

海外向けに対応したACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズタイプSの開発

井出 勇治

Yuuj Ide

北原 通生

Michio Kitahara

村田 佳幸

Yoshiyuki Murata

北澤 裕之

Hiroyuki Kitazawa

荘田 秀直

Hidenao Shoda

山崎 悟史

Satoshi Yamazaki

小山 雅久

Masahisa Koyama

成沢 康敬

Yasutaka Narusawa

久保田 善久

Yoshihisa Kubota

滝沢 尚晃

Naoaki Takizawa

押森 卓男

Takuo Oshimori

1. まえがき

2002年に発売したACサーボアンプ「SANMOTION Q」は、装置の高性能化、システムの小型化に貢献できたものと考えている。しかし、市場の変化は激しく、サーボに要求される性能はより厳しいものとなっている。本稿では、このような要求を踏まえ、さらにグローバルな展開を視野に入れたACサーボアンプ「SANMOTION R」について概説する。

2. 製品概要

サーボシステムを使用する機械は千差万別であり、グローバル展開を考えると、より機械の種類が増加する事が予想される。サーボシステムでは、それぞれの機械毎に要求される機能が異なってくるため、機械種類の増加を想定し、さまざまな機械系に適用できるよう制御機能の充実を図った。また、グローバル展開を視野に入れた場合、サーボ調整の容易化は避けて通れない課題である。ACサーボアンプ「SANMOTION R」はこれに対応すべく、各種自動計測機能、調整機能を搭載している。

今回開発したアンプは、電源一体、単軸型で15Aから300Aまで6機種をラインアップした。適用モータはロータリーモータとしてACサーボモータ「SANMOTION P」シリーズ、ACサーボモータ「SANMOTION Q」シリーズ、そしてリニアモータにも対応している。適用センサとしては、インクリメンタルエンコーダ、およびアブソリュートエンコーダに対応しており、モータおよびエンコーダとも柔軟な対応ができるようになっている。ACサーボアンプ「SANMOTION Q」シリーズと基本部分の互換性を保ちながら、新世代パワーモジュールの採用や高速CPUの適用を図り、パラメータ関係に関して改良を加えて、サーボアンプとしての使いやすさの向上や、実際の機械系に適用した場合の機械系を含めた特性が向上できるよう、統計的信号処理などの先端アルゴリズムの適用を図った。図1にACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ15A、30Aの概観を、表1にACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズの仕様を示す。



図1 ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ15A、30Aの外観

表1 ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ仕様

| | 仕様 |
|----------|--|
| 電源電圧 | AC200/230V (15A、30AはAC100Vも型番選択可能) |
| アンプ出力容量 | 15A、30A、50A、100A、150A、300A |
| 適用モータ容量 | 30W~15kW (P、Qシリーズ) |
| 対応エンコーダ | 500~65535×4 P/R (インクリメンタル) 2048~2097152 P/R (アブソリュート) (シリアルインクリにも対応) |
| 制御機能 | 位置、速度、トルク制御 |
| 制御方式 | IGBT PWM制御 正弦波駆動 |
| 位置指令 | パルス列 |
| 速度/トルク指令 | アナログ |
| 速度制御範囲 | 1 : 5000 |
| 周波数特性 | 600Hz(JL=JM) |
| シーケンス信号 | 接点入出力 |
| 構造 | トレイタイプ (取付はQシリーズ互換) |
| 安全規格 | CE, UL |

3. 製品の特長

3.1 オートチューニング

サーボドライブにおける応答性は負荷イナーシャの影響を大きく受ける。サーボアンプでは、トルク指令や加速度からイナーシャを推定し、その値に基づいて制御系パラメータを調整するセルフチューニングレギュレータを構成している。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、負荷イナーシャの推定に統計的信号処理を適用し、イナーシャ推定精度の向上を図った。さらに制御系パラメータを応答性として許容できる限界まで上げることができるよう応答性設定の幅を広げた。また、適用する用途に見合った特性になるよう、5種類のオートチューニング特性を選択できるようにした。これにより、PTP、CP制御それぞれに適切に対応できるようにしている。表2にACサーボアンプ「SANMOTION Q」シリーズとACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズのオートチューニングの相違を示す。

