

# スピードコントロールモーターユニット DSCシリーズの特長と制御技術

佐藤 晋治

## Features and Control Technology of the **DSC** Series Motor and Speed Controller Package

Shinji SATO

An “AC motor and speed controller package” is a unit product composed of a robust, single-phase induction motor, and a compact, low noise, long life speed controller. The **DSC** Series is a new product in the “AC motor and speed controller package” line-up. In order to improve ease of use, this model is equipped with an operation panel for monitoring various functions, as well as for digital settings. The new **DSC** control technology also accomplishes two functions that conventional products cannot: instant reversal of single phase induction motors, and vertical drive by deceleration control (electromagnetic brake type only).

This article describes the features and new control technology of the **DSC** Series.

### 1. はじめに

インダクションモーターへの印加電圧を位相制御方式で変化させ、安定した速度制御を実現するACスピードコントロールモーターは、堅牢なACモーターと、小型・低ノイズ・長寿命なスピードコントローラ<sup>(1)</sup>を組み合わせた製品です。当社では、約40年前から市場のニーズに応えながら数多くのACスピードコントロールモーターを開発・ラインアップしてきました。そして、多くの産業用機器の動力源として使用されています。

**DSC**シリーズは、従来のACスピードコントロールモーター（以下 従来品）ではできなかったインダクションモーターでの瞬時正逆運転や、外力によりモーター出力軸が回されてしまう巻き下げ運転などでの速度制御を、新しい制御技術で実現しました。また、デジタル速度設定や各種モニタなどができる操作パネルを本体に搭載し、使い勝手も向上しています（図1参照）。

ここでは、**DSC**シリーズの特長と制御技術について紹介します。



図1 DSCシリーズ

### 2. DSCシリーズの特長

**DSC**シリーズは、クローズドループ制御による高信頼性と位相制御回路のデジタル化によるスピードコントローラの小型化を実現したACスピードコントロールモーターです。対負荷速度変動率 $\pm 1\%$ （参考値）での安定した速度制御が可能です。また、位相制御方式であるため、一般的に使われているインバータ制御製品に比べて低ノイズです。**DSC**シリーズの製品ラインアップを表1に示します。

表1 DSCシリーズのラインアップ

タイプ		出力[W]					
		6	15	25	40	60	90
標準タイプ	直交軸ギヤ (中空軸、中実軸)	-	-	○	○	-	○
	平行軸ギヤ	○	○	○	○	○	○
	丸シャフト	○	○	○	○	○	○
電磁ブレーキ付 タイプ	平行軸ギヤ	○	○	○	○	○	○

DSCシリーズの主な特長を以下に示します。

1) コントローラ本体に操作パネルを搭載(図2参照)

操作パネルで最大4速の運転データのデジタル設定、各種モニタやパラメータ設定、テスト運転が可能です。



図2 操作パネル部

2) インダクションモーターでの瞬時正逆運転を実現

従来品は、瞬時正逆運転を行う場合はレバーシブルモーターを使用する必要があり、運転時間に制限がありました。

DSCシリーズは、新しい制御技術によりインダクションモーターでの瞬時正逆運転を実現しています。インダクションモーターであるため、連続運転が可能になりました(図3参照)。

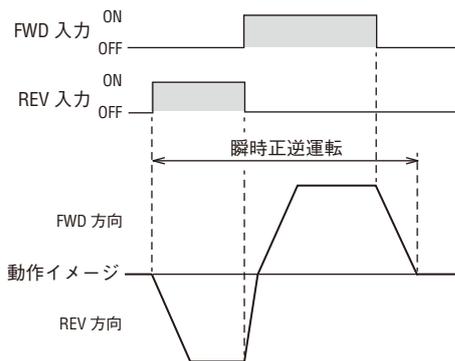


図3 瞬時正逆運転の動作例

3) 巻き下げ運転、上下駆動が可能(電磁ブレーキ付タイプ)

従来品ではできなかった巻き下げ運転や上下駆動を、ブレーキ電流(注1)の大きさを調整して制動力(減速トルク)をコントロールする新しい制御技術により実現しました。また、減速トルクのコントロールが可能になったことで、大慣性負荷を停止させる場合でも減速時間設定どおりに減速停止ができるようになりました。従来品では自然停止(注2)に要する時間より短い時間での減速停止はできませんでした。

