

搭載無需電池多圈數絕對式編碼器 ABZO 閉回路步進馬達組合 AZ 系列的開發

古田雅治

Development of the **AZ** Series Closed Loop Stepping Motor and Driver Package with Battery-free Multi-turn Absolute Sensor, "ABZO"

Masaharu FURUTA

Recently, absolute systems for positioning have become commonly used. An absolute system can simplify a position management system by, for example, omitting a homing operation and use of an external sensor. Such a simplified system leads to a reduction in the processor load of the host controller and increased productivity. However, an absolute system requires a battery backup for storing position information. Further, an absolute system with a battery requires the management of battery replacement cycle, and leading to additional labor and maintenance cost.

The **AZ** series is a closed loop stepping motor and driver package with the battery-free multi-turn absolute sensor named "ABZO". The **AZ** series has two features: a battery-free absolute system using the ABZO sensor, and incorporating the absolute system in both the pulse input type driver as well as the built-in controller (FLEX) model.

This article introduces the **AZ** series closed loop stepping motor and driver package with the battery-free multi-turn absolute sensor "ABZO", and describes the advantages and usage of the absolute system when using the pulse input interface model.

1. 前言

為實現擁有高生產力的生產線，必須具備高響應、高精度的馬達。對此，東方馬達推出產品種類 AS 系列及 AR 系列，**AS** 系列⁽¹⁾ 為使用獨創控制方式 **αSTEP** 技術的不失步閉回路步進馬達，**AR** 系列⁽⁴⁾ 則藉由將馬達高效率化而減低發熱⁽²⁾，擁有可與各種 FA 網路連接的 **FLEX**⁽³⁾ 對應產品。

近年來，生產設備要求「生產線不會中斷」或「即使中斷也能及早復原」，對系統整體的生產力要求更加提高。解決方案之一是採用絕對式系統，由於外部檢知器減少，可藉此排除起因於檢知器的設備停止。

AZ 系列繼承 **AR** 系列之前的技術，同時採用無需電池的多圈數絕對式編碼器「ABZO 編碼器」⁽⁵⁾，免去以往為達成絕對式系統所需的電池（參閱圖 1）。

可以預見的是，今後為了達成更高速、複雜且彈性的運用，即使在上位系統的一併管理下，也要實現依模組定義的單獨動作，藉此透過簡化上位系統的控制程序（分散處理）達到處理本身高速化，或減少上位負載。

AZ 系列支援簡易編程功能，可將資料儲存運轉（以驅動器內部保存的資料進行定位運轉；以下簡稱 SD 運轉）功能與各運轉結合或分歧，藉此實現高功能化。此高功能化後的 SD 運轉功能不只在 **FLEX** 對應的「內藏定位功能型」，也搭載到利用脈波列動作的「脈波列輸入型」。將此 SD 運轉功能與後述的 I/O 功能搭配使用，就可以將一定程度的單獨動作系列化。藉由這樣的設計，**AZ** 系列即可減輕上位系統的負載並實現動作高速化。

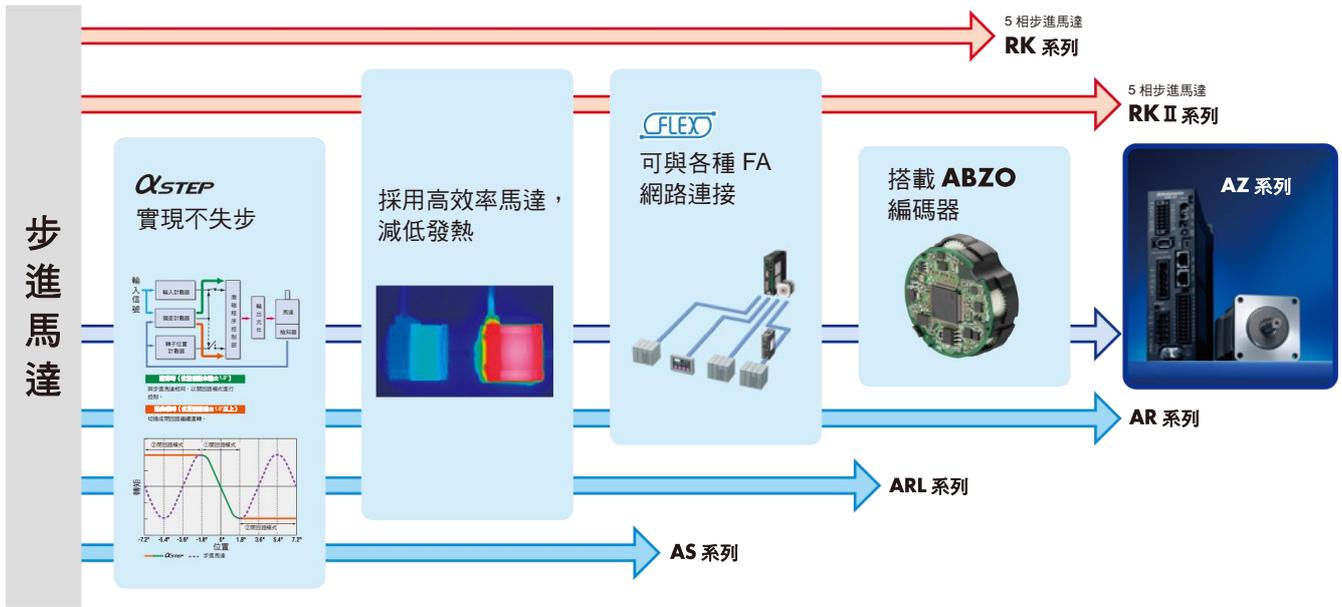


圖 1 目前搭載到步進馬達組合的技術

2. 2 階層 I/O 功能與資料儲存運轉

AZ 系列不但因搭載 ABZO 編碼器而可達成無需電池的絕對式系統，還具有減少上位負載、讓運轉更彈性的功能。是具有 2 階層 I/O 功能與簡易程序對應的 SD 運轉。

2.1. 內部 I/O 與介面 I/O

除了藉由「脈波列輸入型」專用脈波列輸入的運轉，以及藉由「內藏定位功能型」專用通訊所執行的直接資料運轉(直接指示運轉)動作外，幾乎所有動作皆可透過 I/O 執行。如圖 2 所示，**AZ** 系列具備內部 I/O 與介面 I/O，可配合功能將 I/O 構造分層，使其具備 I/O 本身的功能並可藉由 I/O 讓動作更為彈性。

內部 I/O 具有動作指示等內部輸入，以及可監視內部狀態的內部輸出。

介面 I/O 具有可直接連接 I/O 連接器並控制的 Direct-I/O (以下簡稱 D-I/O)、網路上的 Remote-I/O(以下簡稱 R-I/O)、驅動器正面的 HOMEPRESET 開關(擴展輸入：EXT-IN)、自動控制 I/O 的虛擬輸入(VIR-IN)、LED 輸出、差動輸出。這些本身皆未具有動作功能，因此須藉由參數設定將內部 I/O 的功能分配至個別的介面 I/O 來執行動作(詳情請參閱第 6 章)。初期設定已分配好可執行基本動作的內部 I/O。此外，即使各介面 I/O 未具有動作用功能，但個別具有信號的反轉功能、延遲反應、同時執行、1-shot、邏輯合成等 I/O 信號控制用功能。

