

脱調レスステッピングモーターユニットARシリーズの開発

小松澤 誠一

Development of the **AR** Series closed loop stepping motor and driver package

Seichi KOMATSUZAWA

The **AR** Series closed loop stepping motor and driver package greatly improves energy efficiency. This was accomplished by using a high efficient electromagnetic steel in the motor, optimizing the magnetic circuits and stator winding, and improving the PWM control of the driver. This has enabled continuous operation at rated current, as well as high duty cycle operation, which has conventionally been impossible. Additionally, vibration has been reduced and angular accuracy has been improved by optimizing the current waveform of the motor. The **AR** series is also equipped with new functions designed for ease of use, taking account of maintainability and reduced wiring. The I/O signal specifications have been improved in accordance with market need, enabling support for a wide range of apparatuses.

This article describes the features and functions of the **AR** Series, as well as the product lineup and optional parts.

1. はじめに

ステッピングモーターは回転角度・回転速度をオープンループで正確に制御できるモーターです。入力パルス信号によって簡単に制御できるという利点から、半導体製造装置や医療分析器などの産業分野で、制御用モーターとして幅広く使用されています。

しかし、オープンループ制御では急激な負荷変動や急加速時に入力パルスに追従できず脱調してしまうことがあります。そのため、信頼性や高速性を重視する用途にはモーターに位置センサ（VRレゾルバ）を内蔵し、脱調しそうになるとクローズドループ制御を行う新発想の脱調レスステッピングモーターユニット「ASシリーズ」^①が採用されてきました。

近年では、装置の稼働率を向上させるため、高速運転や連続運転ができることがモーターへの要望として高まっています。また、地球温暖化問題への意識の高まりから、モーターの省エネルギー化が望まれています。さらに、特定有害物質の使用制限も求められています。

「ARシリーズ」は、従来品では難しかったこのような要求に応えることを目的として開発しました。

モーターおよびドライバを新設計することにより損失を低減し、省エネルギー化を達成しました。その結果、従来では不可能であった定格電流での連続運転を可能にしました。

ここでは、ARシリーズの特徴と新機能について紹介します。



図1 ARシリーズの外観

2. 製品の特徴

2.1. 省エネルギー

ARシリーズは、モーターに使用されている鉄心材料の見直しや磁気回路・ステータ巻線の最適設計を行うとともに、ドライバのPWM制御の改善を行い、損失を大幅に低減させています。

図2にAR66ACと従来品（ASシリーズ）のモーター損失を比較した結果を示します。

損失のピークがある1000r/min付近では、無負荷時の損失が従来品の120Wから30Wと約90W低減しています。また、最大負荷時（負荷率100%）の損失も80Wから25Wと約55W低減しています。

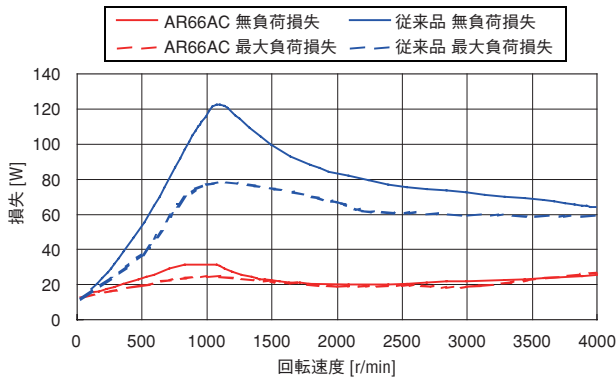


図2 モーター回転速度-損失特性

モーター部だけではなくドライバ部でも損失低減を行っていますので、ユニットとしての消費電力は表1に示すように大幅に削減されます。

表1は1000r/min時の消費電力の比較であり、負荷率50%の時は従来比45%減の省エネルギーを達成していることがわかります。

表1 消費電力の比較

負荷率	出力	消費電力		効果
		ARシリーズ	従来品	
50%	55W	95W	172W	45%削減
100%	109W	149W	210W	29%削減

運転速度：1000r/min

図3はデューティー運転時のモーター外被をサーモグラフィで撮影した画像です。

従来品は周囲温度25℃、回転速度1600r/minの場合、2秒運転・3秒停止という運転条件で外被温度が約100℃に達しますが、AR66ACは同じ条件でも外被温度が約50℃となり、温度上昇では1/3に収まっています。