ブレーキ電流による制動は、回生抵抗を必要としません。簡単なシステム構成で巻き下げ運転、上下駆動を実現します(図4参照)。

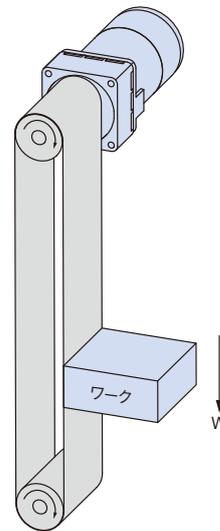


図4 上下駆動のイメージ

4) 配線・接続が簡単

電源線やI/O線はスクリーレスコネクタ、モーター・コントローラ間はコネクタで簡単に配線・接続することができます(図5参照)。



図5 コントローラ配線イメージ

(注1) モーターの主巻線・補助巻線に半波整流した直流成分の電流を同位相で流すことで制動力が発生します。この直流成分の電流をブレーキ電流と表現しています。

(注2) モーターへの印加電圧がなく無励磁状態で停止することです。停止までに要する時間は、慣性負荷や摩擦負荷の大きさに応じた時間となります。

5) 使い勝手を向上させる機能を搭載

- ・ 並列運転時の速度差を簡単に調整できる機能  
一つの外部速度指令で最大20台のモーターを並列運転できます。並列運転時、各モーターに速度差がある場合は「外部速度指令オフセット」パラメータで簡単に速度差を調整できます。
- ・ 回転速度の設定範囲に制限をかける機能  
「速度上下限」パラメータで回転速度の設定範囲にあらかじめ制限をかけ、意図しない回転速度への設定操作を防ぐことができます。
- ・ データ編集のロック機能  
操作パネルのMODEキーを長押しすることで、データ編集をロックできます。ロック中はすべての設定操作が無効になりますので、誤操作によるデータの書き換えや消去を防ぐことができます。

6) 信頼性の高いモーターとギヤヘッドの組み合わせ

許容トルク、強度ともに優れたKIIシリーズのモーターとギヤヘッドを採用しています。装置のダウンサイジングや信頼性の向上を実現します。

3. DSCシリーズの制御技術

3.1. 基本的な速度制御技術

ACスピードコントロールモーターは、回転速度の検出用レートジェネレータをモーター部に搭載しています。レートジェネレータは、1回転あたり12周期の正弦波単相交流電圧を発生するので、それをパルス信号に変換してモーター速度を検出します。単相交流電圧のため回転方向の検出はできません(図6参照)。

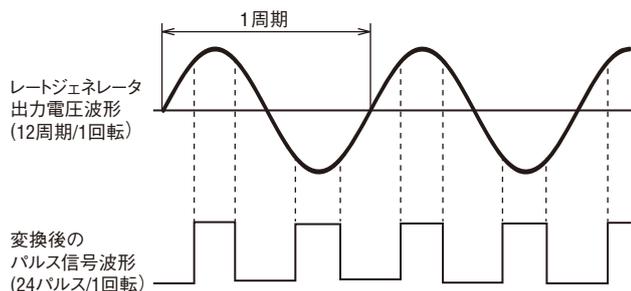


図6 レートジェネレータの出力波形

スピードコントローラは、設定速度と回転速度が同じ速度になるように、位相制御でモーター印加電圧の大きさを調整して速度を制御します(図7参照)。

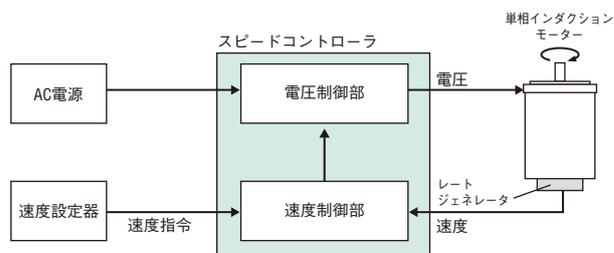


図7 制御ブロック図

位相制御には半導体素子のトライアックを使用しています。図8に構成を示します。トライアックの点弧角を制御してモーター印加電圧を調整します。トライアックは運転用と制動用を搭載しており、瞬時停止時は制動用トライアックをONにすることで、モーター巻線に直流成分のブレーキ電流を流して減速トルクを発生させます。

