

ワンタッチサーボ“MR-JNシリーズ”

神保茂雄*
佐土根俊和*
加藤滋久*

One Touch Servo "MR-JN Series"

Shigeo Jimbo, Toshikazu Satone, Shigehisa Kato

要 旨

“サーボは使い難い”というイメージを払拭(ふっしょく)し、高度な駆動技術をユーザーが手軽に実現できるよう、導入から稼働、保全まで一貫した使いやすさ“Easy-to-Use”を追及して“MR-JNシリーズ”を開発し、製品化した。

MR-JNシリーズの特長を次に示す。

(1) カンタン導入ガイド

専用Webや立ち上げ用ガイド冊子によって、ユーザーの手配漏れを防止。サーボの導入から親切にサポート

(2) ワンタッチ調整機能

専用ボタンを押すだけでサーボ性能を最大限に引き出す調整を自動で実施。装置立ち上げ時の工数を大幅に低減

(3) “HF-KNモータシリーズ”

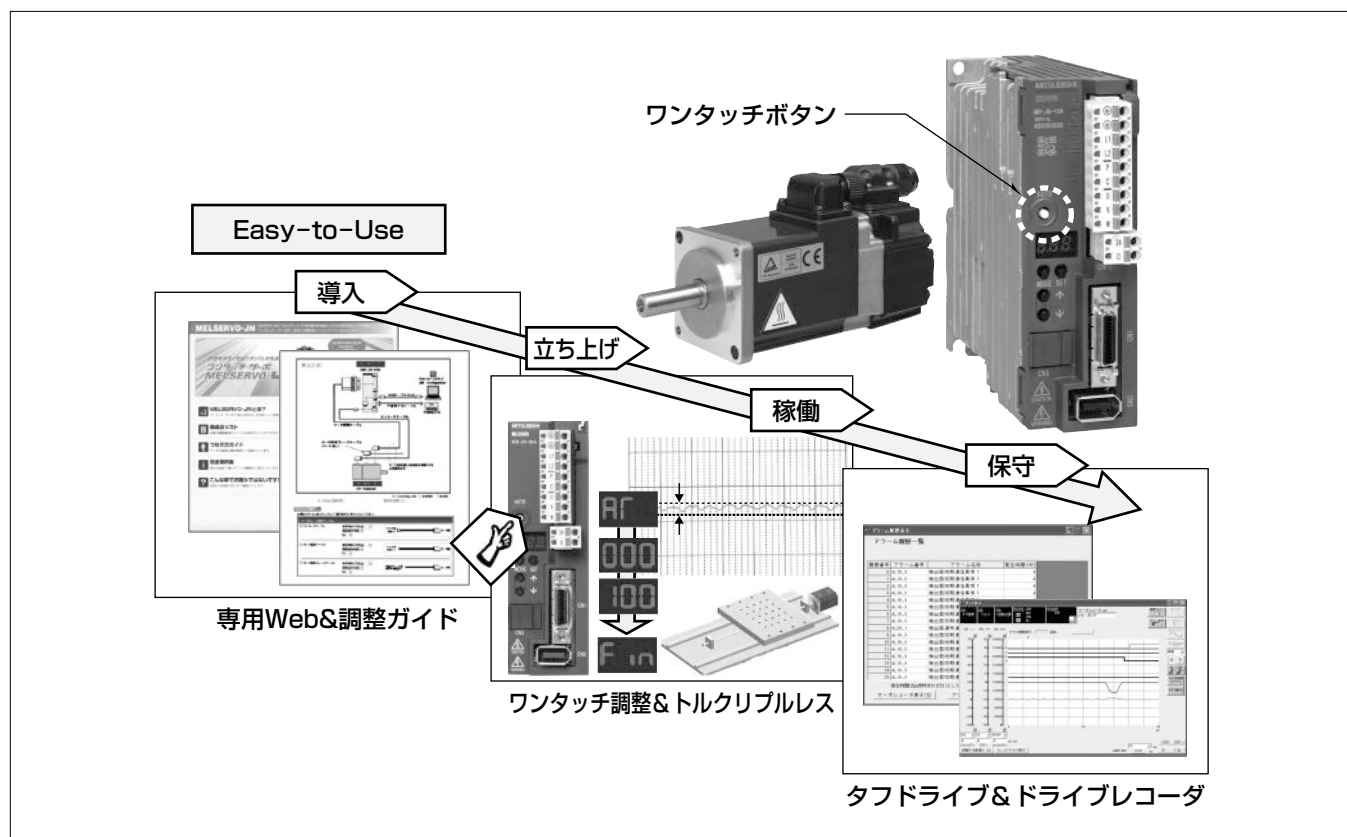
スロットコンビ最適化による低トルクリプルモータが低振動を実現。高ゲインによる高速高精度運転が可能