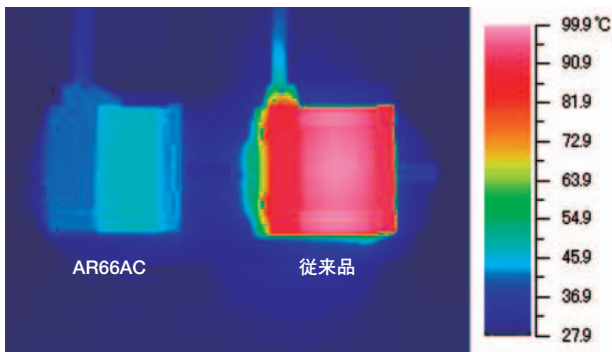


図3 サーモグラフィによるモーター外被温度

図4にモーターの損失が最大となる運転速度で連続運転させた時のモーター外被温度を測定した結果を示します。

従来品は約5分でモーター外被温度が110℃に達してしましますが、AR66ACは約90℃で飽和するため運転デューティーを気にすることなく運転させることができます。

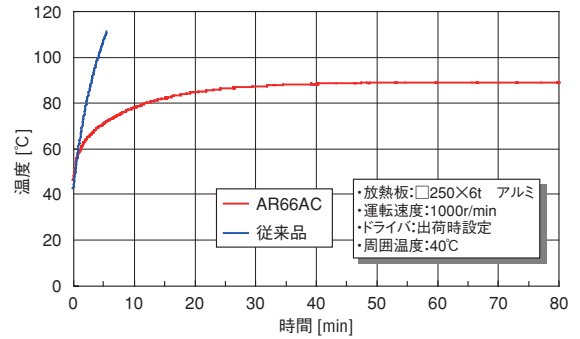


図4 連続運転時のモーター外被温度

2.2. 振動低減と角度精度の向上

2.2.1. スムースドライブ

スムースドライブは、モーター運転電流を滑らかに変化させることにより基本ステップ角よりも微細な角度で駆動するマイクロステップを応用した技術です。入力パルスの周波数からモーター運転電流の変化量を計算し、自動的に入力パルス間の電流変化を滑らかにします。⁽²⁾

この技術により、ステッピングモーターを低いパルス速度で駆動させた時に発生する振動を抑えることができます。

図5にAR66ACと従来品の振動特性を示します。30r/min（1000P/Rで500Hz）以下の低い回転速度でも振動することなく滑らかに回転させることができます。

2.2.2. 共振による振動の抑制

ステッピングモーターのロータが振動する周波数は、モータートルクや慣性モーメントによって決まります。この周波数と、モーターのトルクリップルの周波数が一致した時、ロータに大きな回転振動が現れます。

図5に示すように、従来品では70、140、280r/min付近で振動成分電圧が高くなっています。これを共振と呼んでいます。ARシリーズでは、モーター電流の制御精度を向上させ、さらに、モーター電流波形を最適化することによりモーターのトルクリップルを低減し、共振による振動を抑制しています。

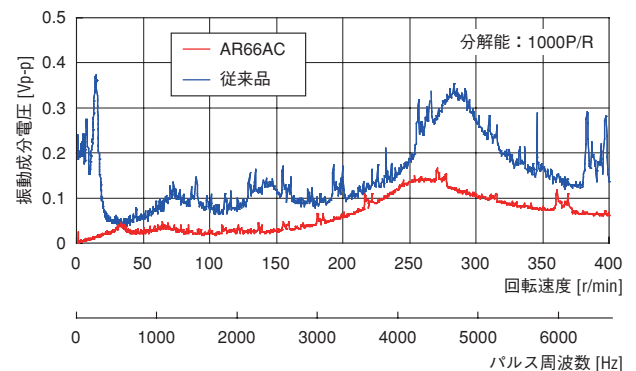


図5 振動特性

2.2.3. 角度精度の向上

ステッピングモーターの角度精度にはモーターのトルクリップルが大きく影響します。その発生要因はモーターの構造によるところが大きく、完全に無くすことは困難であるため、モーター電流波形を最適化することでトルクリップルを無くす工夫を行っています。

図6はモーターのトルクを2軸成分で表したときのグラフです。このグラフが真円に近いほどモーターは滑らかに回り、精度良く停止します。ARシリーズではモーター電流波形の最適化によりトルクベクトルを真円に近づけています。