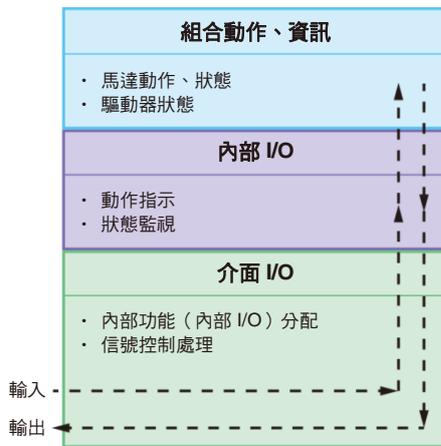


圖 2 分為 2 階層的 I/O 功能

驅動器型 (電源輸入)		馬達機種	安裝尺寸 [mm]	附電磁剎車
<p>內藏定位功能型 FLEX</p> <p>AC 電源輸入 (單相 100-120V、 單相/三相 200-240V)</p> <p>DC 電源輸入 (DC24V/48V)</p>	<p>脈波列輸入型</p> <p>AC 電源輸入 (單相 100-120V、 單相/三相 200-240V)</p> <p>DC 電源輸入 (DC24V/48V)</p>	標準型	42、60	○
		TS 減速機型 PS 減速機型 HPG 減速機型 諧和式減速機型	42*、60	-
機構商品				
中空旋轉平台 DG II 系列 電動滑台 EAS 系列 電動缸 EAC 系列				

* HPG 減速機型為 40mm

圖 3 AZ 系列產品種類

2.2. 資料儲存運轉的簡易程序對應

AZ 系列除了具有脈波列運轉及可進行直接指示運轉的直接資料運轉外，還有 SD 運轉、JOG 運轉、原點復歸運轉等 MACRO 運轉。可透過簡易編程功能，藉由組合個別運轉資料來實現各種運轉型態。

SD 運轉為 **AZ** 系列中的簡易程序對應，不但增加「以檢知位置為基礎的相對定位運轉」、「速度控制」、「單向循環運轉」等運轉方法，還將以往 64 點的運轉資料增加至 256 點，使過去最多僅有 4 連結的運轉結合不再受限制。此外，在以往皆無法實現的連結反轉動作、變更每個運轉資料的電流、來自推壓模式的連結動作等，皆得以實現。作為簡易編程功能，Loop 功能與 Loop 次數成比例的位置指令變更、跳轉功能、藉由 I/O 事件觸發的中斷跳轉、分歧等皆得以實現。

如上所述，**AZ** 系列搭載了許多標準功能，如指示、監視動作的內部 I/O，由實際與上位連接的介面 I/O 所構成的 2 階層 I/O 功能，以及可由內部 I/O 為起點實現各種動作型態的 SD 運轉。

3. 產品種類

AZ 系列的產品種類如圖 3 所示。

相對於「DC 電源輸入」，除了對應的電源、驅動器尺寸不同外，「AC 電源輸入」還有兩項很大的不同。第一項為 AC 主電源與控制電源的分離，「AC 電源輸入」需要 DC24V 控制電源，但即使切斷 AC 主電源，仍可連接及進行 PC 通訊軟體、RS-485 通訊。第二項為稱為 ETO 功能的雙重切斷動力功能。

「脈波列輸入型」可藉由脈波列輸入運轉，驅動器正面開關為脈波列介面用的功能；**FLEX** 對應產品「內藏定位功能型」擁有各種通訊功能，因此能對應直接資料運轉，驅動器正面開關為 RS-485 通訊介面用的功能。

此外，以往每個產品皆需另外搭配 PC 通訊軟體（資料設定軟體 **MEXE02**）的資料，但 **AZ** 系列將之整合，因此不受驅動器種類影響。透過直接連接 USB，試圖使產品間的操作性更加一致並提升使用便利性。

以往的「內藏定位功能型」是使用電池來進行絕對式運用。而 **AZ** 系列可在無需電池的絕對式運用下進行「內藏定位功能型」及「脈波列輸入型」。接下來，本文將透過功能及動作說明、適用提案範例，聚焦並說明功能大幅擴大的「脈波列輸入型」。

4. 動作說明與適用提案—基本篇

AZ 系列可藉由搭載 ABZO 編碼器將原點儲存於馬達，因此不須使用原點復歸運轉及原點檢知器即可起動設備。

原點設定及直通原點的 Z-HOME 運轉不須特地透過資料設定軟體 **MEXEO2** 設定，只要連接脈波輸入及 Z-HOME 輸入即可。

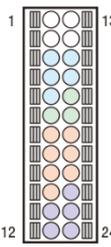
4.1. I/O 連接器與開關

I/O 連接器的功能說明如圖 4 所示。圖 4 中的括弧內部分為初期設定中分配至 Direct-I/O 的內部 I/O 功能。

開關的功能說明如圖 5 所示。「脈波列輸入型」具有專用的 2 個旋轉開關（電流設定、指令平滑調整）及 2 個 DIP 開關（解析度、脈波輸入方式）。

1 個按鈕開關（HOME-PRESET）為「脈波列輸入型」及「內藏定位功能型」的共用開關。由於按鈕開關本身亦是一種 I/O（EXT-IN），因此可分配功能無效及 PRESET 內部 I/O 功能以外的功能。此外，亦可作為聯鎖，透過「長按後再次按壓」方式執行功能，且此聯鎖功能亦可變更（例如：按壓後即時執行等）。

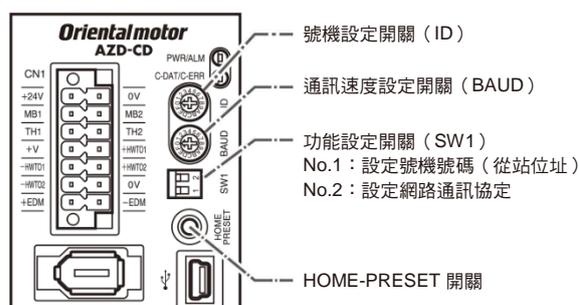
PIN No.	信號名稱	內容*
1	CW+	CW 脈波輸入+
2	CCW+	CCW 脈波輸入+
3	IN4	(ZHOME 輸入)
4	IN6	(STOP 輸入)
5	IN-COM	IN4~IN7 輸入 COM
6	IN8	(FW~JOG 輸入)
7	OUT0	(HOME~END 輸出)
8	OUT2	(PLS~RDY 輸出)
9	OUT4	(MOVE 輸出)
10	OUT-COM	輸出 COM
11	+ASG	A 相脈波輸出+
12	+BSG	B 相脈波輸出+



PIN No.	信號名稱	內容*
13	CW-	CW 脈波輸入-
14	CCW-	CCW 脈波輸入-
15	IN5	(FREE 輸入)
16	IN7	(ALM-RST 輸入)
17	IN-COM	IN8、IN9 輸入 COM
18	IN9	(V~JOG 輸入)
19	OUT1	(IN-POS 輸出)
20	OUT3	(READY 輸出)
21	OUT5	(ALM-B 輸出)
22	GND	接地
23	-ASG	A 相脈波輸出-
24	-BSG	B 相脈波輸出-