図2に負荷イナーシャを1倍から150倍に変化させた時の、イナーシャ推定特性を示す。1サイクルでほぼ真のイナーシャに収束していることがわかる。

表2 オートチューニングの相違

| | ACサーボアンプ「SANMOTION Q」 | ACサーボアンプ「SANMOTION R」 |
|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 手法 | 古典的手法 | 統計的信号処理 |
| 応答性設定 | 10段階 | 30段階 |
| オートチューニング特性 | 2種類 | 5種類 |

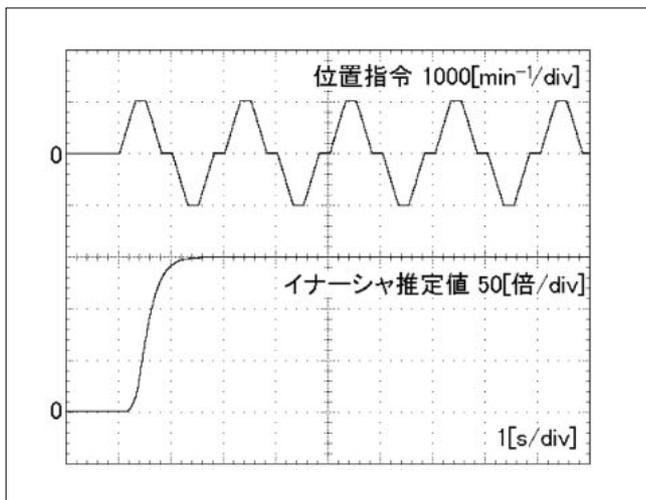


図2 イナーシャ推定特性

3.2 高整定制御

PTP制御では、位置決め整定時間の短縮が機械系のスループットの向上に欠かせない。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、機械系に実在する摩擦や共振などがあっても位置決め整定時間を短縮できるよう、フィードフォワード的に補償を行い、位置決め整定時間を短縮する高整定制御を搭載した。本制御により、実際の機械系での位置決め整定時間の短縮が図れる。

3.3 機械共振の抑制

機械系には、カップリングなどに代表される共振点が存在し、サーボ系がそれを増幅すると大きな音となって現れる場合がある。この高周波の共振の抑制にはノッチフィルタが適している。しかし、ノッチフィルタの中心周波数が制御帯域に近いと、制御帯域に遅れを生じ、制御性能を悪化させることがある。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、この遅れを削減し、制御性能をできるだけ悪化させずにノッチフィルタを挿入できるよう、位相遅れ低減ノッチフィルタと深さ調整ノッチフィルタを搭載している。これらのノッチフィルタは、合計4段搭載しており、機械共振がいくつかある場合も、極端にローパスフィルタの遮断周波数を低下せずに、高域共振を抑制できるようになっている。これにより、従来よりもサーボ剛性を高くできるようになっており、基本特性が大きく改善される。

また、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、セットアップソフトウェアによるシステムアナリシス機能や、アンプ本体に搭載したオートノッチフィルタチューニング機能により、簡単に設定周波数を知る事ができる。図3に高域共振の抑制特性を示す。

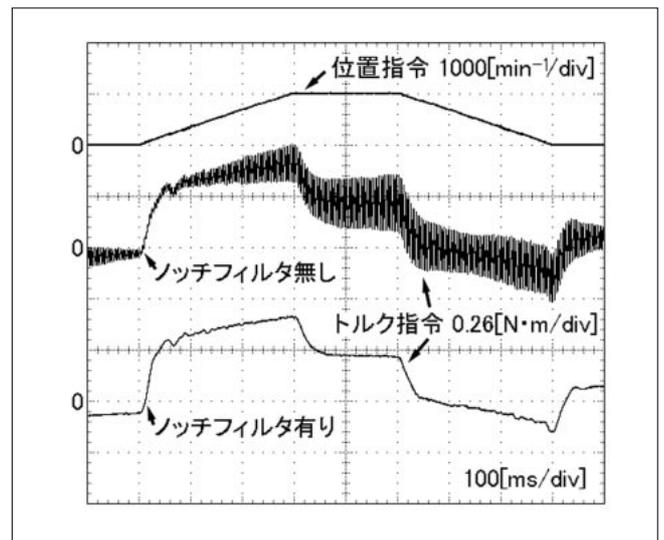


図3 高域共振抑制特性

3.4 外乱抑圧

一般的な工作機械などにおけるサーボシステムは、X、Y、Z軸などの多軸構成が多い。このような多軸構成では、位置決め時に他の軸の影響を受けてしまうことがある。たとえば、X軸停止時にZ軸が動くことにより機械系を通してX軸に力が働き、X軸の位置がずれてしまうようなことがある。こういった外部からの影響を抑制して位置決め精度を向上させるために、外乱オブザーバを搭載している。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、ACサーボアンプ「SANMOTION Q」シリーズで搭載した外乱オブザーバの帯域を広げ、中周波まで対応できるようにした。これにより、従来、特性改善が不可能だった少し高い周波数に対しても外乱の影響を抑制できるようになっており、外乱による位置決め精度の悪化を抑制できる。

