

調速馬達組合 DSC 系列的特色和控制技術

佐藤 晉治

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. 前言

AC調速馬達使用相位控制方式改變對感應馬達的施加電壓，實現穩定的速度控制，此產品組合堅固的AC馬達和小型、低雜訊的長壽命速度控制器⁽¹⁾。本公司大約從40年前開始因應市場需求開發AC調速馬達，產品種類眾多。並且，這些產品被用來當作很多工業用機器的動力來源。

DSC系列藉由新的控制技術，實現舊有AC調速馬達（以下簡稱 舊有產品）無法做到的速度控制，包含使用感應馬達的瞬間正逆運轉，或馬達出力軸因外力轉動的捲下運轉。此外並提升使用方便性，於本體搭載操作面板，可進行數位調速或各種監視（參照圖1）。

於本文中，將介紹**DSC**系列的特色和控制技術。

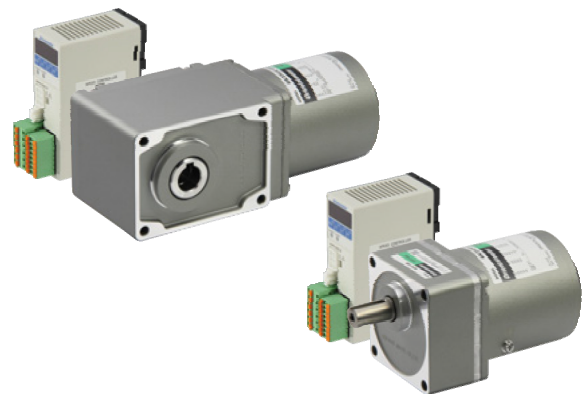


圖 1 DSC 系列

2. DSC 系列的特色

DSC系列為AC調速馬達，利用閉回路控制實現高穩定性，利用相位控制回路數位化實現速度控制器的小型化。可做到對負載速度變動率 $\pm 1\%$ （參考值）的穩定速度控制。此外，由於使用相位控制方式，相較於一般使用變頻器控制的產品雜訊較少。**DSC**系列的產品種類如表1所示。

表 1 DSC 系列的產品種類

| 種類 | | 輸出[W] | | | | | |
|--------|---------------------|-------|----|----|----|----|----|
| | | 6 | 15 | 25 | 40 | 60 | 90 |
| 標準型 | 直交軸減速機 (中空軸、中實軸) | - | - | ○ | ○ | - | ○ |
| | 平行軸減速機 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 圓軸 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 附電磁剎車型 | 平行軸減速機 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

DSC系列的主要特色如下所示。

1) 控制器本體搭載操作面板 (參照圖 2)

在操作面板可進行最多4速的運轉資料數位設定、各種監視、參數設定及測試運轉。



圖 2 操作面板部

2) 利用感應馬達實現瞬間正逆運轉

舊有產品進行瞬間正逆運轉時必須使用可逆馬達，運轉時間有所限制。DSC系列則藉由新控制技術實現使用感應馬達的瞬間正逆運轉。由於使用感應馬達，可連續運轉 (參照圖3)。

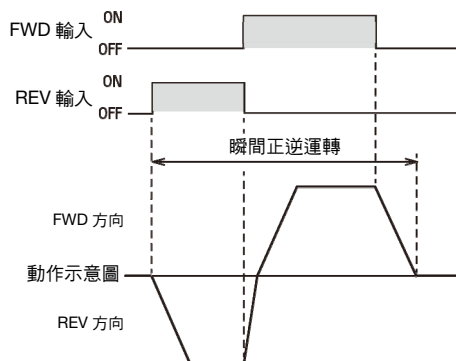


圖 3 瞬間正逆運轉的動作範例

3) 可捲下運轉、上下驅動 (附電磁剎車型)

藉由新控制技術實現舊有產品無法做到的捲下運轉或上下驅動，其作法透過調整剎車電流^(註1)大小來控制制動力 (減速轉矩)。此外，由於可控制減速轉矩，在停止大慣性負載的情況下亦可依照減速時間設定完成減速停止。舊有產品無法在少於自然停止^(註2)需要的時間內完成減速停止。