* () 內為初始值

圖 4 I/O 連接器的信號



■ 開關初期設定

電流設定 (基本電流設定)	100% (CURRENT : F)
指令平滑調整設定 (時間常數設定)	1ms (FIL : 1)
解析度	1000P/R (SW1-No.1 : OFF)
脈波輸入方式	雙脈波輸入方式 (SW1-No.2 : OFF)

圖 5 開關功能與初期設定

4.2. 省略原點復歸運轉與原點檢知器

AZ 系列可將原點儲存於 ABZO 編碼器，因此可省略原點復歸運轉與使用於其上的原點檢知器。

如此一來，將具有以下優點：

- 省略費時的起動時原點復歸運轉
- 省略原點復歸運轉的上位處理
- 降低檢知器本身的成本
- 降低檢知器接線的成本
- 藉由刪除檢知器部提高設備的設計自由度
- 藉由節省檢知器部的配線提高設備的設計自由度
- 避免油塵及金屬片等造成檢知器錯誤動作
- 避免檢知器部故障、配線斷線等故障
- 避免檢知器檢知誤差（提升原點精度）

接下來，介紹實際對馬達設定原點並進行直通原點的 Z-HOME 運轉時的步驟。

警告 若要以手動方式移動電動模組產品進行調整，請先切斷驅動器的主電源。否則可能接觸到而導致重傷。

- (1) 輸入 FW-JOG 輸入、RV-JOG 輸入或脈波，使之移動至要作為原點的位置。若要以手動方式移動，請先切斷主電源。接著，將 FREE 輸入設為 ON，將激磁 OFF 並開放電磁剎車，以手動方式使之移動至要作為原點的位置（參閱圖 6a）。
- (2) 持續按壓 HOME-PRESET 開關 1 秒，PWR/ALM 的 LED 就會開始呈現橙色閃爍。於 3 秒的閃爍中再次按壓開關，即可將此時的位置設為原點並使之儲存於 ABZO 編碼器中。透過操作開關儲存原點時，PWR/ALM 的 LED 會呈現橙色亮燈約 1 秒以確認（參閱圖 6b）。
- (3) 在 READY 的 LED 呈現綠色亮燈狀態（READY 輸出為 ON 的狀態）下，若於任意位置將 Z-HOME 輸入設為 ON，就會朝著 ABZO 編碼器所儲存的原點進行運轉（Z-HOME 運轉）（參閱圖 6c）。

只要讓 ABZO 編碼器儲存一次原點（原點預設），之後僅需透過 Z-HOME 輸入就能返回原點。此外，更改原點位置時，可藉由 HOME-PRESET 開關進行相同操作以覆蓋原點。原點儲存的重寫次數，包含清除最多為 10 萬次。

也可直接從 I/O 輸入（P-PRESET 輸入，需變更 I/O 分配）、資料設定軟體「MEXE02」來進行原點預設。此外，使用 MEXE02，不但可變更 I/O 分配、進行原點預設，還可確認目前狀態、變更 Z-HOME 的運轉模式、清除儲存於 ABZO 編碼器的原點以及使 HOME-PRESET 開關無效等。



使之移動至要設為原點的位置

圖 6a 準備



圖 6b 設定



於任意位置將 Z-HOME 輸入設為 ON，就會朝著原點進行直通運轉

圖 6c 動作

圖 6 原點預設與 Z-HOME 運轉

5. 動作說明與適用提案—應用篇 I

AZ 系列可透過 USB 直接連接 PC，使用資料設定軟體「**MEXE02**」。

本章將介紹使用 **MEXE02** 的示教遙控運轉、監視功能：

- 藉由使用「示教遙控運轉」功能的軟體極限以減少極限檢知器的提案
- 透過使用「波形監視」功能的負載率監視以調整運轉電流

5.1. MEXE02 的起動與基本操作畫面

起動 **MEXE02** 後會顯示如圖 7 的畫面。可從新增檔案選擇 **AZ** 系列，或若有 **AZ** 系列驅動器（以下稱 **AZD** 驅動器），則可在電源起動的狀態下連接 USB 後（未設定的情況下則為設定通訊埠後），從 **AZD** 驅動器提取資料，就會顯示如圖 8 所示的基本操作畫面。



圖 7 MEXE02 起動後的畫面

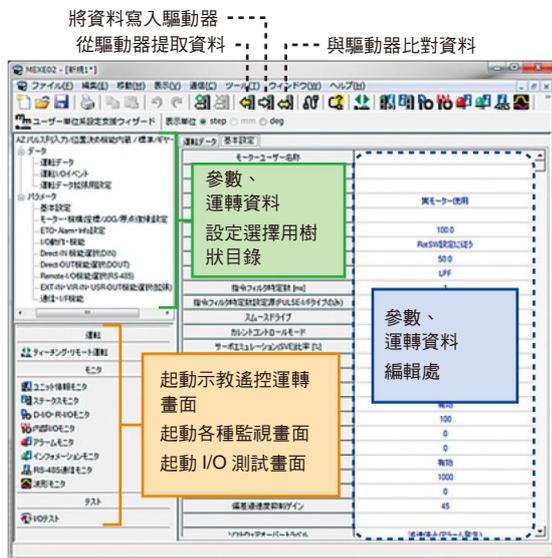


圖 8 基本操作畫面

5.2. 藉由軟體極限功能減少極限檢知器

以軟體極限功能（參閱圖 9、圖 10）代替極限檢知器，可藉此減少檢知器。減少檢知器的優點請參閱 4.2 節的內容。

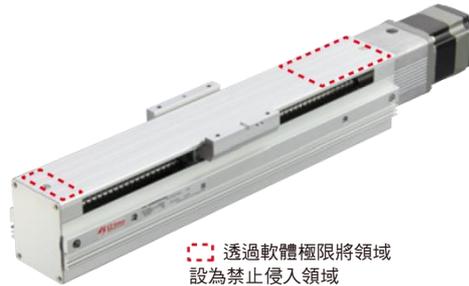


圖 9 軟體極限的示意圖

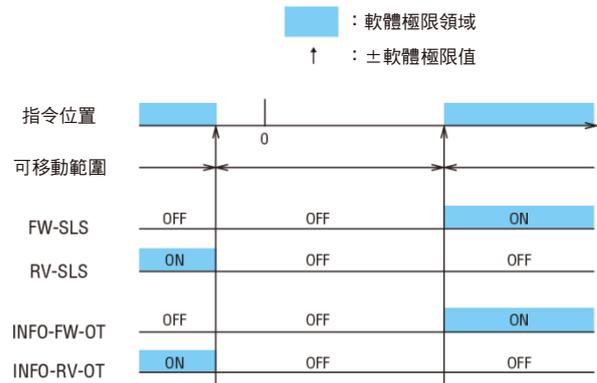


圖 10 軟體極限功能

5.2.1. 軟體極限的概要

軟體極限的功能是指當根據指定脈波的指令位置變為指定+軟體極限值以上，或-軟體極限值以下時，將禁止進一步往+方向或-方向移動（越程限位狀態）（參閱圖 10）。

於初期狀態發生軟體越程限位時，雖然會發生不將激磁 OFF 的軟體越程限位 Alarm，但也可藉由切換參數功能將 Alarm 關閉。此外，在進入+側的軟體極限領域時，FW-SLS 信號（FWD 方向的軟體極限狀態）、INFO-FW-OT 信號（FWD 側 OT 狀態）會變為 ON。在進入-側的領域時，RV-SLS 信號、INFO-RV-OT 信號會變為 ON。藉由在 D-I/O 的輸出分配 FW-SLS/RV-SLS、INFO-FWOT/INFO-RV-OT，可對脈波產生器等上位發出軟體極限檢知的通知。