(4) タフドライブ機能

振動、負荷変動、瞬時停電等、装置の変動を検知し、アラームが発生しないように機械の動きを自動調整。ユーザーの装置停止によるロスを削減

(5) ドライブレコーダ

アラーム直前のデータを記録。グラフで発生時の状態を確認することで要因分析を支援



サーボアンプ“MR-JNシリーズ”とサーボモータ“HF-KNシリーズ”によるEasy-to-Use

MR-JNシリーズは、製品の導入から保守まで一環したEasy-to-Useを実現することで、サーボの“使い難い”というイメージを払拭し、幅広いユーザーにサーボの高性能を手にしてもらうための製品である。

1. ま え が き

ACサーボ市場で、半導体や液晶市場を代表とする高機能用途が拡大してきた一方、ステッピングモータやシリンドラの代替としての簡易用途の裾野(すその)も広がる。

ACサーボは高効率な“サーボモータ”や高分解“エンコーダ”によって高トルクかつ高速高精度に装置を駆動できることができる反面、ステッピングモータやインバータと比較すると製品の選定から調整、保守に至るまで専門的な知識や技術、経験が必要とされ、“使い難い”というイメージは否めない。

MR-JNシリーズでは、サーボの“使い難い”イメージを払拭し、より多くのユーザーにサーボの性能を十分に手にしてもらうため、Easy-to-Useをコンセプトに開発を進めた。

また、高機能高性能に伴う“高価”なイメージも払拭するために、システムトータルで徹底したVE(Value Engineering)を検討し、コストパフォーマンスの向上を図った。

本稿では、Easy-to-Useを実現するために、アンプ、エンコーダ、モータ各々で開発された技術とコストパフォーマンス向上の施策について述べる。

2. 一環したEasy-to-Useの実現

2.1 Webサイトとガイド冊子による“導入”のサポート

サーボ採用に当たり、容量の選定に加え豊富にラインアップされたケーブルやコネクタオプションの選定は、慣れないユーザーにとっては選定・発注作業も負担と感じる。

MR-JNシリーズでは、システムに最適なアンプやモータを選定する従来の容量選定ソフトウェアに加え、専用サイトによる必要なオプションの選定や見積りを可能とし、ユーザーの容量選定ミスや手配漏れ等を防止する(図1)。

また、仕様や使用方法を説明する“技術資料集”は数百ページにも及び、“使い難い”イメージを助長する。そこで、製品立ち上げの手順を簡単に説明した“カンタン導入ガイド”で、ユーザーのサーボ導入に対する敷居を低くした。

2.2 ワンタッチ調整による“立ち上げ”の簡易化

サーボの高性能を引き出すためには、制御パラメータを装置ごとに調整する必要がある。そのため、調整作業には

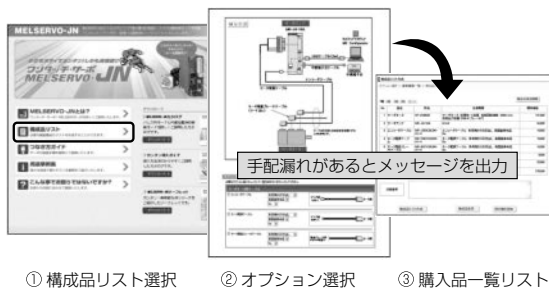


図1. MR-JN専用Webサイト

多大な時間を要し、装置の駆動性能は作業者の専門知識や経験に左右される。MR-JNシリーズでは、だれでも簡単にサーボ性能を引き出せる“ワンタッチ調整”機能を開発した。