利用剎車電流進行剎車，則不需要回生電阻。以簡單的系統構成實現捲下運轉、上下驅動 (參照圖4)。

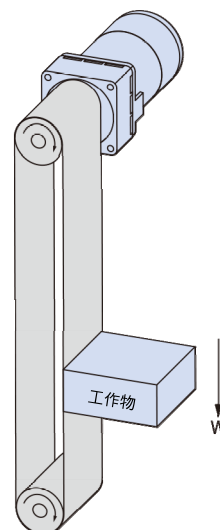


圖 4 上下驅動的示意圖

4) 簡單配線、連接

電源線或I/O線的配線使用無螺絲連接器，馬達、控制器間以連接器簡單配線、連接 (參照圖5)。



圖 5 控制器配線示意圖

(註 1) 藉由在馬達的主線圈、補助線圈以同相位方式流過半波整流之直流量電流來產生制動力。此直流量電流被用來當作剎車電流。

(註 2) 對馬達沒有施加電壓，馬達在無激磁狀態下停止。馬達停止前需要的時間，其長短會依慣性負載或摩擦負載之大小而定。

5) 搭載提升使用方便性的功能

- 並列運轉時可簡單調整速度差的功能
利用一個外部速度指令最多可使 20 台馬達並列運轉。並列運轉時若各馬達間有速度差，可利用「外部速度指令 OFFSET」參數簡單調整速度差。
- 可限制轉速設定範圍的功能
可事先利用「速度上下限」參數限制轉速的設定範圍，防止發生非預期的轉速設定操作。
- 資料編輯的鎖定功能
長按操作面板的 MODE 鍵，可鎖定資料編輯功能。鎖定中所有的設定操作無效，可防止因誤操作重寫或刪除資料。

6) 高穩定性馬達與減速機之組合

採用容許轉矩、強度皆優異的 **K II** 系列的馬達與減速機。實現設備小型化及提升穩定性。

3. DSC 系列的控制技術

3.1. 基本的速度控制技術

AC調速馬達在馬達部分搭載轉速檢知用轉速發電機。轉速發電機每旋轉1圈，會產生12個週期的正弦波單相交流電壓，將其轉換為脈波信號，檢知馬達速度。由於是單相交流電壓，無法檢知運轉方向（參照圖6）。

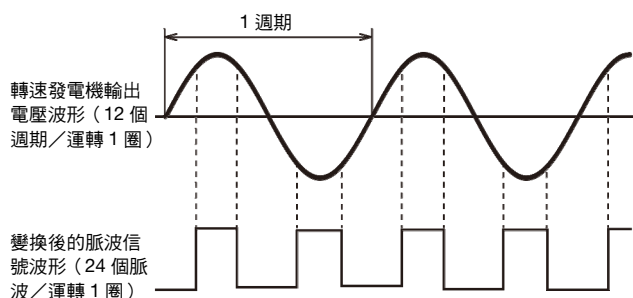


圖 6 轉速發電機的輸出波形

速度控制器利用相位控制來調整馬達施加電壓的大小並控制速度，使設定速度和轉速維持相同速度（參照圖7）。

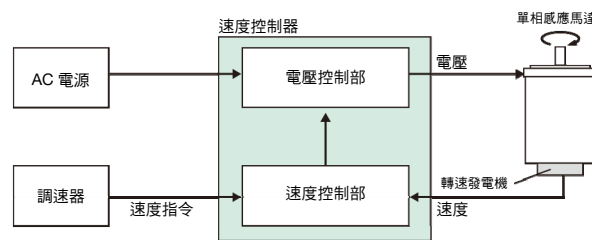


圖 7 控制程序圖

相位控制中使用半導體元件雙向矽控整流器。其構成如圖8所示。控制雙向矽控整流器的燃弧角，調整馬達施加電壓。搭載運轉用與剎車用雙向矽控整流器，瞬間停止時將剎車用雙向矽控整流器設為ON，在馬達線圈流過直流分量的剎車電流，產生減速轉矩。