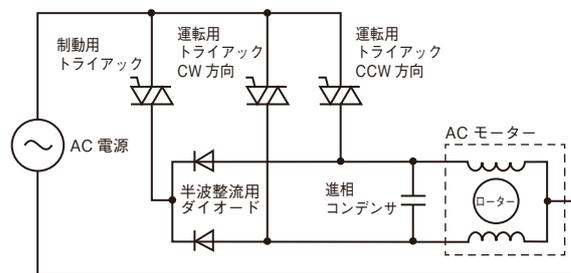


図8 位相制御回路の構成

3.2. 瞬時正逆運転の制御技術

従来品は、インダクションモーターで正逆運転を行うためには一度モーターを停止させる必要がありました。これは、インダクションモーターの回転速度-トルク特性に負のトルク領域があるため(図9参照)、摩擦負荷が少ない条件で使用すると回転磁界を反転させても逆転できないことがあるからです。そのため、瞬時正逆運転を行う場合は、レバースリブルモーターを使用する必要がありました。

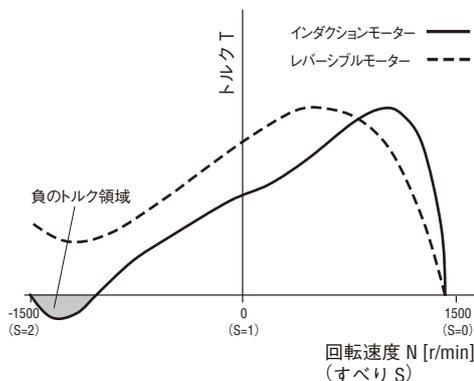


図9 インダクションモーターとレバースリブルモーターの回転速度-トルク特性(50Hz)

レバーシブルモーターは、組み合わせる進相コンデンサの容量を上げて起動トルクを大きくし、負のトルク領域がない回転速度-トルク特性に調整しています。そのため、モーター効率が悪く運転時間に制限があります。また、逆転に要する時間を短くし、モーター停止時のオーバーラン量を低減するために簡易ブレーキを搭載しています。インダクションモーターとレバーシブルモーターの簡単な比較を表2に示します。

表2 インダクションモーターとレバーシブルモーターの比較

	インダクションモーター	レバーシブルモーター
運転時間	連続定格	30分定格
コンデンサ容量	最適容量	負のトルク領域をなくすため大きな容量
簡易ブレーキ機構	無	有
瞬時正逆運転	不可	可
オーバーラン	約30~40回転	約5~6回転

※モーター単体時の比較

**DSC**シリーズは、瞬時正逆運転時にブレーキ電流を自動で短時間流し、負のトルク領域がない回転速度まで減速させた後に回転磁界を反転させることで、インダクションモーターでの瞬時正逆運転を実現しています(図10参照)。インダクションモーターなので連続運転が可能です。

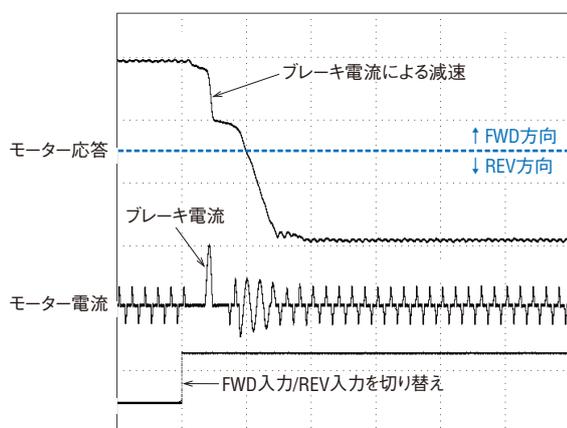


図10 瞬時正逆運転時の応答例

ただし、瞬時正逆運転時は、ブレーキ電流と逆方向へのモーター起動電流が通常運転時よりも大きな電流として流れるため、一方向連続運転に比べると発熱が大きくなります。そのため、高頻度で瞬時正逆運転を繰り返すとモーターの過熱保護(注3)が作動する可能性があります。図11に示す繰り返しサイクルでの運転であれば確実に連続運転ができます。また、モーター使用周囲温度が低い場合など、モーターケース温度が90°C以下になる使用条件では、より短い繰り返しサイクルでも瞬時正逆運転が可能です。

