

業界 No.1 品質への取り組み

井出 勇治

Yuuji Ide

成沢 康敬

Yasutaka Narusawa

滝沢 尚晃

Naoaki Takizawa

村山 良知

Yoshitomo Murayama

安藤 正巳

Masami Andou

新美 俊介

Shunsuke Niimi

柳沢 博昭

Hiroaki Yanagisawa

小林 通昭

Michiaki Kobayashi

1. まえがき

省資源化や適用する機械の生産性のさらなる向上を遂げるべく開発を行った「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL では、性能向上や機能向上のために、比較的大きな規模のソフトウェアを搭載し、かつ、小型化のために非常に小さな部品を採用している。本稿では、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL の製品開発における、ソフトウェアや小型部品の高密度実装に応じた設計、生産、品質管理での対応を説明し、設計および製品品質の向上とおした業界 No.1 に向けた取り組みを紹介する。

2. 「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL

ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL では、高応答化、高精度化、制振制御、オートチューニング、使い勝手向上、新セットアップソフトウェア、安全性向上、保全性向上などの新機能を搭載している。

高応答化としては、モータのトルクを向上させる高出力トルク制御、速度の周波数応答を従来の2倍に向上させる高応答位置速度制御、そして、モデルに追従させて実際の制御系を動かす事により理想的な動作を実現するモデル追従制御を搭載している。

また、高精度化としては、外力の影響を抑制する外乱オブザーバ、位置指令移動平均フィルタ、高分割対応電子ギア、高分解能位置信号出力、正転、逆転独立内部トルク制限機能を搭載している。

制振制御としては、機械の先端振動を抑制するフィードフォワード制振制御、機台の振動を抑制するモデル追従制振制御を搭載している。

オートチューニングとしては、モデル制御系まで含めてチューニングを行うモデル追従オートチューニングや、オートチューニング時のフィードフォワードゲインマニュアル設定機能を搭載している。

また、使い勝手を向上させるため、デジチェーン用コネクタを搭載し、モータ自動識別機能も搭載している。

セットアップソフトウェアはマルチウインドウ化を図り、プロジェクト管理機能や多チャンネル運転トレース機能、M 系列信号を用いて機械系の周波数特性を計測するシステムアナリシス機能など多彩な機能を搭載している。

そして、適用する機械の安全性を向上させるためのハードウェアゲートオフ機能や、アラーム発生時の状態表示機能、アラーム履歴のタイムスタンプ機能なども搭載している。

一方で、ハードウェアとしては、省資源化に対応すべく、小型チップ部品や狭ピッチ QFP タイプ ASIC、そして、BGA タイプの CPU を採用している。さらに、冷却の最適化や部品点数の削減、そして、ブートストラップ方式スイッチング電源を用いた電源回路の小型化などにより、従来と比較して最大 15% 体積を削減している。



図1 ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL

3. 設計品質向上への取り組み

本製品の開発にあたっては、設計品質を向上させるため、信頼性技法やシミュレーション技術の徹底活用を図った。

信頼性技法としては、品質マネジメントシステムに基づいた DR や FMEA、そして FTA などにより、開発段階での品質の作りこみを行った。

また、シミュレーション技術としては、PSpice⁽¹⁾による制御回路設計や PSIM⁽²⁾によるパワー回路設計、そして、MATLAB & Simulink⁽³⁾を用いて制御系設計を行った。特に MATLAB & Simulink では、連続系シミュレーションのみならず離散系を考慮したシミュレーションを行い、モデル追従制御などにおけるマルチレートサンプリングの影響を離散系で捉えてシミュレーション解析した。さらに、ソフトウェア実装を考慮して、演算における小数点位置などを考慮した固定小数点シミュレーションも併用して詳細なシミュレーションを行い、ソフトウェアの信頼性を向上させた。