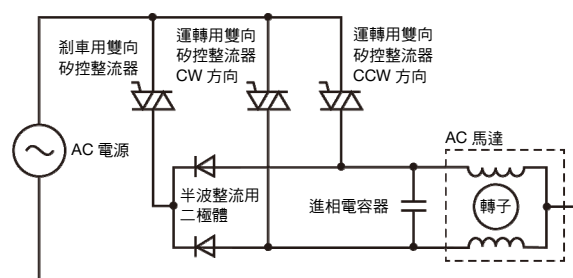


圖 8 相位控制回路的構成

3.2. 瞬間正逆運轉的速度控制技術

舊有產品為了使用感應馬達進行正逆運轉，必須先使馬達停止。這是因為感應馬達的轉速—轉矩特性中存在負轉矩區（參照圖9），如果在低摩擦負載的條件下使用，即使反轉運轉磁場也無法逆轉。因此，舊有產品在進行瞬間正逆運轉時，必須使用可逆馬達。

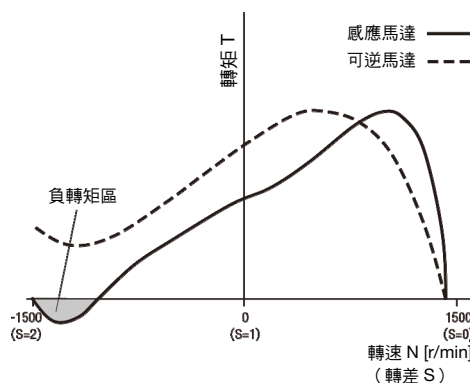


圖 9 感應馬達與可逆馬達的轉速—轉矩特性（50Hz）

可逆馬達利用調高其組合進相電容器容量的方式使起動轉矩變大，調整使其轉速－轉矩特性不存在負轉矩區。因此，馬達效率會變差而使運轉時間出現限制。此外，馬達搭載簡易剎車來縮短逆轉需要的時間，減低馬達停止時的過轉量。感應馬達與可逆馬達的簡單比較如表2所示。

表 2 感應馬達與可逆馬達的比較

| | 感應馬達 | 可逆馬達 |
|--------|------------|---------------|
| 運轉時間 | 連續額定 | 30分鐘額定 |
| 電容器容量 | 最佳容量 | 為使負轉矩區消失而加大容量 |
| 簡易剎車機構 | 無 | 有 |
| 瞬間正逆運轉 | 不可 | 可 |
| 過轉 | 約 30~40 運轉 | 約 5~6 運轉 |

※馬達單體時的比較

DSC系列實現使用感應馬達的瞬間正逆運轉，其方式藉由在瞬間正逆運轉時自動短時間流過剎車電流，使馬達減速至不存在負轉矩區的轉速後反轉運轉磁場(參照圖10)。由於是感應馬達，可連續運轉。

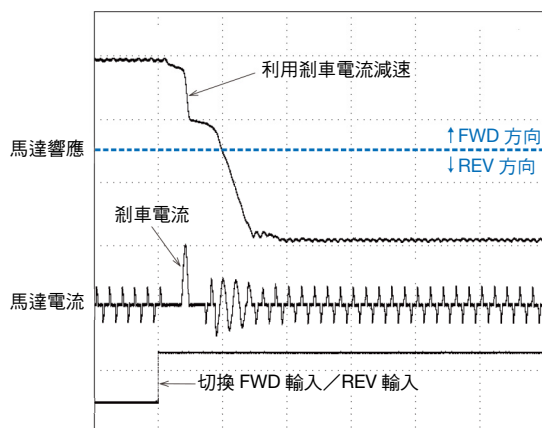


圖 10 瞬間正逆運轉的響應範例

但是，相較於通常運轉時，瞬間正逆運轉時由於剎車電流和朝反方向的馬達起動電流會流過更大的電流，其發熱會大於單方向連續運轉。因此，如果頻繁反覆進行瞬間正逆運轉可能會使馬達的過熱保護^(註3)作動。如為圖11所示的反覆週期運轉，則可準確進行連續運轉。此外，在馬達外殼溫度為90°C以下的使用條件中，例如馬達使用環境溫度較低的情況下，在更短的反覆週期也可進行瞬間正逆運轉。

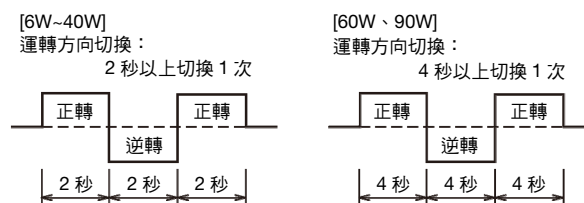


圖 11 瞬間正逆運轉的最短反覆週期

3.3. 減速轉矩的控制技術 (附電磁剎車型)