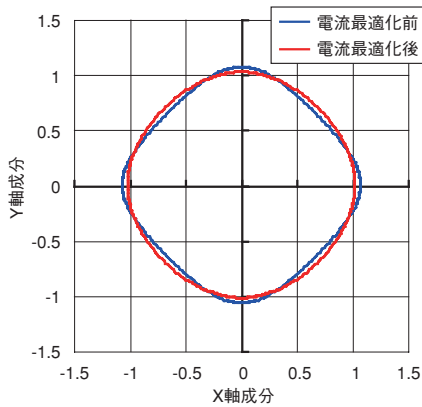


図6 モーターのトルクベクトル

図7にAR66ACの静止角度誤差の実測値を示します。

従来品の静止角度誤差の仕様値は $\pm 5'$ でしたが、ARシリーズでは、取付角寸法60mmの製品で $\pm 3'$ 、取付角寸法42mmの製品で $\pm 4'$ となり、より高精度な位置決めが可能となります。

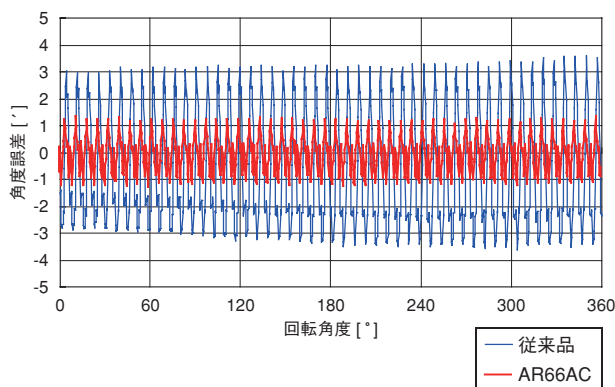


図7 静止角度誤差

3. 製品の新機能

表2にARシリーズと従来品の機能比較、表3にARシリーズの拡張機能一覧を示します。

ARシリーズのユニットだけで使用できる機能を標準機能、別売のデータ設定器やデータ設定ソフトを使うことにより使用できる機能を拡張機能と呼んでいます。

ここでは、従来品には無かった新機能について紹介します。

3.1. 標準機能

ARシリーズでは、従来からの位置決め制御を行うために必要な機能の他に、メンテナンスを行うときに便利な機能や、使い勝手の改善を行った機能を標準機能に加えています。

3.1.1. 主電源と制御電源の分離

装置に対する安全性の考え方として、装置の非常停止時やメンテナンス時は主電源を遮断するという考え方が一般的です。

従来品は主電源から制御電源を作っているため、主電源のみの通電で動作を行うことができますが、主電源を遮断してしまうとドライバ内部CPUの電源も遮断され位置情報を失ってしまいます。

ARシリーズも従来品と同様に主電源のみの通電で動作可能ですが、主電源とは別にDC24Vの制御電源を通電することで、主電源を遮断しても位置情報をバックアップできる仕様となっています。

図8に制御電源の接続図を示します。

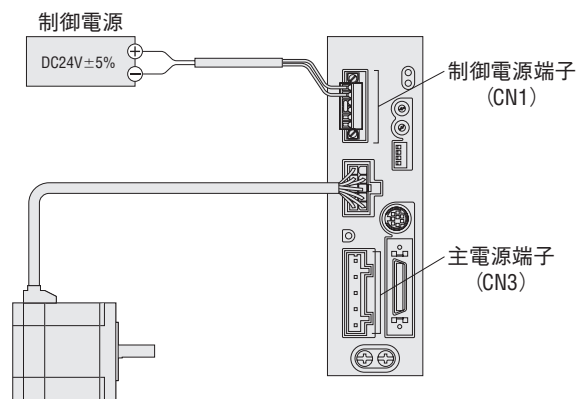


図8 制御電源の接続図

制御電源も遮断されるような停電時は、位置情報のバックアップはできません。バッテリーによる位置情報のバックアップとは異なることに注意が必要です。

表 2 ARシリーズと従来品の機能比較

機能		従来品	ARシリーズ	
			標準機能	拡張機能
入出力信号	入力信号	パルス入力	●	●
		モーター励磁ON/OFF	●	●
		分解能切り替え	●	●*1
		アラームクリア	●	●
		位置偏差カウンタクリア	—	●
		モーター励磁OFF・電磁ブレーキ解放	—	●
		電流制御モードON/OFF	—	●
		電気原点セット	—	●*1
		リターン運転開始	—	●*1
		押し当て運転ON/OFF	—	●*2
		押し当て電流設定	—	●*2
	出力信号	位置決め完了	●	●
		タイミング (ラインドライバ)	●	●
		タイミング (オープンコレクタ)	●	●
		A/B相パルス (ラインドライバ)	●	●
		A/B相パルス (オープンコレクタ)	●	—
		アラーム	●	●
		ワーニング	—	●
		運転準備完了	—	●
		トルク制限	—	●
アラームコード	—	●*3		
機能切替スイッチ	パルス入力	1P/2P切替	●	●
	分解能	1000・10000・500・5000P/R切替	●	●
	運転モード	ノーマル/電流制御モード切替	—	●
設定スイッチ	速度フィルタ	ロータリスイッチ16段階切替	●	●
	運転電流	ロータリスイッチ16段階切替	●	●