サーボの調整では、①機械の共振周波数、②負荷量、③動作速度やストロークが主要要素となる。従来は、パソコンをサーボアンプに接続し、調整用周辺ソフトウェアを使用して装置の発振状態を確認しながら共振を抑えるフィルタを設定、アンプの許容する負荷量や速度を考慮しながら応答性の上げ下げを繰り返す調整作業をマニュアル的に実施する必要があった(図2(a))。そのため、調整時間は1軸当たり30~60分を要し、良否判断は作業者に委(ゆだ)ねられていた。

この機能では、発振検知機能と調整処理のシーケンス化によって発振の判断からフィルタの設定、ゲイン(応答性)の調整、マージンの確保まで自動で実行する(図2(b))。発振検知機能は装置の発振をリアルタイムに検出するとともに周波数の解析によって最適なフィルタ設定を可能とする。

位置決め時のオーバー／アンダーシュート量も評価されているため、応答性も装置に最適なレベルに自動調整される。また、調整シーケンスにかかわる機能はすべてアンプ本体に内蔵されているため、調整にパソコンの接続は不要となった。

この機能によって、立ち上げ時の調整は従来の約1/30の時間、1~2分程度で完了することができる。

2.3 トルクリプル改善による“稼働”の安定化

モータのトルクは磁束×電流で発生する。しかしながら、磁束の高調波成分に起因するトルクリプル(トルクの歪(ひず)み)は、モータの“速度むら”の原因となっていた。

今回開発したHF-KNモータでは、同相コイルを分散配置し磁石磁束の高調波成分の位相をずらすことで、高調波

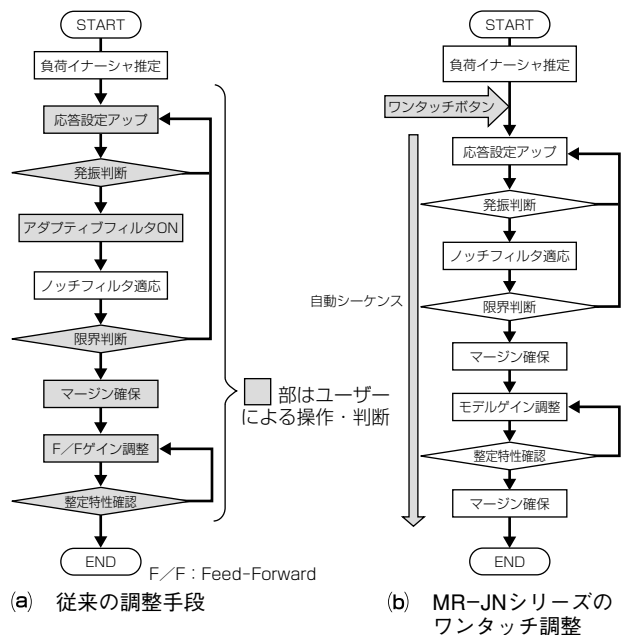


図2. 立ち上げ調整の比較

成分を低減した。高調波成分の低減によって、トルクリプルを従来の約85%低減させ(図3)、安定したトルクの発生を可能とした。また、極数やスロット数の最適化等によって過大な荷重がベアリングに加わることがない構造とした。

このトルクの安定化によって、装置に発生する振動を抑えられ安定した稼働だけでなく、高ゲインによる高速高精度運転も実現した。

2.4 ベアリングメカロック化による信頼性の向上

従来、ベアリングは接着剤固定されていたため、硬化ばらつきによって、過大な振動やストレスに対するベアリング固定強度のマージンが大幅に低減する可能性があった。

そこで、反負荷側ベアリングを“押さえ板”を用いてねじ締結によって強固に固定するメカロック構造とした。

メカ的に固定することで、耐クリープ性及びベアリングの寿命を向上させた。

2.5 タフドライブによる“生産性”の向上

2.5.1 MTTRレス化への要求

サーボは、運転中に何らかの異常を検知した場合、アラームを発生し、モータの駆動を停止させる。異常によって停止した装置を復旧させるまでの時間をいかに短縮するかは生産性の向上につながるため、市場でのMTTR(故障復旧時間)レスへの要求は強い。また、装置の停止は加工中のワークを破壊することもあり、アラームの内容によっては装置を停止させない方が良いケースもある。