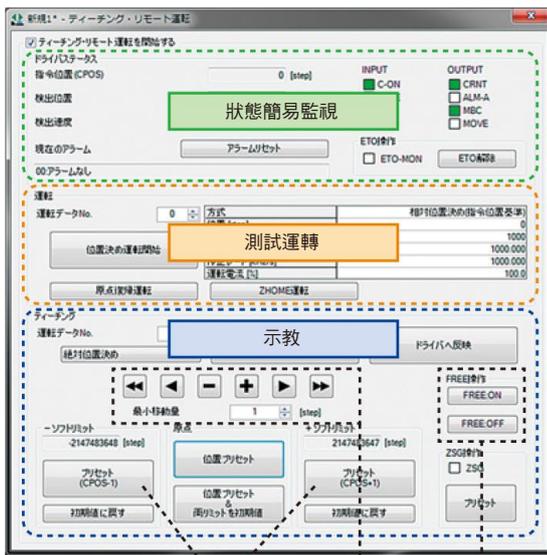
檢知到極限時，一般都會透過將異常狀態恢復的復歸處理，進行原點復歸運轉以復原。**AZ** 系列具有 Z-HOME 運轉，因此可更快速地復原。

5.2.2. 「示教遙控運轉」功能

本節將使用「示教遙控運轉」功能（以下簡稱 T/R 運轉）進行軟體極限的示教。首先，起動「T/R 運轉」畫面。從新增檔案開始時，須於開始 T/R 運轉時使 **MEXE02** 與 **AZD** 驅動器的資料同步。在「T/R 運轉」畫面可進行狀態的簡易監視、測試運轉及示教（參閱圖 11）。

開始「T/R 運轉」後，驅動器的 PWR/ALM LED 會開始呈現橙色閃爍。這表示驅動器內部正在發生某些 Information。此時，將驅動器切換成 T/R 運轉模式後，將不會依照來自 **MEXE02** 以外的運轉起動指示（限制運轉起動模式：INFO-DSLMTD）。

警告 若在軟體極限示教後進行原點預設，可能會導致軟體極限的位置出現在非預期處。



±軟體極限示教 JOG 運轉 FREE 操作

圖 11 示教遙控運轉畫面

5.2.3. 軟體極限示教

警告 此操作是以手動方式移動電動模組產品進行調整，須先切斷驅動器的主電源。否則可能接觸到而導致重傷。

可根據圖 11 的 JOG 運轉介面的遙控動作使之移動至要作為極限的位置，或切斷主電源後，藉由 FREE 操作成為 FREE 狀態（激磁：OFF、電磁剎車：開放）後，以手動方式直接使之移動。接著，分別按壓±軟體極限的預設按鈕，將極限位置儲存於驅動器中（參閱圖 12）。

也可藉由相同的操作由 **MEXE02** 進行原點預設（使原點位置儲存於 ABZO 編碼器）。

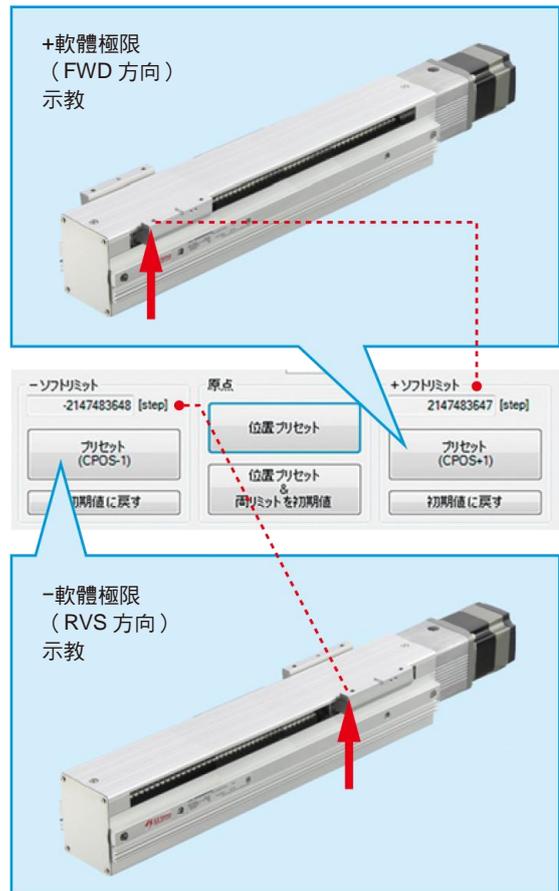


圖 12 ±軟體極限示教

5.2.4. 連接極限檢知器

要更確實地使其停止時，除了軟體極限外，也可連接極限檢知器。在 **AZ** 側以極限檢知器使之停止時，透過將 FW-LS/RV-LS 分配至 D-I/O 的輸入並連接檢知器，即可作為極限檢知器來動作。此外，I/O 連接器的 IN8、IN9 與 IN4~7 的輸入 COM 為不同系統。因此，即使檢知器的 COM 在電氣上與上位 I/O 信號的 COM 不同，也可與 IN4~7 分開，將 IN8、IN9 連接至該輸入 COM (圖 4, Pin No.17、IN-COM[8-9])。

5.3. 負載率監視

AZ 系列除了轉矩外，還可監視馬達負載率。馬達負載率為將失步領域的境界(在 α STEP 控制的 **AZ** 系列中，為對閉回路模式的切換)作為負載率 100%的指標值。一般的伺服馬達是使用轉矩作為負載指標。但是，由於步進馬達的特性為，隨著速度上升，可輸出轉矩會下降(參閱圖 13)，因此使用負載率作為負載指標比使用轉矩更為簡便。

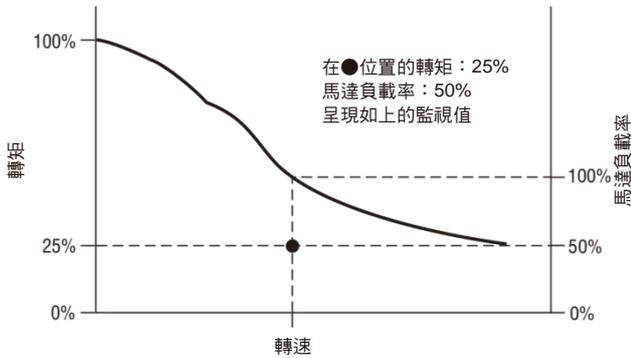


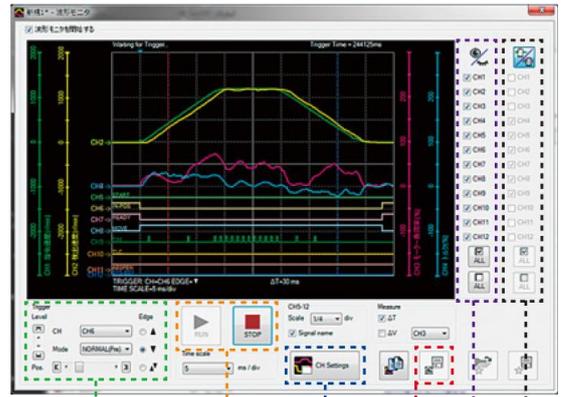
圖 13 轉矩曲線與馬達負載率

5.3.1. 「波形監視」功能

使用波形監視功能，可如示波器般觀測下述狀態(參閱圖 14)