※1 押し当て運転モードでは使用できません。
 ※2 押し当て運転モードでのみ使用できます。
 ※3 アラーム発生時のみアラームコードが出力されます。

表 3 ARシリーズの拡張機能一覧

機能	設定範囲
パルス入力	パルス入力方式変更 (7種類)*1
カレントオン入力	信号入力論理変更
電流制御モード	制御ゲイン設定
	制振制御有効/無効切替
	制振制御振動周波数設定
リターン運転	運転条件設定
	モーター励磁OFFの位置へ自動復帰
押し当て運転	I/Oモード変更
	押し当て電流割合設定
位置決め運転	出力条件設定
アラーム	I/Oによるコード出力有効/無効切替
	出力条件設定
ワーニング	出力条件設定
分解能設定	分解能設定*1
速度フィルタ	フィルタ時定数設定
運転電流	運転電流割合設定
停止電流割合設定	停止電流割合設定
スムーズドライブ	スムーズドライブ有効/無効切替*1
電源投入時の励磁位置	励磁位置切替*1
モーター回転方向	パラメータによる回転方向設定*1
テスト運転	テスト運転動作
	運転条件設定
データ設定器	表示切替
	ギヤード減速比設定

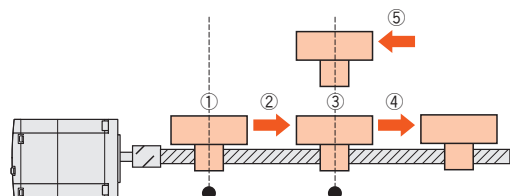
※1 設定した状態を反映させるにはドライバの電源再投入が必要です。

3.1.2. リターン運転

リターン運転には、位置リセット (P-RESET) 信号によってあらかじめ設定された電気原点に戻す運転 (電気原点復帰運転) と、モーターの励磁が切れた位置に自動的に戻る運転 (自動復帰運転) の2種類があります。前者は標準機能ですが、後者はデータ設定器やデータ設定ソフトを使うことによって有効にできる拡張機能です。

装置の非常停止時やメンテナンス時はモーターへの電力供給を遮断するため、ワークが意図しない位置で停止します。そのままの状態では装置の運転再開ができません。従来品ではリミットセンサやHOMEセンサを使ったHOME運転によってワークを初期位置まで戻すか、上位のコントローラがモーターからの位置フィードバック信号を取り込み、決められた位置に戻す必要がありますが、ARシリーズではドライバ内部のCPUによって管理された位置情報を使うことによって、外部センサ無しで決められた位置に戻すことができます。

図9に電気原点に戻すリターン運転のイメージ図を示します。電気原点の初期値は電源投入時の位置となりますが、P-RESET信号入力により任意の位置に設定することができます。



- ① 電源投入位置 (初期電気原点)
- ② ワークを装置の初期位置に移動
- ③ P-RESET信号を入力し電気原点を再設定
- ④ ワーク移動
- ⑤ RETURN信号を入力し電気原点に戻す

図9 リターン運転の動作イメージ

リターン運転の運転速度の初期値は30r/minですが、拡張機能を使うことによって1~4000r/minの範囲で設定ができます。

前項で紹介した「制御電源による位置情報のバックアップ機能」と「リターン運転」を組み合わせることで、メンテナンス時の位置復帰動作も外部センサ無しで行うことができます。

3.1.3. 電磁ブレーキ自動制御

モーターの励磁が切れたときにワークが動いてしまうと問題となる装置では、一般的に電磁ブレーキ付モーターを使用します。

従来品では電磁ブレーキ用の直流電源を上位のコントローラからの信号で制御していたため、電磁ブレーキ接続用の配線を別途用意する必要がありました。また、

モーター励磁のON/OFFと電磁ブレーキON/OFFのタイミングを考慮したシーケンスプログラムが必要でした。

ARシリーズでは、モーターの励磁状態を制御するカレントオン (C-ON) 入力信号や、励磁オフ・電磁ブレーキ開放 (FREE) 入力信号と連動し、電磁ブレーキを自動的に制御するため、電磁ブレーキのON/OFFのタイミングを考慮する必要がなく、かつ、装置の省配線が可能となります。図10にARシリーズの電磁ブレーキ付モーターの接続図を示します。