MR-JNに搭載された三つのタフドライブ機能は、外部要因による一時的な異常に対し、モータを停止させず乗り切ることで、ユーザー装置の生産性を向上させる。

2.5.2 振動タフドライブ

ユーザー装置の経年変化などによって発生した機械共振

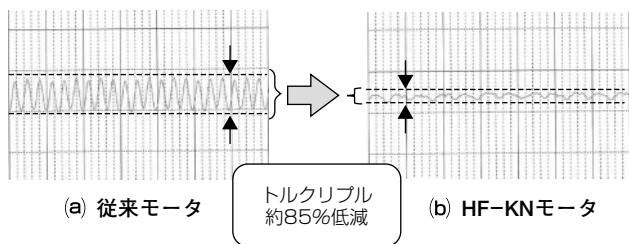


図3. トルクリプル低減の効果

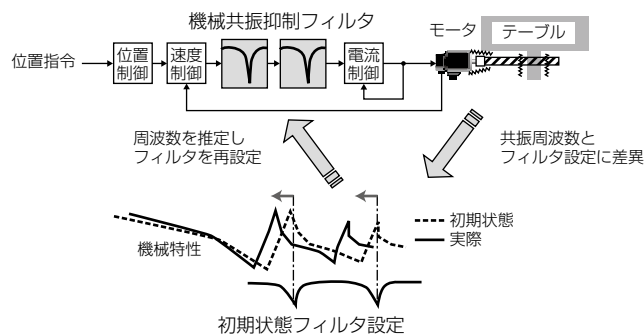


図4. 振動タフドライブ

をリアルタイムに検知し、発振周波数を推定、瞬時にフィルタを最適な周波数に再調整すること(図4)で、装置の発振を防止する。装置の量産化で、装置ごとに生じる剛性等の個体差に対しても、フィルタ周波数をリアルタイムに最適化するこの機能は有効となる。

2.5.3 過負荷タフドライブ

一般的にサーボアンプは許容以上の負荷が発生した場合、過負荷保護としてモータを停止させる。

この機能は、一時的な機械変動による過負荷を検知すると、自動で運転サイクルを調整することで負荷率を低下させ、装置の稼働を継続させる。コントローラ側で設定されたINP(位置決め始動)信号によるインタロックのシーケンスプログラムに対し、アンプはコントローラへ送信するINP信号のタイミングを過負荷時の負荷率を基に算出することでサイクルタイムを制御する(図5)。

2.5.4 瞬停タフドライブ

瞬時的な停電が発生した場合、通常はアラームとして稼働を停止させる。しかし、モータの稼働状態(速度や負荷)によっては、電源の供給が一時的に途切れてもアンプ内部のコンデンサに充電された電力でモータを駆動させることが可能である。

この機能では、瞬停を検知してもアラームを発生させず、トルクを調整することで乗り切りをアシストする。出力トルクの調整によって、復電時の急なトルク発生による機械的なショックも低減することができる。

2.6 ドライブレコーダによる保守性の向上

装置にアラームが発生した場合、“発生要因”の特定が重要であるが、特に再現性の低い場合は特定が困難である。

この機能は、車両に付けられたドライブレコーダと同様に、トラブル発生の直前のデータを自動的に記録し、電源再投入後でもグラフとして読み出すことで要因の早期究明を図る(図6)。