- 速度、負載率、轉矩、變頻器電壓等狀態值
- 內部 I/O、D-I/O、R-I/O 等各 I/O 的狀態

此外，波形資料可儲存為 BMP 格式的圖片，也可以數值形式儲存為 CSV 格式檔案。



觸發設定 執行/停止操作 各 CH. 顯示切換 各信號 CH. 儲存波形資料 調整位置的對象 CH.

圖 14 波形監視畫面

5.3.2. 調整使用負載率監視的基本電流

步進馬達若配合運轉條件、模式調整電流，可望達到減低發熱、消耗電力、振動等目標。**AZ** 系列可透過在驅動器正面的基本電流開關設定基本電流(參閱表 1)，同時調節運轉時及停止時的電流。

表 1 基本電流設定值

開關設定	基本電流率[%]	開關設定	基本電流率[%]
0	6.3	8	56.3
1	12.5	9	62.5
2	18.8	A	68.8
3	25.0	B	75.0
4	31.3	C	81.3
5	37.5	D	87.5
6	43.8	E	93.8
7	50.0	F (出貨時)	100.0

雖然可透過降低運轉時的電流減低發熱、消耗電力、振動，但可輸出的轉矩也會因此減少。以往，進行該調整所採取的方法，是一邊緩慢地降低電流值，一邊實際動作以確認所需的電流值(註 1)。**AZ** 系列由於可將負載率作為負載指標來監視，因此可簡單地調整。

(註 1) 在步進馬達為失步的電流值，在 α STEP 則為顯示對閉回路模式切換的信號出現時的電流值

圖 15 為透過使用如圖 6 所示之皮帶折返機構的滑台，花費約 40ms 進行梯形運轉時的波形（速度、馬達負載率、轉矩）。將圖表儲存為 **MEXE02** 波形監視的 CSV 格式檔案，即可重疊顯示各資料。

根據圖表的時間標示，所進行的運轉為開始：5ms、加速完成：18ms、減速開始：29ms、減速完成：45ms。基本電流則記載初始值 100.0%（基本電流開關設定：F）、50.0%（設定：7）、43.8%（設定：6）、37.5%（設定：5）等 4 項條件。

根據速度圖表，可知 4 項條件（透過圖表時間標示）皆在 50ms 時趨於整定。但是，若觀察途中狀態，可知在基本電流：37.5% 的波形（紫線）中，從 18ms 附近開始就與其他 3 項條件相異，未追上指令。此狀況可容易地藉由馬達負載率為飽和的狀態（負載率 100%）及波形來確認。

接著，從馬達負載率的側面觀察波形。各自在 18ms 附近皆有最大負載率點。由於步進馬達越高速轉矩就會變得越小，因此此項觀察顯示出，越高速，負載率就會變得越大。在基本電流：100.0% 的波形中的負載率約為 70%，在基本電流：50.0% 中約為 75%，在基本電流：43.8% 中約為 97%，在基本電流：37.5% 中則為 100%。根據圖表的結果，包含次要容易讓負載率變得嚴峻的起動後，可知在本次的運轉模式中，對基本電流：50.0% 及基本電流：100% 來說，最大負載率無太大的明顯變化（70%→75%）。此外，在開關設定比此低 1 階層的基本電流：43.8% 中，負載率大幅上升（70%→97%），可知其較接近失步領域（閉回路模式控制的領域）。

過去產品 **AR** 系列 / **AS** 系列是藉由觀察 TLC 信號（或 T-UP 信號），一般的步進馬達則是透過觀察失步，也僅可確認 **AZ** 系列中的馬達負載率 100%。但是，**AZ** 系列利用馬達負載率，可更易於調整電流、確認狀態。

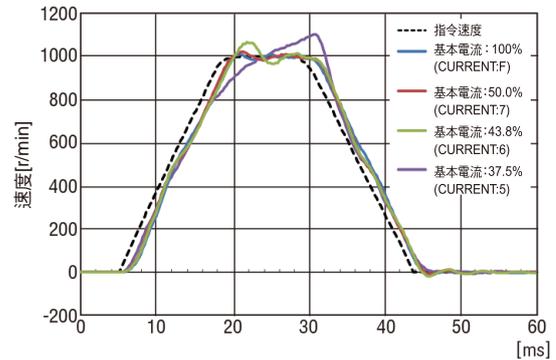


圖 15a 速度的變化

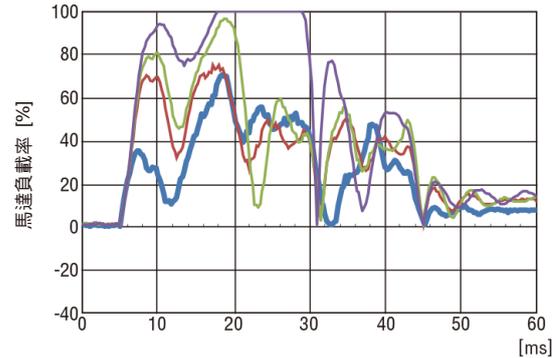


圖 15b 馬達負載率的變化

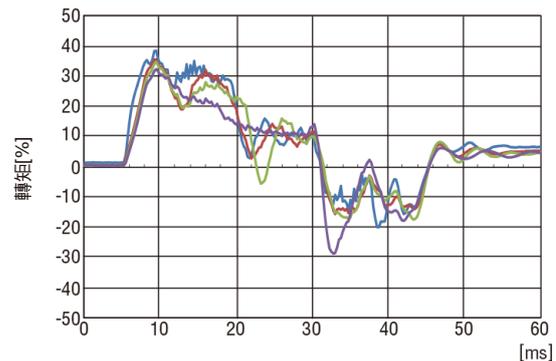


圖 15c 轉矩的變化

圖 15 對基本電流的變化

6. 動作說明與適用提案—應用篇 II

AZ 系列可由資料設定軟體「**MEXE02**」變更參數，因此變得更加便利。

6.1. 變更 I/O 功能（功能分配）

AZ 系列中用於操作作用的介面 I/O 有以下 3 種：

- Direct-I/O (D-I/O)：直接配線於連接器的 I/O 信號
- Remote-I/O (R-I/O)：
 - 主要可透過網路操作的 I/O
- 擴充 I/O：上述以外的操作作用 I/O

可自由地對此進行內部 I/O (掌管實際內部動作、狀態的 I/O 信號) 功能的分配 (連接設定) (參閱圖 16、圖 17)。此外，內部 I/O 有以下 3 種信號群：