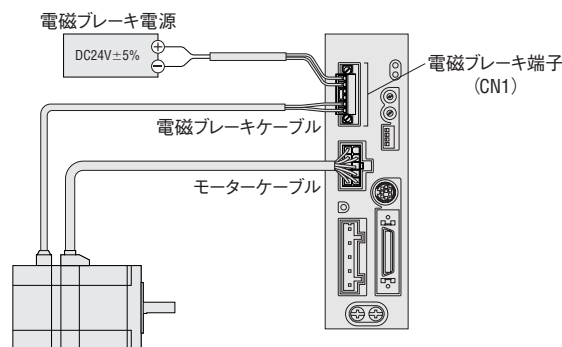


図10 電磁ブレーキ付モーターの接続図

3.2. 拡張機能

拡張機能は、I/O信号・アラーム・ワーニングの入出力条件や、モーターの動作を調整しながら装置の仕様に合わせて行うことができる機能です。

また、拡張機能により、通常の位置決め運転以外の動作モードに切り替えることができます。

3.2.1. 押し当て運転

押し当て運転とは、パルスを入力して負荷を連続で加圧する運転のことで、データ設定器かデータ設定ソフトを使ってモードを設定します。

ARシリーズは、位置偏差が $\pm 1.8^\circ$ を越えるとクローズドループ制御となり、モーターのトルクが最大となるように励磁位置を制御します。押し当て運転はこの特性を利用した機能です。

まず、ワークを押し当てる対象のある位置まで移動させ、さらに、その先に移動するような運転指令を与えることにより押し当て状態を作り出します。

押し当て状態になっていることはトルク制限 (TLC) 出力信号によって確認することができます。また、押し当て電流は3bitの入力信号 (M0~M2) によって変更することができます。

このモードにより、定トルク締め付け、研磨作業等の用途に使用することができます。

押し当て運転モードでは過負荷アラームを無効にし、押し当て時間の制約を無くしています。また、カレントダウン機能を解除することによりパルス入力を停止してもトルクダウンをしないようにしています。

3.2.2. アラーム・ワーニング出力

ARシリーズには、温度上昇、接続不良、運転操作の誤りなどからドライバを保護するアラーム（保護機能）と、アラームが発生する前に警告を出力するワーニング（警告機能）があります。

装置によってはモーターが停止することが原因で、大きな損害となる場合があります。

ワーニング信号は、何らかの異常により装置が停止する前に異常を知らせることを目的とした信号です。

表4にワーニングの一覧を示します。ワーニングは表に示された範囲で設定が可能です。

表4 ワーニング一覧

種類	内容	初期値(設定範囲)
カレントオン時位置偏差過大	カレントオン時の位置偏差が設定値以上	3.00(0.00~300.00) [回転]
カレントオフ時 ^{※1} 位置偏差過大	カレントオフ時の位置偏差が設定値以上	100.00(0.00~300.00) [回転]
過熱	ドライバ内部温度が設定値以上	85(40~85) [°C]
過電圧	ドライバ内部電圧が設定値以上	435(320~450) [V]
主電源	主電源が入っていない	—
不足電圧	ドライバ内部電圧が設定値以下	120(120~280) [V]
過負荷	過負荷時間が設定値以上	5.0(0.0~30.0) [s]
速度過剰	モーター回転速度が設定値以上	4500(1~5000) [r/min]
運転データ異常 ^{※1}	カレントオン時にCS信号を変更した移動量が管理範囲を超えた	—
電子ギヤ設定異常	電子ギヤの設定値が範囲外	—

※1 データ設定器かデータ設定ソフトを使って出力設定を有効にしないと出力されません。

アラームとワーニングの発生履歴は、データ設定器やデータ設定ソフトによって確認することができます。

また、アラームコード出力を有効に設定すると、アラームの種類を3 bit信号（AL0~AL2）によって出力します。これにより、上位コントローラでアラームの種類を判別することができます。

3.2.3. 分解能設定

ARシリーズでは、ドライバ本体の分解能切替スイッチで4種類の分解能を選択することができます。

表5に分解能切替スイッチに応じた分解能設定の初期値を示します。

表5 分解能切替スイッチの分解能初期値

分解能切替スイッチ	CS0	CS1
D0	1000P/R	10000P/R
D1	500P/R	5000P/R

ARシリーズでは電子ギヤのパラメータを設定することにより、分解能切替スイッチの組合せ4種類についてそれぞれ100~10000P/Rの間で任意の分解能に設定することができます。