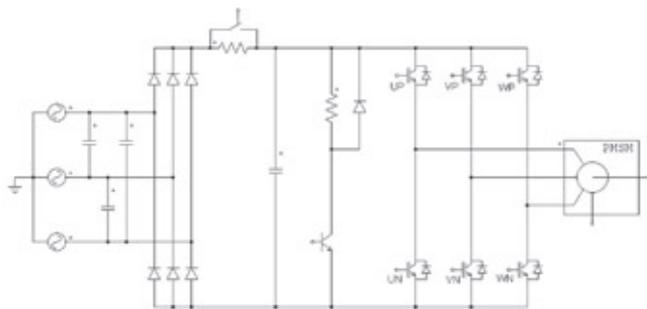


図2 PSIMによる主回路シミュレーションモデル

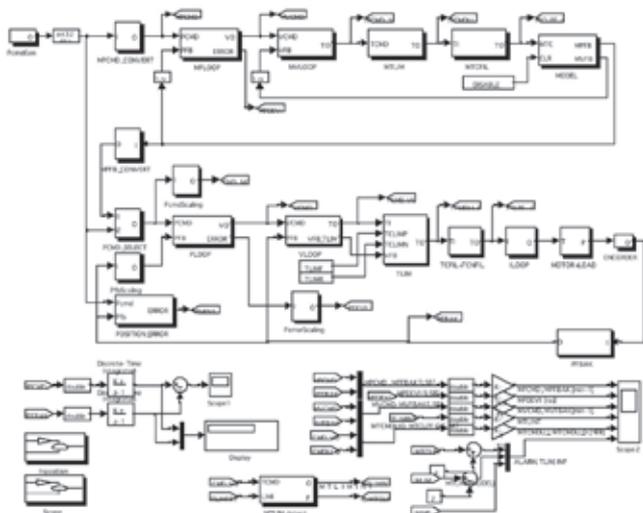


図3 MATLAB & Simulinkによる固定小数点シミュレーションモデル

ソフトウェア実装においては、図4に示すV字モデルに準じた設計プロセスを取り入れることにより、設計品質の向上を図った。

また、本製品の開発にあたっては、以下の点について改善・改良を図り、ソフトウェア品質と開発効率の向上を実現している。

- 複数の設計者チームによる同時作業に適したプロジェクト管理ツールを新たに導入し、作業性の向上を図った。
- ソフトウェアの構造(アーキテクチャー)を見直し、可能な限り階層化を実現した。これにより、ハードウェアの変更などへの柔軟な対応が可能となり、移植性や保守性が向上した。
- PCベースによるサーボアンプの仮想環境を構築して、この仮想環境でソフトウェア設計を進めることで、開発効率の向上を実現した。

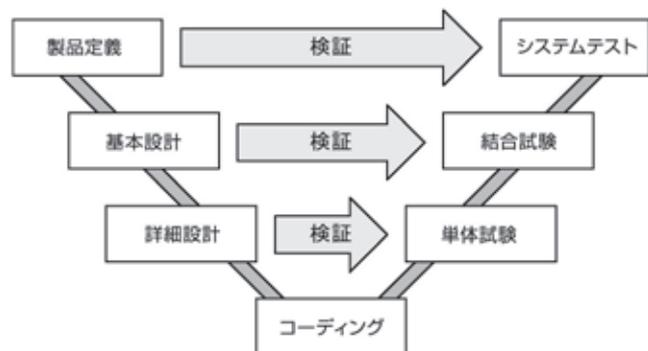


図4 ソフトウェア開発V字モデル

また、筐体設計においては、3分割樹脂ケースやプリント基板位置決め用ガイドピンを採用したダイキャストなど、製品の組み立てを容易にする構造を採用している。また、3D-CADを用い、一つ一つの部品を立体的に捉え、それぞれの部品の干渉や高電圧-低電圧回路間の沿面などをいろいろな方向から細部まで検討し、小型高密度アンプを高い信頼性で開発した。

