

サーボアンプの信頼性を高める技術

成澤 康敬

Yasutaka Narusawa

井出 勇治

Yuji Ide

山本 哲也

Tetsuya Yamamoto

1. まえがき

サーボシステムには、お客さまの機械装置が稼働している間、故障や異常がなく、機能・性能を維持し続けることが必要である。しかしながら、何らかの要因により部品の破損や劣化が生じて、製品が故障したり、外部機器など装置側の要因により異常を検出して、モータが停止したりすることもある。

製品の故障、あるいは異常検出によってモータが停止すると、システムダウンが生じ、工場の製造ラインに多大な影響を及ぼしてしまう。さらに、安全機能に関わる部品が故障した場合には、人的被害が生じるリスクが増える。

従って、製品としての堅牢性や安全性をより高めるとともに、システムダウンに至る前に故障を検出して予防保全することや、仮に異常が発生したとしても早急な原因究明と対策により、システムダウン時間を最小限に止められることが重要である。

この様な点を踏まえ、サーボアンプの信頼性を高める技術として取り組んでいる以下の技術について紹介する。

- ① 電源ノイズに対する堅牢性向上
- ② セーフトルクオフ機能の安全性能の向上
- ③ モータの絶縁劣化検出技術
- ④ トラブルシューティング支援技術

2. 電源ノイズに対する堅牢性向上

近年のグローバル化に伴い、当社サーボシステムも東南アジアを中心に多くの国で使用されている。その多くの国の電源事情は日本国内と異なり、電圧変動やサージ電圧が大きく、サーボアンプの誤動作や、内部の電子部品を破損させる原因の一つになっている。ここでは、その対策として、電源ノイズに対する堅牢性を向上する技術について説明する。

電源ノイズの種類には、電源ライン間に発生するノーマルモードノイズ、電源ラインと筐体接地間に発生するコモンモードノイズおよび落雷による誘導雷サージ（以下、雷サージとする）がある。雷サージはサーボアンプから見ると、コモンモードとして入り込む。また通常のノーマル・コモンモードノイズに比べ、発生する電圧・エネルギーが非常に大きく、サーボアンプの誤動作や内部の電子部品を破損に至らせる。一般的に、雷サージ対策として、市販のサージプロテクタをサーボアンプ入

力電源に接続するが、配線が面倒であり、設置場所の確保などの問題があった。そこで、サーボアンプ内部のプリント基板に雷サージ対策部品を実装することによって、従来配線のままサーボアンプの誤動作や内部の電子部品破損を防止する技術を適用した。

プリント基板の入力電源コネクタ直近の電源ラインと筐体の接地間に雷サージ対策回路を設け、サーボアンプ内部へ入り込む雷サージ電圧を制限する。雷サージ試験機により5kVを印加した際の、サーボアンプの電源ラインと筐体接地間の印加電圧波形の比較を図1と図2に示す。図1は雷サージ対策回路が無い場合、図2は雷サージ対策回路が有る場合の印加電圧波形である。