表6に分解能を設定する式を示します。

表6 電子ギヤ設定計算式

分解能切替スイッチ	CS0	CS1
D0	$1000 \times \frac{\text{電子ギヤB}}{\text{電子ギヤA1}}$	$1000 \times \frac{\text{電子ギヤB}}{\text{電子ギヤA2}}$
D1	$1000 \times \frac{\text{電子ギヤB}}{\text{電子ギヤA3}}$	$1000 \times \frac{\text{電子ギヤB}}{\text{電子ギヤA4}}$

これにより、モーターの回転運動を直線運動に変換して使用するアクチュエータなどでは、パルス当たりの回転量を、わかりやすい距離（例えば0.1mm/pulse等）に設定することができます。

分解能は整数以外の値にも設定可能ですが、50の倍数以外の設定ではタイミング信号が出力されなくなることに注意が必要です。

分解能切替スイッチのCS0が選択されている場合、分解能切替（CS）入力信号により分解能を切り替えることができます。

4. 入出力信号

4.1. 入出力回路

従来品では入出力の電圧はDC 5Vのみの対応となっており、DC24V電源を使用する場合は外部に電流制限抵抗を追加する必要があります。

ARシリーズでは、入力部に使用されている部品とその定数を見直すことにより、外部に電流制限抵抗を接続しなくてもDC 5~24Vのワイドな電圧入力に対応しています。

また、接続の方法を変更することにより、電流シンク/電流ソースの接続にも対応できます。

図11に電流シンク/電流ソースの接続図を示します。

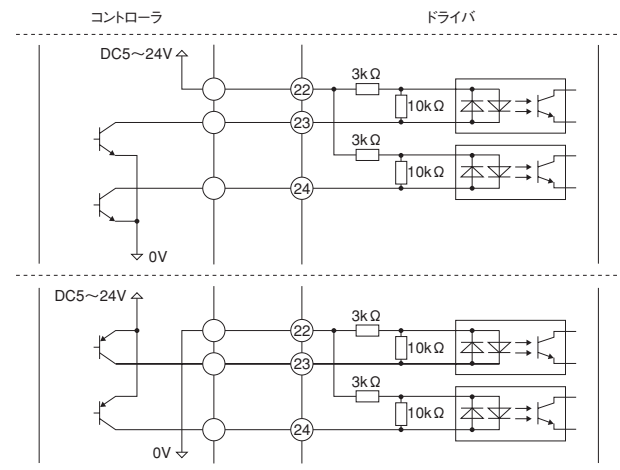


図11 接続例（上：電流シンク、下：電流ソース）

4.2. パルス入力

ARシリーズのパルス入力、従来の5V・24Vオープンコレクタ入力に加え、ラインドライバの電圧レベル

に対応しました。

オープンコレクタによるパルス入力の上限周波数は、従来品と同じく250kHzとなりますが、ラインドライバの場合は500kHzまで入力可能になります。(別売のドライバケーブルCC36D1-1 (1m) 使用時)

また、拡張機能により従来の1P/2P入力方式の他に、パルス論理の変更や位相差入力など、7種類のパルス入力方式が選択可能になります。

表7にパルス入力方式を示します。

表7 パルス入力方式

パルス入力方式	入力形態	タイミングチャート
1 パルス入力方式	正論理	
	負論理	
2 パルス入力方式	正論理	
	負論理 (初期値)	
位相差方式	1 通倍	
	2 通倍	
	4 通倍	

4.3. A相パルス/B相パルス出力

A/B相パルス(ASG/BSG)出力信号は、パルス周波数によって回転速度、出力パルスの数によって回転移動量、A/B相パルスの位相差によって回転方向を知ることができる信号です。