- 內部輸入：進行動作起點及設定的輸入信號群
- 內部輸出：顯示內部狀態及動作等的輸出信號群
- 內部輸入-R 輸出：確認內部輸入的輸出信號群

AZ 系列脈波列型可分別針對 D-I/O 輸入 (圖中 D-IN 標示) 6 點、D-I/O 輸出 (圖中，D-OUT 標示) 6 點、差動輸出 2 點，以及位於驅動器正面的 LED 輸出 (RED)、LED 輸出 (GREEN)、HOME-PRESET 開關 (擴展輸入) 自由地進行功能分配 (注 2)。

由於也可分配功能無效，因此可將 HOME-PRESET 開關設為無效。

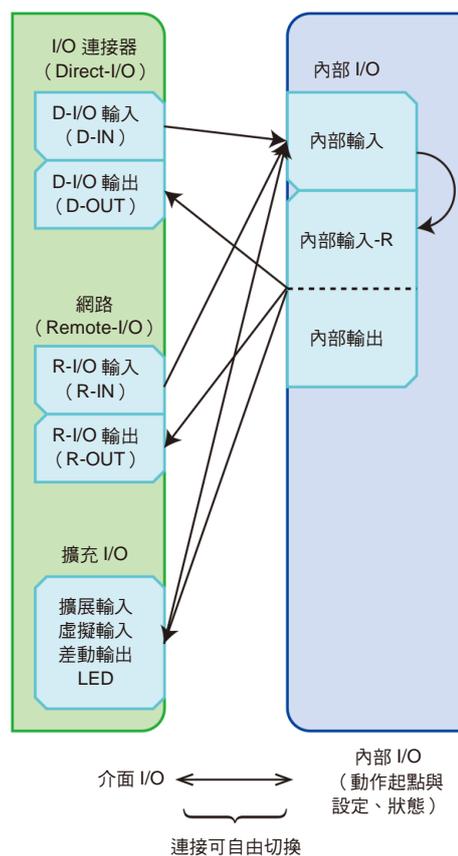


圖 16 各 I/O 的概略

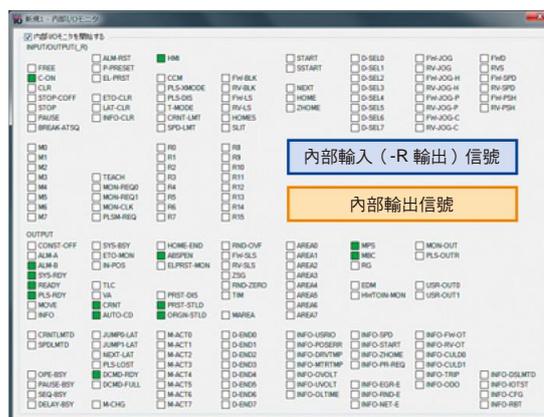


圖 17 可分配的所有內部 I/O (MEXE02「內部 I/O 監視」畫面)

(注 2) 僅有功能分配可變更，輸出入方向切換及電氣特性無法變更。

6.2. 配合上位變更 I/O 的連接功能

介面 I/O 除了具有內部 I/O 的功能分配外，還有為了配合上位調整連接的功能（參閱圖 18）。

入力機能	原点設定(逆号反転)	ON信号検出不感時間 (ms)	強制 1shot	エッジトリガ機能	
DIN0 (PULSE/フライバック)	START	反転しない	0	無効	未使用
DIN1 (PULSE/フライバック)	M0	反転しない	0	無効	未使用
DIN2 (PULSE/フライバック)	M1	反転しない	0	無効	未使用
DIN3 (PULSE/フライバック)	M2	反転しない	0	無効	未使用
DIN4	ZHOME	反転しない	0	無効	未使用
DIN5	FREE	反転しない	0	無効	未使用
DIN6	STOP	反転しない	0	無効	未使用
DIN7	ALM-RST	反転しない	0	無効	未使用
DIN8	FW-JOG	反転しない	0	無効	未使用
DIN9	RV-JOG	反転しない	0	無効	未使用

圖 18 D-I/O 輸入設定項目 (MEXE02 「Direct-IN 功能選擇 (D-IN)」畫面)

介面 I/O 的 D-I/O 輸入具有反轉 ON/OFF 的反轉功能（參閱圖 19）、可避免使用物理上開關時顫動的 ON 信號不檢測時間設定（參閱圖 20）、強制 1-shot（參閱圖 21）、以 1 點輸入同時控制 2 點內部 I/O 的複合輸入功能（參閱圖 22）等。D-I/O 輸出則具有輸出信號邏輯的信號反相功能、當所連接的上位反應速度較慢時設定 OFF 輸出延遲時間（參閱圖 23）、輸出 2 點內部 I/O 的邏輯合成的複合輸出等。

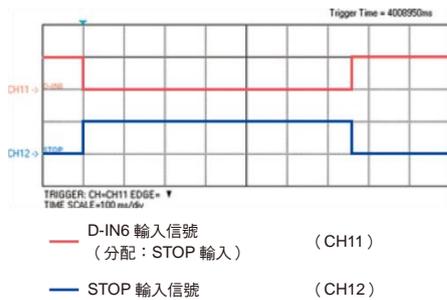


圖 19 反轉輸入信號

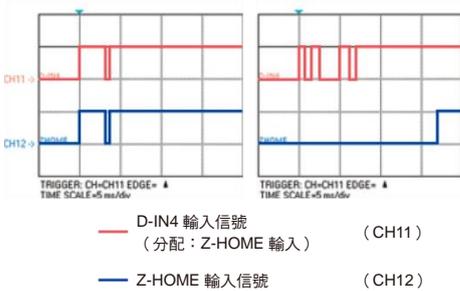


圖 20 輸入信號發生顫動時的波形 (左) 及 ON 信號不檢測時間設定 10ms 時的波形 (右)