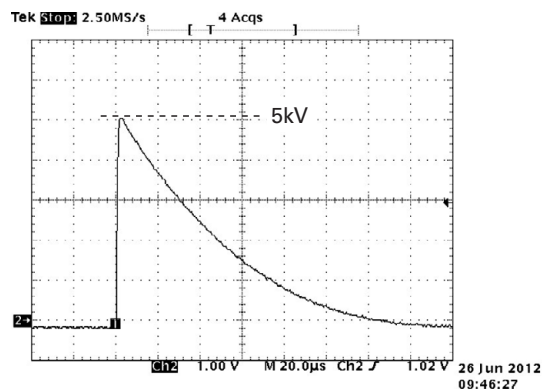


図1 雷サージ対策回路が無い場合の印加波形

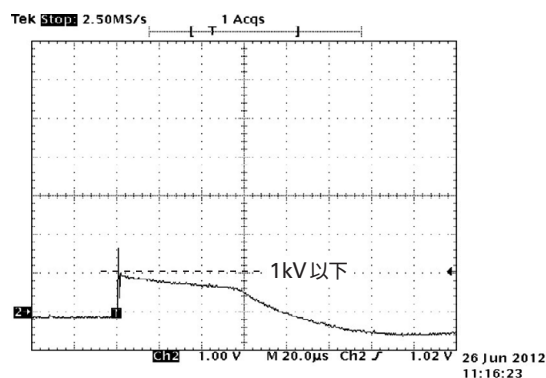


図2 雷サージ対策回路が有る場合の印加波形

雷サージ対策回路が有る場合、印加電圧は1kV以下に制限される。これにより、サーボアンプの誤動作や内部の電子部品の破損を防止し、電源ノイズに対する堅牢性を向上することができる。

3. セーフトルクオフ機能の安全性能の向上

セーフトルクオフ機能とは、非常停止ボタンやライトカーテンなどの安全機器からの入力信号(2チャンネル)により、サーボモータへの電流を遮断して、トルクをオフし、安全を確保するための制御機能である。

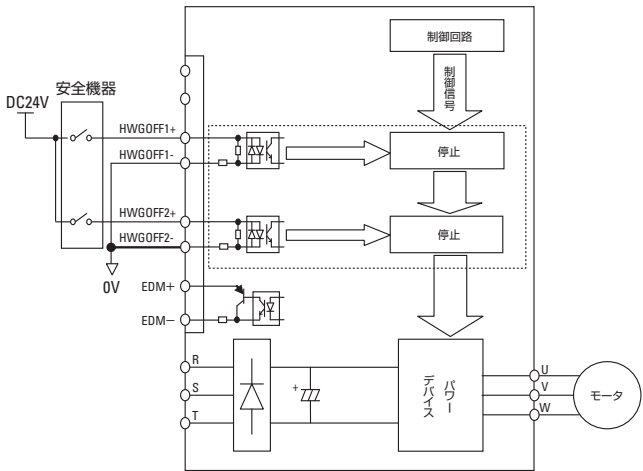


図3 セーフトルクオフ回路ブロック図

本機能は、当社従来製品「SANMOTION R Advanced Model」サーボアンプ(以下、RS2サーボアンプ)から搭載しており、主な機能安全規格と安全性能は表1の通りである。

表1 RS2サーボアンプの適合規格

項目	規格
安全機能	IEC61800-5-2. セーフトルクオフ IEC60204. ストップカテゴリ0
機能安全規格	ISO13849-1, PL=d IEC61508, SIL2 IEC62061, SILCL2 EN954-1, Cat.3

一般的な産業機器用途においては、この安全性能でも良いが、MRI(磁気共鳴画像)検査装置やCT(コンピューター断層撮影)検査装置などの医療機器では、より高い安全性能が要求されている。

そこで、RS2サーボアンプで開発したセーフトルクオフ機能を向上させ、ISO 13849-1(機械類の安全性—制御システムの安全関連部)のPL(安全性能レベル)“e”、IEC61508(電気・電子・プログラマブル電子安全関連システムの機能安全)のSIL(安全水準度レベル)“3”への適合を進めている。

ISO13849-1を例にした場合、安全性能レベル(PL)は、システムの構造(Cat.)、部品の危険側故障率(MTTFd)、そして診断範囲(DC)などの要素で決定される。安全性能レベルをアップするためには、特に危険側故障率の低減と、危険側故障の検出率が重要となる。以下に、ISO13849-1の安全性能レベルとカテゴリ、MTTFd、DCの関係を示す。