3.3.1. 減速控制

舊有產品的速度控制，其調整速度的方式在轉速低於設定速度時調高馬達施加電壓，在轉速高於設定速度時調低馬達施加電壓。因此，在捲下運轉等馬達出力軸因外力轉動的用途中，即使因馬達轉速高於設定速度而調低馬達施加電壓，馬達速度不會下降而導致持續加速。最終會處於對馬達沒有施加電壓的無激磁狀態。也就是，這種控制方式無法輸出用來降低速度的減速轉矩。

DSC系列採用減速控制，在轉速高於設定速度時，藉由剎車電流輸出減速轉矩，用來控制減速轉矩的大小。減速控制時，使用相位控制調整剎車電流的大小，並抑制因外力而轉動的力道，用以控制馬達維持在設定速度的運轉(參照圖12)。

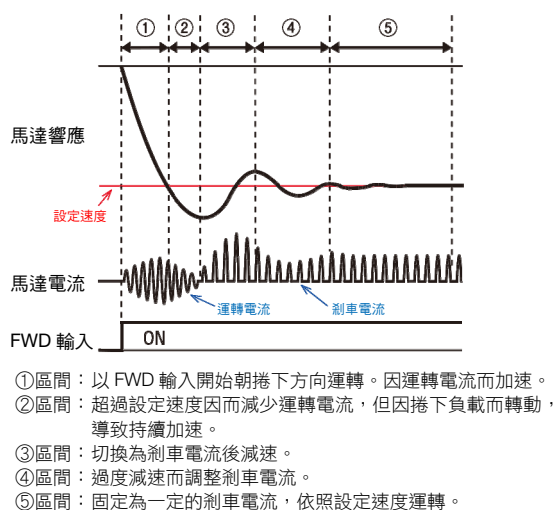


圖 12 減速控制時的起動響應範例 (捲下方向)

(註 3) 6W 型為阻抗式保護裝置。發熱不會造成馬達停止，但是為避免馬達壽命降低，使用時應遵循本文所記載內容。15-90W 型具有過熱保護裝置的保護，馬達會在作動時停止。

將運轉用雙向矽控整流器設為ON來輸出運轉轉矩，將剎車用雙向矽控整流器設為ON來輸出減速轉矩（參照圖8）。判斷設為ON的雙向矽控整流器為何者，用以控制馬達的轉速（參照圖13）。

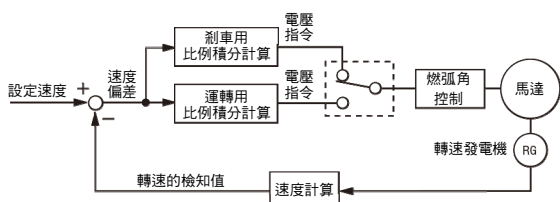


圖 13 速度控制程序圖

利用這樣的方式，在捲下運轉時亦可實現速度控制，依照設定速度運轉。

由於可藉由減速控制來控制減速轉矩，在停止大慣性負載的情況下亦可依照減速時間設定完成減速停止。由於舊有產品無法輸出減速轉矩，無法在少於自然停止需要的時間內完成減速停止（參照圖14、圖15）。