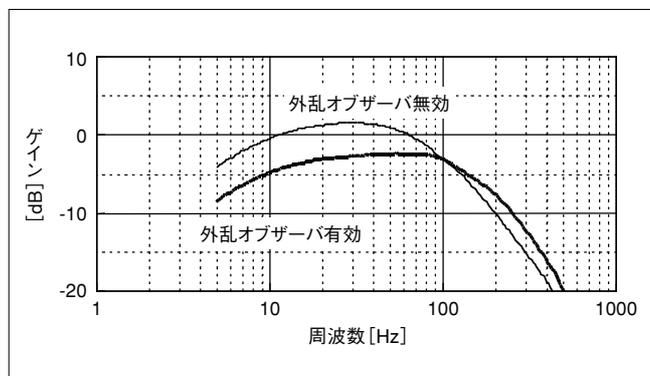


図4 外乱抑圧特性

3.5 機械共振の抑制

機械系の振動としては、ボールねじなどの動力伝達系のねじり剛性による振動の他に、機械の先端振動や機台振動がある。機械の先端振動や機台振動は、モータエンコーダによる振動の検出が難しいため、フィードバック制御では抑制が困難な場合が多い。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、この機械の先端振動や機台振動も抑制できるように、フィードフォワード制振制御機能を搭載している。フィードフォワード制振制御は機械振動を生じさせないようにフィードフォワード的に補償を行う構成をとっており、モータ側に振動成分がフィードバックされにくい用途にも適用できる。

また、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、セットアップソフトウェアによるシステムアナリシス機能や、アンプ本体に搭載した制振周波数同定機能により、簡単に設定周波数を知ることができるようになっている。図5に評価機械を、図6に制振制御特性を示す。

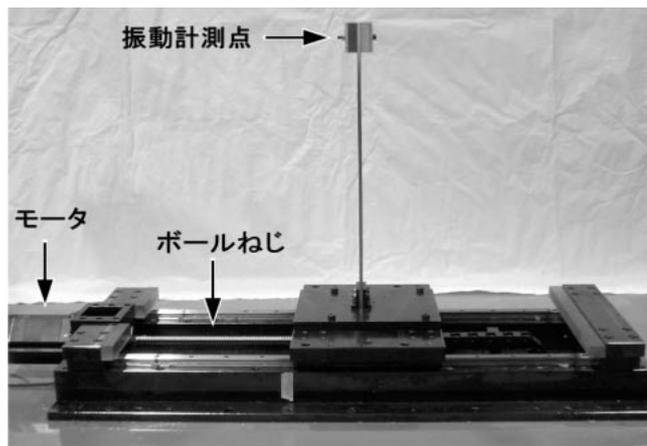


図5 制振制御評価機械

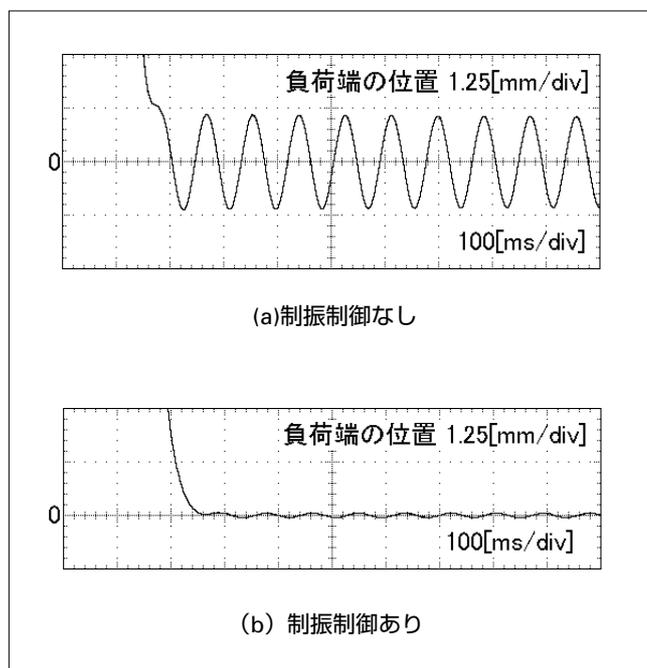


図6 制振制御特性

3.6 超高分解能

近年の機械系の要求精度は、用途によってはミクロンオーダーからナノオーダーに移行しており、より高分解能な位置精度を要求されることもある。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、これらの要求にも対応できるように、100万分割エンコーダを標準対応とし、エンコーダ分解能に適した制御が実現できるように改良を加えた。