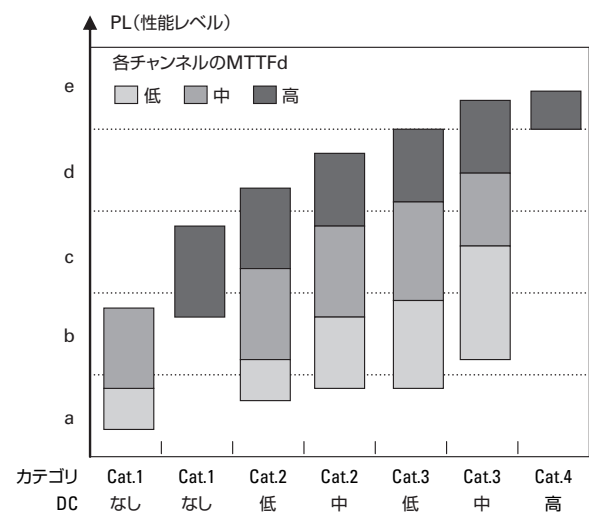


図4 カテゴリ、DC、MTTFdと安全性能の関係(ISO 13849-1)

安全性能レベルの向上は、機械可動部付近で人が直接作業する際のリスクを低減し、機械の信頼性(安全性)向上に寄与できる。

4. モータの絶縁劣化検出技術

サーボシステムの用途の一つとして工作機械がある。工作機械では切削液を用いて加工を行うため、切削液がモータに付着し、切削液の種類によっては、モータ内部に入り込み、モータの絶縁を劣化させるという問題がある。モータの絶縁劣化は徐々に進行し、最終的には地絡に至る。モータが地絡すると、漏電ブレーカをトリップさせたり、サーボアンプを破損させたりしてしまう。このような状況に至る前に、モータの絶縁劣化を検出する予防保全技術について紹介する。

一般的なモータの絶縁劣化を計測する方法としては、絶縁抵抗計を用いる方法がある。この方法では、モータの配線ははずして、モータの絶縁抵抗を絶縁抵抗計で計測して、基準値と比較して絶縁劣化を判断する。一般的な工作機械は、機械1台当たり数個のモータで構成されているため、機械1台の確認のために、全軸のモータ配線を外して絶縁抵抗を計測し、計測が終了したら、また配線を元に戻す必要があり、計測に多くの作業工数がかかってしまうという問題があった。そこで、サーボアンプを用いて絶縁抵抗を検出することによって絶縁劣化を判定する技術を開発した。

通常、サーボアンプは、電磁接触器を通して三相交流電源に

接続されている。サーボアンプ内部では、三相交流電源を整流回路により全波整流して直流電圧を出力し、電解コンデンサにより平滑化し、PWMインバータにより逆変換してモータを駆動する。図5に工作機械用アンプの例を示す。サーボアンプのインバータ部に絶縁劣化検出回路を設けており、この回路により、モータの絶縁劣化を検出する。絶縁劣化検出時は、電磁接触器をオフにして電源を遮断し、インバータを駆動してモータに一定の電圧を印加し、モータの絶縁抵抗を通して絶縁劣化検出回路に流れる漏れ電流を検出する事によりモータの絶縁抵抗を検出している。そして、絶縁抵抗が規定値より小さくなった場合に、絶縁劣化を検出してモータを交換する。通常、モータの絶縁抵抗は、100M Ω 以上を示すが、絶縁が劣化してくると2M Ω 程度まで絶縁抵抗が低下する。この状態を絶縁劣化として検出し、モータの交換を促すようになっている。

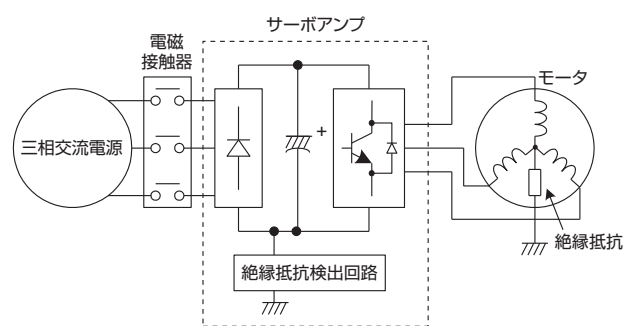


図5 モータの絶縁劣化検出

これにより、モータの絶縁が劣化してシステムダウンする前に故障を検出して予防保全を行うことが可能となり、製造ラインの停止を回避できる。

5. トラブルシューティング支援技術

サーボアンプが異常を検出したり、あるいはモータが意図通りの動きをせずに上位コントローラ側で異常を検出したりした場合などは、モータが停止してシステムダウンとなる。システムダウン時間は工場の生産性を著しく低下させるため、早急な原因究明と、それに基づく適切な処置が必要とされる。