1回転当たりの出力パルス数は分解能設定と等しくなり、回転方向はB相パルスに対してA相パルスが“進み”でCW、“遅れ”でCCWとなります。

従来品にもA/B相パルス出力信号は搭載されていましたが、出力の遅れ時間が最大1ms、休止期間が最大170µsありました。

ARシリーズでは、A/B相パルス出力信号を処理するソフトウェアの改善により、遅れ時間を最大0.1ms、休止期間を最大10µsまで短縮させています。

図12に従来品との比較波形を示します。

これにより、従来品に比べリアルタイムな位置・速度のモニタとして使用することができます。

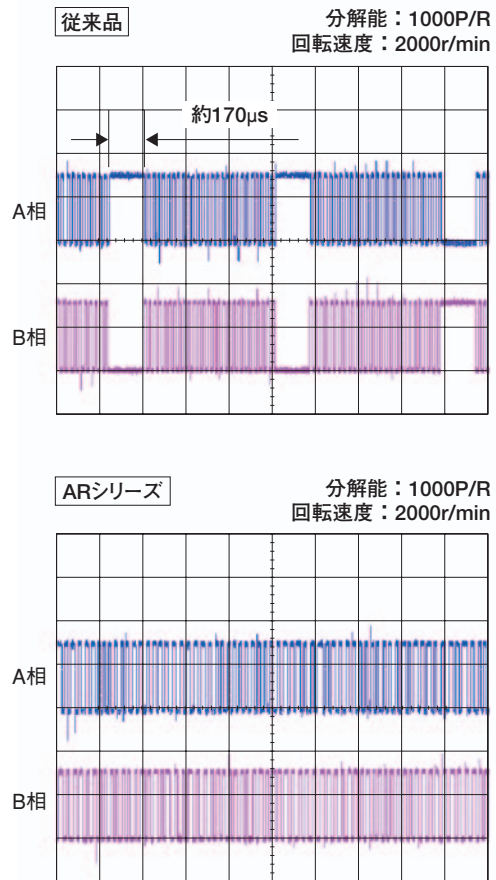


図12 A/B相パルス出力波形

4.4. トルク制限出力

ARシリーズは、±1.8°以上の位置偏差が発生すると、位置検出器によって位置のクローズドループ制御に引き込み脱調を防止しています。しかし、±1.8°以上の位置偏差が発生するという事は、ステッピングモーターにとって過負荷になった状態といえます。

ARシリーズではトルク制限(TLC)出力信号によって、この異常な状態を検出できると共に、クローズドループ制御に移行したことを確認することができます。

この信号は、次のような用途に使用することができます。

- 1) 経時変化による負荷トルクの増加の検出。
- 2) 現在使用しているモーターや駆動パターンがそのまま他の装置に使えるかの確認。
- 3) 多軸での同期運転が行われる用途で、同期性が失われた状態を検出。

表 8 ARシリーズの仕様

品名	標準 (片軸)	AR46A□-◇	AR66A□-◇	AR69A□-◇	
	標準 (両軸)	AR46B□-◇	AR66B□-◇	AR69B□-◇	
	電磁ブレーキ付	AR46M□-◇	AR66M□-◇	AR69M□-◇	
取付角寸法	mm	42	60		
励磁最大トルク	N・m	0.3	1.2	2	
ロータ慣性モーメント	J : kg・m ²	58×10 ⁻⁷ [73×10 ⁻⁷]*1	380×10 ⁻⁷ [500×10 ⁻⁷]*1	750×10 ⁻⁷ [870×10 ⁻⁷]*1	
分解能	1000P/R設定時	0.36° / パルス			
電源入力	電圧・周波数	単相100-115V -15%~+10% 50/60Hz			
		単相200-230V -15%~+10% 50/60Hz			
		三相200-230V -15%~+10% 50/60Hz			
	入力電流 A	単相100-115V	2.9	4.4	6.1
		単相200-230V	1.9	2.7	3.8
		三相200-230V	1	1.4	2
制御電源		DC24V±5% 0.5A			
電磁ブレーキ部	型式	無励磁作動型			
	電源入力	DC24V±5%*2			
	消費電力 W	2	6		
	励磁電流 A	0.08	0.25		
	静摩擦トルク N・m	0.15	0.6		

品名中の□には電源電圧を表すA (単相100-115V)、C (単相200-230V)、S (三相200-230V) のいずれかが入ります。
 品名中の◇には製品に付属するモーターケーブルの長さを表す1 (1m)、2 (2m)、3 (3m)、のいずれかが入ります。
 ※1 []内は電磁ブレーキ付きタイプの仕様です。
 ※2 オプション (別売) のモーターケーブルで20m以上延長した場合はDC24V±4%の仕様になります。

5. 製品ラインアップ

表 8 に AR シリーズのラインアップと製品仕様、表 9 に規格対応と環境適合を示します。

従来品には無かった取付角寸法42mmの200V入力タイプが新しくラインアップされています。

表 9 安全規格と有害物質対応

製品	適用規格	CEマーキング	RoHS指令	保護等級
モーター	EN 60034-1	低電圧指令 EMC指令	適合	IP54*2
	EN 60034-5			
	EN 60664-1			
	UL 1004*1			
	UL 1446*1			
	UL 2111*1			
	CSA C22.2 No.77*1			
CSA C22.2 No.100*1				
ドライバ	EN 50178			IP20
	UL 508C*1			
	CSA C22.2 No.14*1			