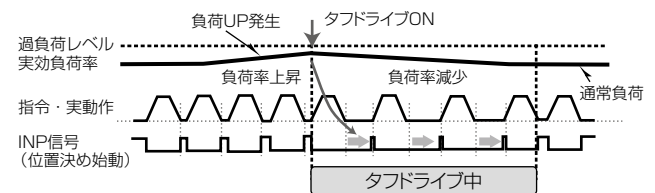


図5. 過負荷タフドライブ



図6. ドライブレコーダ機能

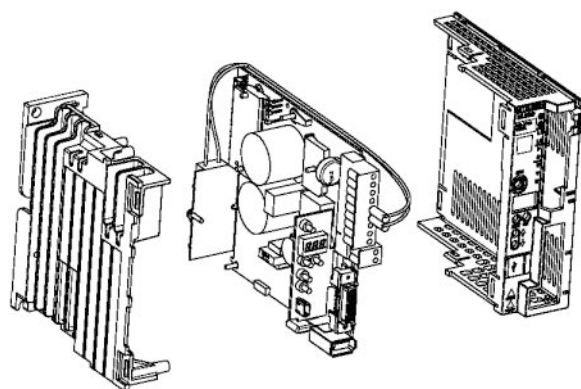


図7. MR-JNシリーズの一体化構造

また、過去アラーム履歴を分析し、以降に記録するデータが要因究明に最適になるようアナログ波形やサンプリングを自動設定することで、ユーザーに手間を感じさせない。

MR-JNシリーズでは、本体7segLED(Light Emitting Diode)で表示するアラーム番号に詳細分析コードを追加しており、ドライブレコーダと合わせて装置でのトラブルの早期解決に貢献する。

3. コストパフォーマンス向上の施策

3.1 アンプの構造一体化

アンプの構造一体化によって次の効果を得られた(図7)。

(1) プリント基板の一枚構成化

基板間接続コネクタ、ケーブル、伝送回路部品の省略

- ①振動／ノイズに対する信頼性の向上
- ②部品コストの削減、部品実装工数の削減

(2) 樹脂ケースの一体構成化

部材点数の削減

- ①振動に対する信頼性の向上
- ②部材コストの低減、ユニット組立て工数の削減

この構造一体化によって加工性を向上し、組立て工数を従来品の約40%低減した。

3.2 新規接着構造によるエンコーダの円板樹脂化

エンコーダのコストでは直材の占める割合が大きく、中でもパルスが発生させる円板は高価である。従来ガラス製であった円板を樹脂化することでコスト低減を図った。樹脂化に当たり、円板を直接モータ軸に固定するのが最も単純な構造であるが、製造工程でモータ軸は汚染する可能性があるため、洗浄部品である“ボス”を中継させることで、最適な構造を実現した(図8)。

3.3 モータ相間絶縁テープの廃止

従来機種では、モータのスロット間の絶縁は各相間に絶

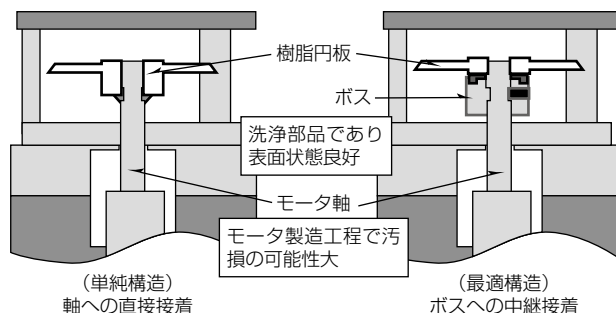


図8. 樹脂円板化最適構造

縁テープを張り付けることで確保していたが、絶縁解析による巻線パターンの最適化を行うことで、テープの張り付けを不要とした。最適化に考慮した主なポイントは、①電源入力位置、②巻線の巻き始め入力、③巻線の巻き方向である。

絶縁テープ張り付けの廃止によって、直材費と工数を低減した。

3.4 モータモールドステータの機械加工レス化

モータでは、ステータとブラケット組立ての際の組立て精度を確保するために、厳しい嵌(は)め合い寸法公差が要求されている。しかし、従来のモールド成型技術では、要求の寸法精度が確保できないため、モールド成型後、機械加工することによって精度を確保している。

モールドステータの機械加工には、専用加工装置を要し多大な工数となっているため、加工レス化を検討した。

機械加工レス化を実現する対策として、①均一な硬化反応、等方的な収縮率を備えた高精度なモールド材の開発、②各キャビネット間での金型の寸法ばらつきを、数ミクロンレベルに抑える専用金型の開発、③製造時の寸法ばらつきを極力低減するためにモールド成型条件の最適化を行った。モールド成型条件の最適化については、モールドの寸法精度への寄与度が大きいパラメータを抽出し、そのパラメータの管理を徹底することで、製造ばらつき低減を実現した。

この機械加工レスと絶縁テープ張り付けの廃止によって、加工工数の大幅な低減を実現した。

4. む す び

MR-JNシリーズは、単に高機能高性能のみを追及せず“使いやすさ”を優先することで、サーボ特有の高性能をユーザー装置で有効的に生かせる製品として開発した。

今後もアウトサイドイン志向を重視した開発に継続して取り組み、より多くのユーザーに満足していただける製品を提供していく所存である。