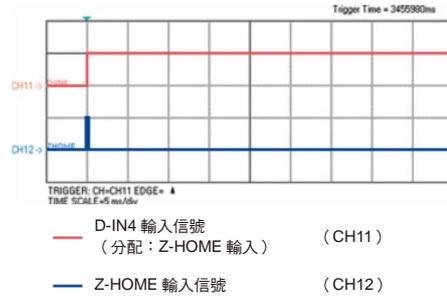


圖 21 輸入信號的 1-shot

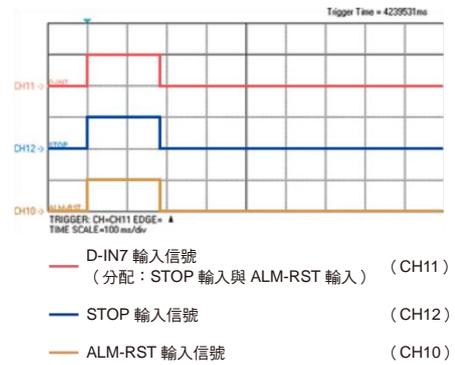


圖 22 輸入信號的複合輸入

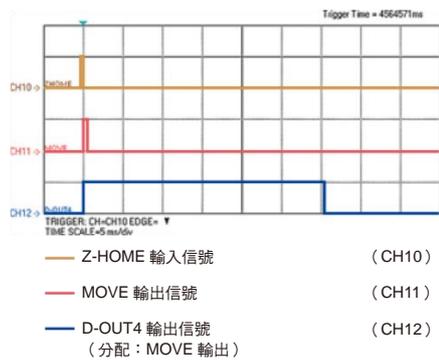


圖 23 設定輸出信號的 OFF 輸出延遲時間 30ms

6.3. 藉由區域信號減少區域檢知器

AZ 系列作為內部 I/O 具有 8 點區域信號。藉由變更各區域信號的輸出設定參數，可從電源起動時開始就如區域檢知器般，透過輸出顯示是否位於該領域中。

減少檢知器除了具備第 4.2 節所述的優點外，還具有以下優點：

- 欲變更信號輸出位置時，不須重新配置檢知器及變更擋塊
- 可從檢知器的檢知位置、指令位置選擇信號的反應標準

本節將實際進行 AREA0~2 信號設定，呈現出 AREA0~2 信號如何運作。

圖 25 為按照圖 24 設定 AREA0~2 信號時的輸出狀態。如同 AREA2 的設定，將+側的值設為低於-側的值，也可生成開啟區域。

運轉データ	I/O動作	機能	Direct-IN 機能選択(DIN)
AREA0 位置オフセット [step]			5000
AREA0 位置/判定距離 [step]			-100
AREA0 範圍指定方法			絶対値で範囲指定
AREA0 位置判定基準			検出位置基準
AREA1 位置オフセット [step]			10100
AREA1 位置/判定距離 [step]			5001
AREA1 範圍指定方法			絶対値で範囲指定
AREA1 位置判定基準			検出位置基準
AREA2 位置オフセット [step]			1000
AREA2 位置/判定距離 [step]			9000
AREA2 範圍指定方法			絶対値で範囲指定
AREA2 位置判定基準			検出位置基準

圖 24 AREA0~2 信號的設定

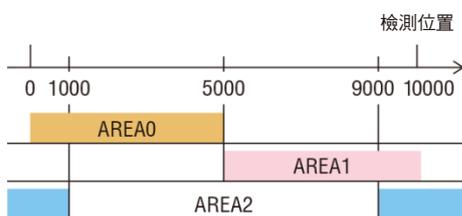
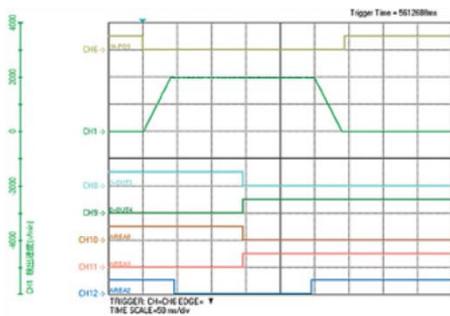


圖 25 AREA0~2 信號的輸出狀態

圖 26 為對 D-I/O 輸出的 D-OUT3 分配 AREA0、對 D-OUT4 分配 AREA1，並從原點開始進行移動量 10000 脈波的梯形運轉時的波形。從圖 26 的波形可知是按照圖 25 的輸出狀態在動作。AREA2 信號雖然未分配到介面 I/O 的 D-I/O 上，但仍然在動作。想這樣，內部 I/O 即使未分配到介面 I/O，內部依然在動作。



- IN-POS 輸出信號 (CH6)
- 檢知速度 1000r/min/div (CH1)
- D-OUT3 輸出信號 (CH8)
- D-OUT4 輸出信號 (CH9)
- AREA0 輸出信號 (CH10)
- AREA1 輸出信號 (CH11)
- AREA2 輸出信號 (CH12)

圖 26 AREA 信號的動作確認波形

6.4. 運轉中切換運轉電流

如 5.3.2 項所示，步進馬達可配合運轉條件、模式以調整電流，藉此達到減低發熱、消耗電力及振動的效果。

運轉時及停止時的電流如下：

- 運轉時：
「運轉電流 (A)」 = 「基本電流 (A)」 × 「運轉電流 (%)」
設定
- 停止時：
「停止電流 (A)」 = 「基本電流 (A)」 × 「停止電流 (%)」
設定

- 共用：
「基本電流 (A)」 = 「每個馬達的額定電流 (A)」
× 「基本電流 (%)」設定

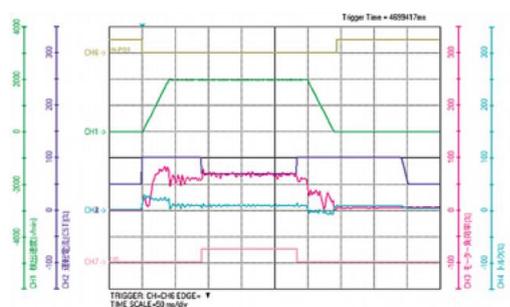
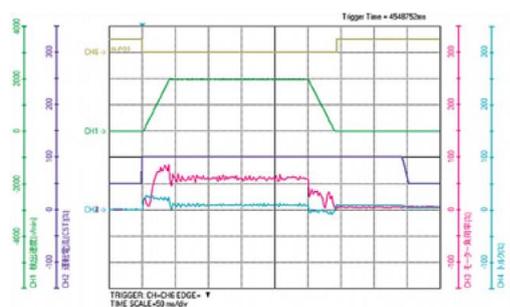
有關運轉時與停止時的切換，當自動電流下降功能為有效時，若非運轉狀態持續一段時間（設定時間），則會自動切換成「停止電流」（初期設定：有效、100ms）。若收到脈波輸入等運轉指令，變為運轉狀態時會即時切換成「運轉電流」。當自動電流下降功能為無效時，將會保持「運轉電流」的狀態。

雖然在 5.3.2 項中是使用位於驅動器正面的基本電流設定開關來調整，但亦可透過旋轉開關 (RotSW) 將「基本電流設定源」參數切換至參數，直接設定「基本電流[%]」參數 (100.0~0.0%)。此外，在不具備脈波輸入介面的「內藏定位功能型」中，僅可透過參數設定基本電流。

「運轉電流 (%)」為設定位於運轉資料 0~255 的「運轉電流[%]」（初期設定：100.0%，範圍：100.0~0.0%），透過選擇該運轉資料來採用該值。由於運轉資料有 256 筆，因此亦可設定 256 筆「運轉電流[%]」。此外，選擇運轉資料時，可透過以二進位輸入內部 I/O 輸入 M0~M7，選擇 0~255（全部 OFF⇒0、僅有 M0 為 ON⇒1、全部 ON⇒255）。

「停止電流 (%)」可於「停止電流[%]」參數（初期設定：50.0%、範圍：100.0~0.0%）處設定。

圖 27 為切換運轉電流後的運轉結果示例。有關設定部分，將運轉資料編號 0 的「運轉電流[%]」維持在 100.0%，將運轉資料編號 1 的「運轉電流[%]」設為 70.0%，並處於將「M0」分配至 D-IN7 的狀態。運轉則是透過使用如圖 6 所示之皮帶折返機構的滑台，以適當的梯形運轉驅動。此外，於適當的時機將 D-IN7 設為 ON，比較切換運轉電流狀態的運轉及未切換狀態的運轉。