※1 UL、CSA規格は認定取得予定
 ※2 両軸タイプは除きます

6. オプション

6.1. データ設定器・データ設定ソフト

ここでは、前項で記載した拡張機能を使用するため必要な、別売のデータ設定器 (OPX-2A)、データ設定ソフト (MEXE02) を紹介します。

図13に製品の外観、図14にMEXE02のウィンドウ画面を示します。

これらのオプションを使用することで以下の操作が可能となります。

- 1) パラメータの設定・機能の切り替え
- 2) 位置・速度・I/Oのモニタ (MEXE02では波形表示によるモニタが可能)
- 3) テスト運転 (JOG運転)
- 4) アラーム・ワーニングの内容・履歴確認
- 5) 設定状態の読み込み・他のドライバへのコピー



図 13 OPX-2A (上)、MEXE02 (下) の外観

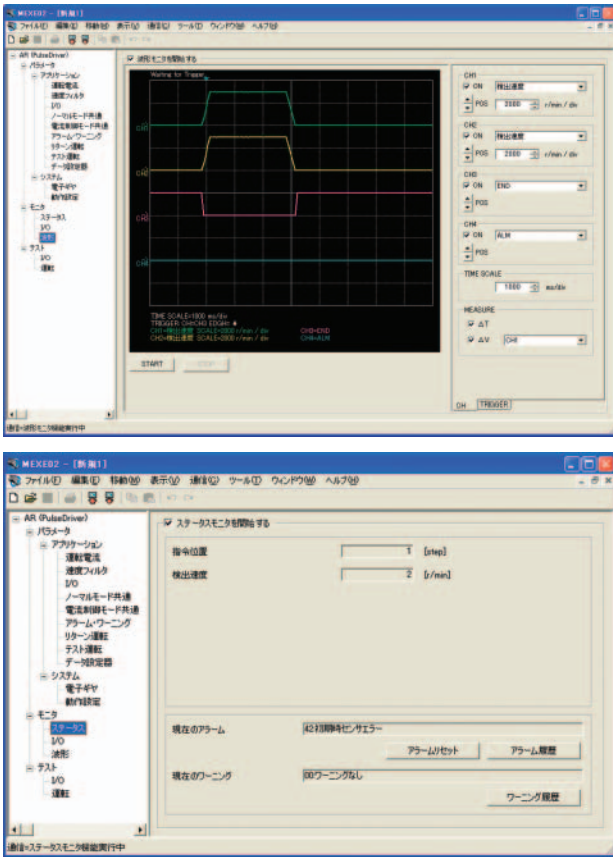


図 14 MEXE02のウィンドウ画面
(上：波形モニタ画面、下：ステータスモニタ画面)

6.2. モーターケーブル

モーターから外部に放出される電磁波ノイズはモーターケーブルを延長することにより増加します。

ARシリーズでは、ドライバに使われているパワー素子のスイッチングシーケンスを最適化し、さらに、モーターケーブルや延長用のモーターケーブルに使用されているシールドケーブルの芯線構造を見直すことにより、最大30mまでのケーブル延長を可能にしました。

表10にモーターケーブルのラインアップを示します。

表 10 モーターケーブルのラインアップ

ケーブル長さ	モーターケーブル		可動モーターケーブル	
	従来品	ARシリーズ	従来品	ARシリーズ
1m	●	○	●	●
2m	●	○	●	●
3m	●	○	●	●
5m	●	●	●	●
7m	●	●	●	●
10m	●	●	●	●
15m	●	●	—	●
20m	●	●	—	●
30m	—	●	—	●

- オプション（別売）
- 付属品（購入時に選択することでユニットに付属されます）

7. まとめ

ARシリーズは、ステッピングモーターユニット最上位機種としての特性と機能を持った製品です。また、モーター損失の大幅低減と連続運転を可能にし、省エネルギー化を実現しています。さらに、表9に示したように、各種安全規格、RoHS指令にも適合しています。

ARシリーズをお使いいただくことで、装置の性能・信頼性向上、省エネルギー、環境対応に貢献できると考えています。

今後も、取付角寸法85mmへの型番展開や、ギヤードモーターのラインアップを充実し、お客様の装置に合った商品を提供できるように努めて参ります。

参考文献

- (1) 寶田 明彦, 「 α STEP駆動方式と特徴」, RENZA, No.159, (1999), p6-11
- (2) 山本 昭泰, 「5相ステッピングモーターユニットRKシリーズのスムーズドライブ機能と応答性向上」, RENZA, No.162, (2002), p13-18

筆者



小松澤 誠一

VEXTA 事業部 土浦オフィス
制御技術部 回路開発1課