表3にACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズの新機能を示す。

表3 ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ新機能

| | | |
|---|-----------|--|
| 1 | オートチューニング | <ul style="list-style-type: none"> ● 統計的信号処理による負荷イナーシャ推定 ● 5種類オートチューニング特性選択 ● 30段階応答性設定(高応答化) ● 負荷イナーシャ比マニュアル設定機能 ● パラメータ自動保存機能 ● パラメータマニュアル保存機能 |
| 2 | 追従性改善 | <ul style="list-style-type: none"> ● 高整定制御機能 ● 高追従制御機能 ● 4段ゲイン切替機能(切替フィルタ付) |
| 3 | 共振抑制 | <ul style="list-style-type: none"> ● 速度指令ノッチフィルタ機能 ● トルク指令位相遅れ低減ノッチフィルタ機能(1段) ● トルク指令深さ調整ノッチフィルタ機能(3段) (合計4段のトルク指令ノッチフィルタ) |
| 4 | 外乱抑圧 | <ul style="list-style-type: none"> ● 中周波数対応外乱オブザーバ ● 外乱オブザーバの有効条件選択処理機能 ● 高速処理-速度/トルク加算機能 ● 2種類の内部トルク加算指令設定機能 ● 正転, 逆転状態検出機能 |
| 5 | 制振制御 | <ul style="list-style-type: none"> ● フィードフォワード制振制御 ● 制振周波数4段切替機能 ● オート制振周波数チューニング機能 |
| 6 | モニタ | <ul style="list-style-type: none"> ● 主回路直流電圧モニタ機能 |

4. グローバル展開

欧州では、環境に対する配慮が重視される。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、環境調和技術を向上させるべく、毒性物質による害をおよぼさないよう、特定有害物質使用制限指令(RoHS)への適用も視野に入れた製品設計を行った。(本適用は来年の1月からの予定。)また、エネルギー消費を少なくするため、サーボ系の位置決め整定時間を短縮し、モータで消費する電力を削減することで、エネルギー消費を抑制している。また、新世代IPMを採用する事で、IPMによる電力消費も抑制している。

海外生産を行う場合は、現地部品の採用を考慮する必要がある。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズでは、放熱フィン材質を汎用的なものに変え、より部品の入手性を考慮した設計になっている。さらに、検査の自動化を進めるため、サーボアンプ内に各種検査に対応したソフトウェアを搭載し、検査設備とサーボアンプが一体となって検査が自動的に進むような工夫を行った。

また、各種電源電圧への展開や、各種ネットワークへの展開が容易になるよう考慮した設計も行っており、海外向けへの対応を容易にしている。

5. むすび

本稿では、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズについて概説した。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズは、ACサーボアンプ「SANMOTION Q」シリーズと比較して、機械系と組合せた時の特性がより向上するよう各種機能を盛り込んでいる。これにより、適用できる機械種類が増している。また、環境を考慮した設計や、各種展開の容易性を考慮しており、海外展開しやすい設計がなされている。これらの機能アップにより、パラメータ設定関係はACサーボアンプ「SANMOTION Q」シリーズと大きく変わっているが、逆に機能別の分類が行われたため、使いやすさは向上しているものと思われる。今後もサーボが適用できる範囲を広げ、特性がさらに向上するよう努力する所存である。



井出 勇治
1984年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



小山 雅久
1990年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



北原 通生
1991年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



成沢 康敬
1991年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



村田 佳幸
1995年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



久保田 善久
1989年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



北澤 裕之
1994年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



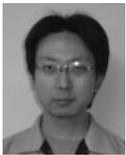
滝沢 尚晃
1978年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



荘田 秀直
1990年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



押森 卓男
1990年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。



山崎 悟史
2001年入社
サーボシステム事業部設計第2部
モータ制御装置の開発設計に従事。