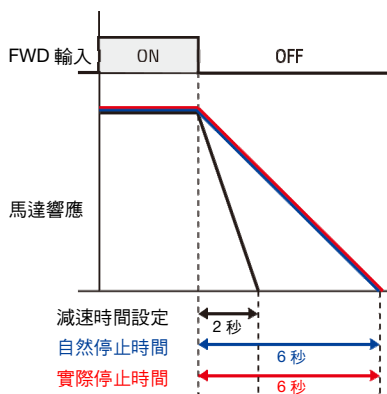


圖 14 大慣性負載的停止響應範例（舊有產品）

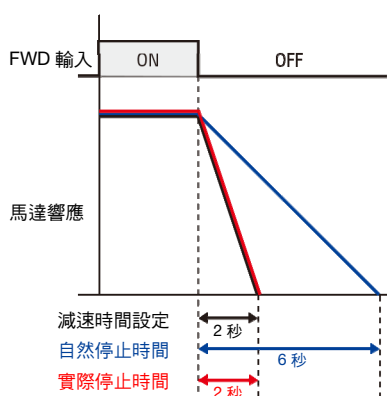
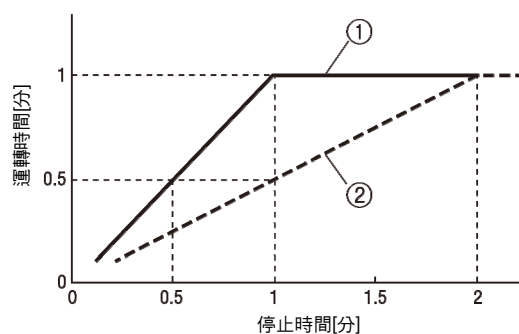


圖 15 大慣性負載的停止響應範例（DSC 系列）

此外，在藉由減速控制輸出減速轉矩的方式中，控制器內不會產生回生電壓。因此，不需要回生電阻，使用簡單的系統構成即可實現捲下運轉及上下驅動。

3.3.2. 運轉時間的限制

利用流通剎車電流實現減速控制。如果持續進行減速控制的運轉，馬達的發熱增加，過熱保護可能會作動。因此，在捲下運轉及上下驅動時，運轉時間與運轉週期比率會出現限制（參照圖16）。6W型則無限制。此外，在馬達外殼溫度為90°C以下的使用條件中，例如馬達使用環境溫度較低的情況下，也可進行更長時間的運轉，或停止時間較短的運轉模式。



- ①15W、25W、40W 型
 - 運轉時間 1 分鐘
 - 運轉週期比率 50%以下
 - ②60W、90W 型
 - 運轉時間 1 分鐘
 - 運轉週期比率 33%以下
- 例 運轉：1 分鐘、停止：1 分鐘
 運轉：30 秒、停止：30 秒
- 例 運轉：1 分鐘、停止：2 分鐘
 運轉：30 秒、停止：1 分鐘

$$\text{運轉週期} = \frac{\text{運轉時間}}{\text{運轉時間} + \text{停止時間}} \times 100[\%]$$

圖 16 運轉時間與運轉週期比率的限制

3.3.3. 捲下運轉、上下驅動時的容許轉矩

如3.1項中所述，在利用轉速發電機檢知轉速的方法中，無法獲得運轉方向的資料。因此，如欲超過馬達的起動轉矩負載的上昇方向驅動時，可能會導致馬達朝指令方向的反方向運轉。為避免發生這樣的情況，對於馬達出力軸因外力轉動的用途，如捲下運轉及上下驅動，設置專用的容許轉矩規格。此外，捲下運轉時的負載愈大剎車電流就會愈大。容許轉矩規格，已考慮馬達的發熱因素。各種減速比均有設定容許轉矩規格，選用馬達時請參照東方馬達網頁及目錄。

3.3.4. 「減速控制」參數

這裡所提到的減速控制，在產品所搭載的「減速控制」參數設為ON（初始值）時功能有效。關於「減速控制」參數ON、OFF時所產生的設定範圍差異請參照表3。當設為ON時，轉速、加速時間、減速時間的設定範圍會變小，用以準確進行捲下運轉、上下驅動。

在無因外力而轉動的用途上，可將「減速控制」參數設為OFF，使其放寬至與標準型相同的設定範圍。請配合使用條件來選擇馬達。

表 3 因「減速控制」參數所產生的設定範圍差異

| 「減速控制」參數 | | ON (初期設定) | OFF |
|----------|--------------|--|--|
| 設定範圍 | 轉速 | 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. 總結

以上介紹**DSC**系列的特色和用來實現感應馬達的瞬間正逆運轉、捲下運轉及上下驅動的控制技術。此產品的控制器本體搭載操作面板以提升使用方便性，兼具高度之速度控制性能與功能。

可進行各種運轉，使感應馬達的適用用途更為廣泛。在您進行設備設計時，請一定要參考使用。

參考文獻

- (1) 瀧本 正浩,「速度控制器 **MSC-1** 的特徵和控制技術」, RENGA, No.176, (2012), pp14-20

作者



佐藤 晉治

商品技術部