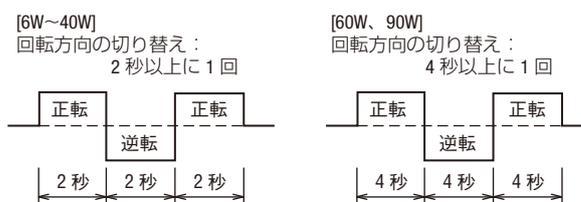


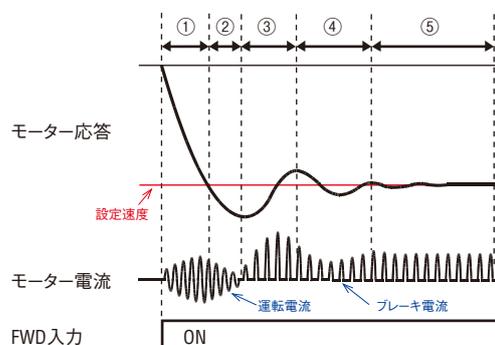
図11 瞬時正逆運転の最短繰り返しサイクル

### 3.3. 減速トルクの制御技術(電磁ブレーキ付タイプ)

#### 3.3.1. 減速制御

従来品の速度制御は、回転速度が設定速度より遅い場合にはモーター印加電圧を大きくし、設定速度より速い場合にはモーター印加電圧を小さくすることで速度を調整します。そのため、巻き下げ運転などモーター出力軸が外力により回されてしまう用途では、回転速度が設定速度より速くなってモーター印加電圧を小さくしても、モーター速度が下がらずに加速が続いてしまいます。最終的にはモーターへの印加電圧がない無励磁状態になります。つまり、速度を下げるための減速トルクを出力できない制御方式でした。

**DSC**シリーズは、回転速度が設定速度より速くなった場合に、ブレーキ電流による減速トルクを出力し、減速トルクの大きさをコントロールする減速制御を採用しました。減速制御時は、ブレーキ電流の大きさを位相制御で調整し、外力により回される力を押さえ込みつつ、設定速度での回転を維持するように制御します(図12参照)。



- ① 区間: FWD 入力 で巻き下げ方向に運転開始。運転電流で加速。
- ② 区間: 設定速度を超えたので運転電流を減らす。巻き下げ負荷により回されてしまい加速が続く。
- ③ 区間: ブレーキ電流に切り替わり減速する。
- ④ 区間: 減速しすぎたのでブレーキ電流を調整。
- ⑤ 区間: 一定のブレーキ電流となり、設定速度どおりに運転する。

図12 減速制御時の起動応答例(巻き下げ方向)

(注3) 6Wタイプはインピーダンスプロテクトです。発熱によりモーターが停止することはありませんが、モーターの寿命低下を避けるため、本文に記載している内容にてご使用ください。15-90Wタイプはサーマルプロテクトによる保護なので、作動時はモーターが停止します。

運転用トライアックをONにすることで回転トルクを出力し、制動用トライアックをONにすることで減速トルクを出力します(図8参照)。どちらのトライアックをONにするかを判断しながら、モーターの回転速度を制御します(図13参照)。

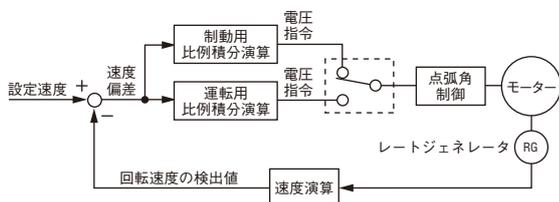


図13 速度制御ブロック図

このようにして、巻き下げ運転時でも設定速度どおりの運転ができる速度制御を実現しています。

減速制御により減速トルクをコントロールできるようになったので、大慣性負荷を停止させる場合でも減速時間設定どおりの減速停止ができるようになりました。従来品では減速トルクを出力できないため、自然停止に要する時間より短い時間での減速停止はできませんでした(図14、図15参照)。

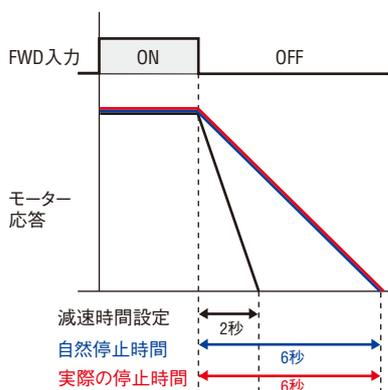


図14 大慣性負荷の停止応答例(従来品)