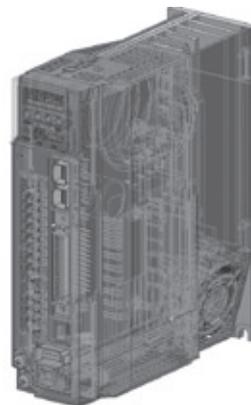


図5 3D-CADによる筐体設計

4. 製品品質向上への取り組み

生産面では、高密度実装や狭ピッチに対応させ、安定した生産が行えるよう、次のような仕組みで生産している。

プリント基板組立工程においては、高密度実装化に伴い、クリームはんだ印刷精度向上のため、クリームはんだ印刷検査装置(図6)にて、印刷状態の安定性を監視している。また、表面実装部品実装後は、高解像度のレーザインスペクタ(図7)により、今まで検査が困難であった極小チップ部品や、狭ピッチQFPのはんだ付け検査を実施している。また、目視検査支援システム(図8)を併用し、判定作業の効率化も図っている。さらに、リード挿入部品については、画像検査装置(図9)を併用し、部品1点1点についての搭載状態や極性の確認をしている。そして各検査工程で発見された製造不良については、前工程へのフィードバックがリアルタイムにかけられ、原因追求と対策を行うとともに、再発防止策を行い、常に品質向上に向けた体制作りをしている。



図6 クリームはんだ印刷検査装置



図7 レーザインスペクタ



図8 目視検査支援システム



図9 画像検査装置

組立工程は、電子作業指示(組立作業の電子支援)を導入し、作業の確実性を向上させた。電子作業指示のPC画面(図10)には作業方法・順番・勘所・注意事項が表示される。また、ビス締め付け時は電動ドライバのトルクアップ信号を検出してからでないと、次作業に進めないようにし、ビスの付け忘れ・締め付け不足および工程飛ばしによる不具合が防止できるようになっている。この電子作業指示導入により、作業者の習熟やスキルレベルに関係なく、安定した品質を作り込むことができるようになった。

検査工程では、自動検査装置を導入し機能試験を実施している。

これにより、電子作業指示同様に、作業者のスキルに関係なく、高いレベルでの品質安定、工数の平準化を実現している。



図10 電子作業指示PC画面

また、生産工場では、生産システムと、それと連動する工程管理・倉庫管理・出荷管理システム「サブシステム」を導入して活用を図り、顧客要求にリアルタイムに対応できるようにした。この結果、要求された製品を、要求された数だけ、要求された時に最短でつくることできるようになり、多品種小ロット生産のモノづくりの完成度をより高めることに成功した。

5. むすび

本稿では、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELで、業界No.1に向けて取り組んでいる内容について概説した。

この製品は、省資源化や機械の生産性向上をターゲットにさまざまな新機能を搭載し、アンプの高密度化を図っている。こういった機能や高密度化の開発においては、各種シミュレーションや新しい設計プロセス、そして3D-CADなどの新しいツールを用いて、その設計品質を向上させている。また、高解像度の検査装置や、いろいろな側面からの検査、そして、手作業時の不注意を防止するシステムや、生産を合理化するシステムを導入して製品品質を向上させている。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELは、こういった設計、生産、品質管理のさまざまな取り組みに基づく、高品質なモノづくりにより実現されている。

これからも、さらに合理的な開発ツールを適用して設計品質を向上するとともに、よりきめ細かな検査装置を適用して製品品質を向上させたい。さらに、納期遵守や在庫削減、そしてコスト低減などへの限りのない挑戦を行い、業界No.1と言える、より高性能、高品質で競争力のある製品を顧客に提供できるように努力していく所存である。

商標

- (1) PSpice : Cadence Design Systems Inc.の登録商標です。
- (2) PSIM : Powersim Inc.の登録商標です。
- (3) MATLAB/Simulink: The Math Works Inc.の登録商標です。



井出 勇治

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



安藤 正巳

1985年入社
サーボシステム事業部 生産第2部
サーボモータ制御装置の生産管理及び生産技術に従事。



成沢 康敬

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



新美 俊介

2007年入社
サーボシステム事業部 生産第2部
サーボモータ制御装置の生産管理に従事。



滝沢 尚晃

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



柳沢 博昭

1988年入社
サーボシステム事業部 生産第2部
サーボモータ制御装置の生産管理に従事。



村山 良知

1980年入社
サーボシステム事業部 品質管理部
サーボモータ制御装置の品質管理に従事。



小林 通昭

1992年入社
サーボシステム事業部 生産第2部
サーボモータ制御装置の生産技術に従事。