ間とのインタフェース信号 (入力指令、汎用入出力など) の確認はもとより、サーボアンプ内部に構成されている機械モデルを使用し、モータの動作についても擬似的に確認することができる。本機能を活用することで、機械を動かさずに配線や制御システムを検証でき、装置の開発期間が短縮可能である。

5.2 サーボ調整支援機能

サーボ調整をより簡単にするために、「SANMOTION モータセットアップソフトウェア」に、サーボ調整支援機能を搭載した。

本機能は、図5に示すように対話形式のヒューマン・インタフェースにより、機械・負荷条件を設定するだけで、適切な調整モードを自動的に決定する。そして、最大2つのパラメータだけで、サーボ調整が行える。さらに性能を追求したい場合には、「整定時間の短縮」、「振動の抑制」など、目的別に用意されているパラメータで、より細かな調整も簡単に行える。

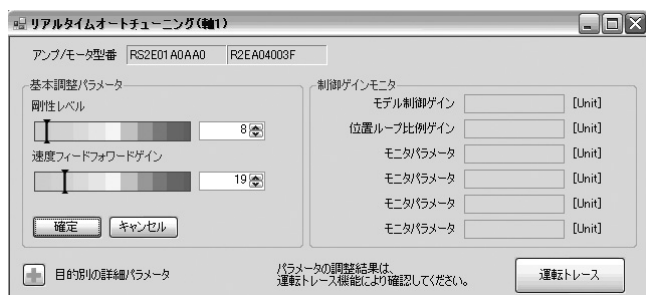
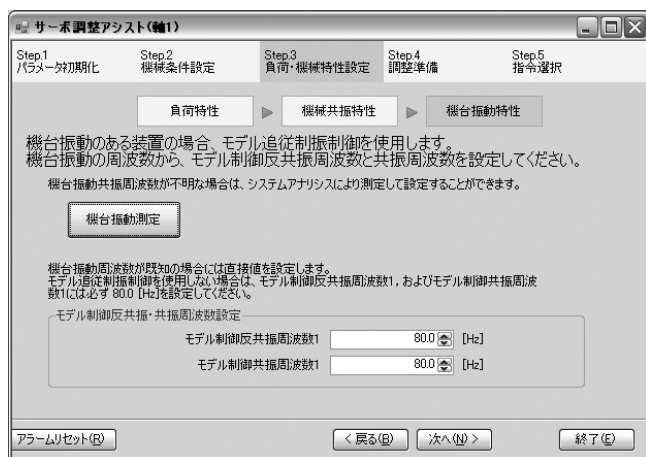


図5 サーボ調整支援機能画面

5.3 ドライブレコーダ機能

トラブルシューティングを支援するために、異常発生時のモータ回転速度、トルク、あるいは主回路バス電圧などサーボモータとアンプの運転データを一定時間記録するドライブレコーダ機能を搭載した。

1度に最大10種類の運転データを記録でき、過去16回分のレコードデータを不揮発性メモリに保存している。したがって、後からでも、記録したデータをセットアップソフトウェアにて波形表示させることができ、異常発生に至るまでの動作や状態が解析できる。

これにより、異常発生原因の特定や絞込み、そして適切な処置を迅速に行うことができ、トラブルシューティングが容易となり、システムの信頼性向上に寄与できる。

6. むすび

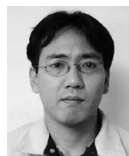
本稿では、“Evolved (進化)”, “Eco-Efficient (省エネルギー)”, “Easy to use (使いやすさ)”をコンセプトに開発した、新ACサーボアンプ「SANMOTION R 3E Model」の特長を紹介した。

この新サーボアンプは、従来の「SANMOTION R ADVANCED MODEL」と比較して、

- ① サーボ基本性能(速度周波数応答は約2倍)、モデル追従制御の進化により、機械装置の位置決め整定時間が短縮できる。また、モデル追従制御とフィードバック制御のリアルタイム切替え機能により、タクトタイムが短縮できる。
- ② 工作機械など加工用途に対応したCP制振制御、フィードフォワード制振制御の2段化、微振動抑制機能など、振動を抑制する機能を拡充している。
- ③ リアルタイムオートチューニングの応答性拡大(1.3倍)、適応ノッチフィルタの搭載により、サーボ調整の自動化機能が向上している。
- ④ 安全トルク遮断機能(Safe Torque Off)の安全性能レベルを“SIL3/IEC61508, PL=e/ISO13849-1”に向上している。
- ⑤ 定格運転時の損失を最大7%、待機電力を最大10%削減している。消費電力量モニタ機能により、機械装置の消費電力量を容易に見える化できる。
- ⑥ 仮想モータ運転機能、サーボ調整支援機能、ドライブレコーダ機能などのユーザ支援機能の拡充により、使い勝手が向上している。

このサーボアンプは、機械装置の性能、安全性、省エネルギー化、そして信頼性の向上に大きく貢献できるものと考えている。

今後は、モータ出力2.0～15kWの中容量タイプと、産業用リアルタイムEtherNetなどを中心としたネットワーク製品のラインアップを拡充していく予定である。



成澤 康敬

1991年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発、設計に従事。



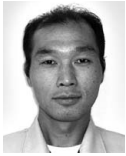
井出 勇治

1984年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発、設計に従事。



北原 通生

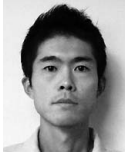
1991年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発、設計に従事。

**小山 雅久**

1990年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**押森 卓男**

1990年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**村田 佳幸**

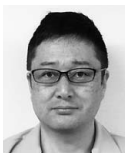
1995年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**千野 晴彦**

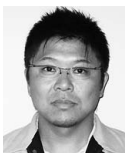
1983年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**小池 宏明**

1988年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**片岡 隆**

1988年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**松本 昭弘**

1990年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**宮崎 俊一**

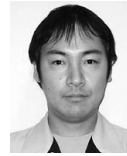
1990年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**藤沢 健一**

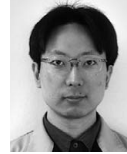
1992年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**山本 哲也**

1993年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**金井 宏**

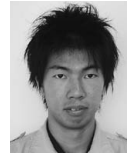
1997年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**山崎 悟史**

2001年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**酒井 将和**

2005年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**石崎 圭介**

2008年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**水沢 正明**

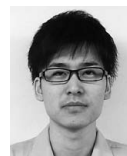
2008年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**福地 寛之**

2010年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**中村 友紀**

2010年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

**涌井 康洋**

2012年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。