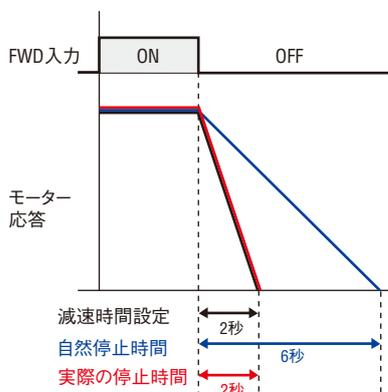
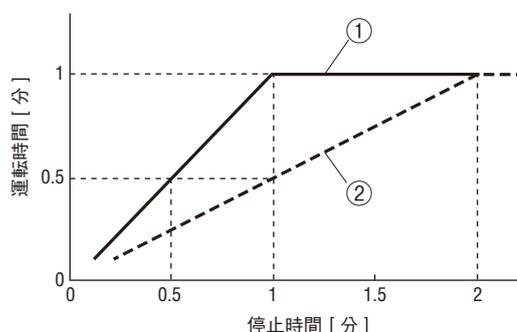


図15 大慣性負荷の停止応答例(DSCシリーズ)

また、減速制御による減速トルクの出力方式では、コントローラ内に回生電圧は発生しません。そのため、回生抵抗が不要となりシンプルなシステム構成で巻き下げ運転や上下駆動を実現できます。

### 3.3.2. 運転時間の制限

減速制御はブレーキ電流を流すことにより実現しています。減速制御での運転を継続して行くと、モーターの発熱が大きくなり、過熱保護が作動する可能性があります。そのため、巻き下げ運転や上下駆動時は、運転時間と運転デューティに制限があります(図16参照)。6Wタイプには制限はありません。また、モーター使用周囲温度が低い場合など、モーターケース温度が90°C以下になる使用条件では、より長い時間の運転や、停止時間の短い運転パターンも可能です。



- ①15W、25W、40Wタイプ
    - ・運転時間 1分
    - ・運転デューティ 50%以下
  - ②60W、90Wタイプ
    - ・運転時間 1分
    - ・運転デューティ 33%以下
- 例 運転:1分、停止:1分      例 運転:1分、停止:2分  
 運転:30秒、停止:30秒      運転:30秒、停止:1分

$$\text{運転デューティ} = \frac{\text{運転時間}}{\text{運転時間} + \text{停止時間}} \times 100[\%]$$

図16 運転時間と運転デューティの制限

### 3.3.3. 巻き下げ運転、上下駆動時の許容トルク

3.1項で述べたように、レトジェネレータによる回転速度の検出方法では回転方向の情報が得られません。そのため、モーターの起動トルクを超えるような負荷を上昇方向に駆動しようとした場合、モーターが指令方向と逆方向に運転してしまう可能性があります。このようなことが発生しないように、巻き下げ運転や上下駆動など外力によりモーター出力軸が回されてしまう用途専用の許容トルク仕様を設けています。また、巻き下げ運転時は負荷が大きければ大きいほどブレーキ電流が大きくなります。モーターの発熱も考慮して定めた許容トルク仕様です。減速比ごとに許容トルク仕様が設定されていますので、オリエンタルモーターのホームページやカタログを参照し、モーターを選定してください。

### 3.3.4. 「減速制御」パラメータ

ここまで述べてきた減速制御は、製品に搭載している「減速制御」パラメータがON(初期値)の場合に機能します。「減速制御」パラメータのON・OFFによる設定範囲の違いについては表3を参照ください。ONの場合に回転速度・加速時間・減速時間の設定範囲が狭まるのは、確実な巻き下げ運転・上下駆動を行うためです。

外力により回されることのない用途の場合は、「減速制御」パラメータをOFFにして標準タイプと同じ設定範囲に広げることも可能です。使用条件に合わせて選択してください。

表3 「減速制御」パラメータによる設定範囲の違い

「減速制御」パラメータ		ON (初期設定)	OFF
設定範囲	回転速度	300~1400r/min (50Hz) 300~1600r/min (60Hz)	90~1400r/min (50Hz) 90~1600r/min (60Hz)
	加速時間 減速時間	0.2~15.0 秒	0.0~15.0 秒

## 4. まとめ

**DSC**シリーズの特長と、インダクションモーターでの瞬時正逆運転、および巻き下げ運転や上下駆動を実現する制御技術について紹介してきました。コントローラ本体に操作パネルを搭載し使い勝手が良く、高い速度制御性と機能を兼ね備えた製品です。

さまざまな運転ができるようになったことで、インダクションモーターの適用用途が広がりました。装置設計の際にはぜひご検討ください。

### 参考文献

- (1) 瀧本 正浩, 「スピードコントローラ **MSC-1** の特徴と制御技術」, RENGA, No.176, (2012), pp14-20

### 筆者



佐藤 晋治

商品技術部