しかしながら、原因究明のためには、異常内容（アラームコードなど）だけでは不十分な場合がある。このようなケースでは、実装置または疑似システムで再現試験を行って原因を特定していく必要があるが、再現性の低い異常の場合、原因究明までに多大な工数と時間が掛かってしまう。原因が判明して適切な処置が取れないと、装置やシステムの信頼性は低下することになる。

このような問題を解決するために、サーボアンプやモータの運転状態を、サーボアンプで一定時間記録するドライブレコーダ機能を搭載した。その機能について紹介する。

ドライブレコーダは、あらかじめ決められたサンプリング周期で、モータの回転速度、トルク、あるいは主回路バス電圧などの各種データをメモリ（RAM）に記録し、アラームなどが発生

すると、それまで記録したデータを不揮発性メモリに保存する機能である。このデータを、セットアップソフトウェアツールにて、波形表示させることで（図6参照）、異常発生に至るまでの動作や状態が解析できる。



No	発生時間	トリガデータ	トリガエッジ	トリガレベル	コメント
1	218:28:02.934	ALMアラーム状態	↑エッジ		
2	218:27:30.880	ALMアラーム状態	↑エッジ		
3	218:26:27.839	ALMアラーム状態	↑エッジ		
4	218:26:17.694	ALMアラーム状態	↑エッジ		
5	218:26:43.598	ALMアラーム状態	↑エッジ		
6	218:21:41.782	VCMON速度指令	↓エッジ	0 [min-1]	
7	218:21:29.239	VCMON速度指令	↓エッジ	0 [min-1]	

波形表示

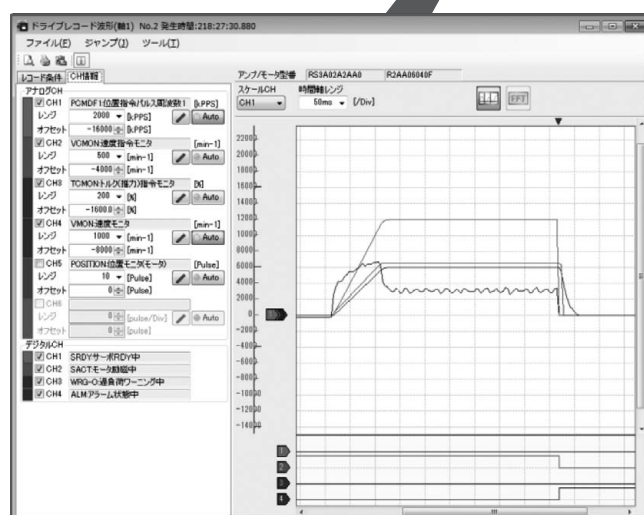


図6 ドライブレコーダ画面

このドライブレコーダ機能により、迅速に異常発生原因の特定や絞込み、そして適切な処置が行うことができ、トラブルシューティングが容易となる。その結果、システムダウン時間による装置の信頼性低下を最小限にすることができる。

6. まとめ

本稿では、サーボアンプの「信頼性向上のための技術」として、「電源ノイズに対する堅牢性向上」、「セーフトルクオフ機能の安全性能の向上」、「モータの絶縁劣化検出技術」および「トラブルシューティング支援技術」を紹介した。

これらの技術は、製品の用途やお客さまのご要求に応じ、適切に製品展開を図っていく予定である。

今後も、市場のグローバル化により、サーボ製品が使用される環境や、要求内容も多様化されるため、製品としての堅牢性や安全性を高めるとともに、システムの品質や信頼性向上に寄与できる製品開発に取り組む所存である。



成澤 康敬

1991年入社

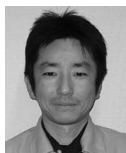
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。



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。



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。