- (由上開始)
- IN-POS 輸出信號 (CH6)
- 檢知速度 1000r/min/div (CH1)
- (以下，從下方第 3div 為原點)
- 運轉電流 (CST) 50% /div (CH2)
- 馬達負載率 50% /div (CH3)
- 轉矩 50% /div (CH4)
- (僅下圖)
- M0 輸入信號 (CH7)

圖 27 運轉電流切換時的波形範例
(上：未切換、下：有切換)

根據圖 27 (上)，在 CH1 檢知速度的一定速區間中，CH3 馬達負載率約為 60%。在圖 27 (下) 中，可知 CH7 的 M0 信號在 ON 時，透過運轉編號選擇由 No.0 變為 No.1 後，CH2 運轉電流從 100.0% 變為 70.0%。在變為 70.0% 時，雖然馬達負載率會稍微上升至約 70%，但從圖表亦可知，顯示整定的 CH6 的 IN-POS 信號的時間不會改變。

像這樣，在 AZ 系列中，即可在任意時機從 I/O 輸入切換脈波列動作時的運轉電流。藉由這樣順利地切換，可減低發熱及消耗電力等，不會對整定時間造成影響。

6.5. 自動切換運轉電流

AZ 系列除了具有可由 I/O 連接器直接控制的 Direct-I/O，以及主要可由網路控制的 Remote-I/O 外，還有一些擴充 I/O。本節將使用擴充 I/O 之一的虛擬輸入，說明以絕對位置標準自動切換運轉電流的範例。

虛擬輸入為由內部 I/O 生成虛擬輸入信號的功能，有 VIR-IN0~VIR-IN3 等 4 點。因此，設定時必須對各輸入進行連接位置的內部 I/O 分配、對成為信號生成源的內部 I/O 進行功能選擇。此外，D-I/O 輸入也一樣，可作為 I/O 控制用設定，設定信號反相設定、ON 信號不檢測(檢知延遲)、強制 1-shot。

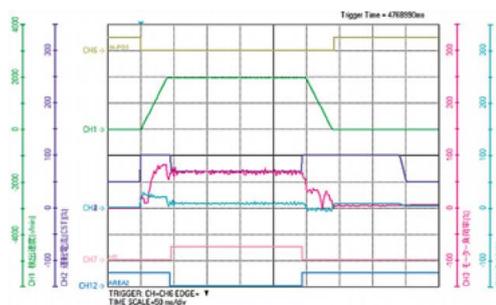
本節使用於 6.3 節所示的 AREA 設定，以及於 6.4 節所示的運轉電流的切換設定。於 6.3 節所示的 AREA2 信號如圖 26 所示，在梯形運轉的最初及最後皆成為呈現 ON 的信號。反轉此內部 I/O 輸出 AREA2 信號，對在 6.4 節作為運轉電流切換信號的內部 I/O 輸入 M0 信號使用虛擬輸入 VIR-IN0 並連接(參閱圖 28)。

七ター、複精(座標)/UG/原点	仮想入力(VIR-IN0) 機能選択	M0
ETO・Alarm・Info設定	仮想入力(VIR-IN0) 源機能選択決定	AREA2
I/O動作・機能	仮想入力(VIR-IN0) 接点設定(常号反転)	反転する
Direct-IN 機能選択(DIN)	仮想入力(VIR-IN0) ON信号検出不感時間 [ms]	0
Direct-OUT 機能選択(DOUT)	仮想入力(VIR-IN0) 強制1shot	無効
Remote-I/O 機能選択(RS-485)		
EXT-IN・VIR-IN・USR-OUT 機能		
通信・I/F機能		

圖 28 虛擬輸入 (VIR-IN0) 的設定

圖 29 為進行 6.3 節的 AREA 設定、6.4 節的運轉電流設定以及 VIR-IN0 的設定，並實際使其梯形運轉的動作波形。根據圖 29 的動作波形，可知在 AREA2 信號為 OFF 時，M0 信號會變為 ON 並選擇運轉資料 1，運轉電流自動變成 70.0%。

像這樣，在 AZ 系列中，可從 I/O 輸入進行許多該動作的切換。此外，由於可從 I/O 輸出各種狀態，因此可使用虛擬輸入使其自動進行 I/O 控制，藉此減少上位的處理。



- (由上開始)
- IN-POS 輸出信號 (CH6)
- 檢知速度 1000r/min/div (CH1)
- (以下 3 種，從下方第 3div 為原點)
- 運轉電流 (CST) 50% /div (CH2)
- 馬達負載率 50% /div (CH3)
- 轉矩 50% /div (CH4)
- (下側 2 信號)
- M0 輸入信號 (CH7)
- AREA2 輸出信號 (CH12)

圖 29 運轉電流自動控制時的動作波形

6.6. 藉由脈波進行速度控制運轉

由於 **AZ** 系列可流暢地失步，因此可使用脈波頻率作為速度指令以進行速度控制。相較於 AGV 的驅動輪及搬運皮帶等正確定位，欲從上位控制速度、轉矩時將非常有效。

圖 30 為 α STEP 的位置偏差與輸出轉矩的關係。在一般的 α STEP 控制中，當位置偏差超過 1.8°時就會切換至閉回路模式，從檢知位置進行最大轉矩的激磁位置控制。接著持續監視位置偏差，當位置偏差回到 1.8°以內後就會切回開回路模式。

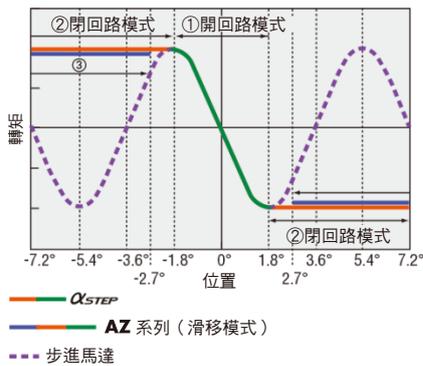


圖 30 AZ 系列滑移模式動作

即使是 **AZ** 系列，在一般的定位控制時也會進行相同的動作。但是，在速度控制運轉、轉矩控制運轉、推壓控制運轉等滑移模式運轉中，為了在圖 30 的領域③持續維持位置偏差 2.7°，除了激磁位置外，指令位置也會自動錯開（滑移動作）。像這樣，藉由捨棄（截去）達一定值以上的位置偏差——雖然作為定位控制將無法遵守所指令的移動量（脈波量），但在轉矩足夠的範圍內，可進行使用脈波頻率作為速度指令的速度控制運轉、轉矩控制運轉、推壓控制運轉。

一般 50 齒的步進馬達失步時的偏移角度為 7.2°，每 7.2°會輸出成為正弦波的轉矩。對此，**AZ** 系列的滑移動作時的指令位置與激磁位置，會以超過 10 萬的內部解析度偏移，偏移時的轉矩為最大轉矩，並會維持一定的轉矩（依速度、電流設定產生變化）。在 **AZ** 系列稱此為流暢的失步。之後，回到定位控制時，將依該解析度最近的位置設為指令位置。

圖 31 為從外部稍微強制轉動轉子後，再開放時的位置偏差、檢知位置、TLC 信號的波形。圖 31 上方為一般的定位控制狀態，圖 31 下方為滑移模式時的波形。

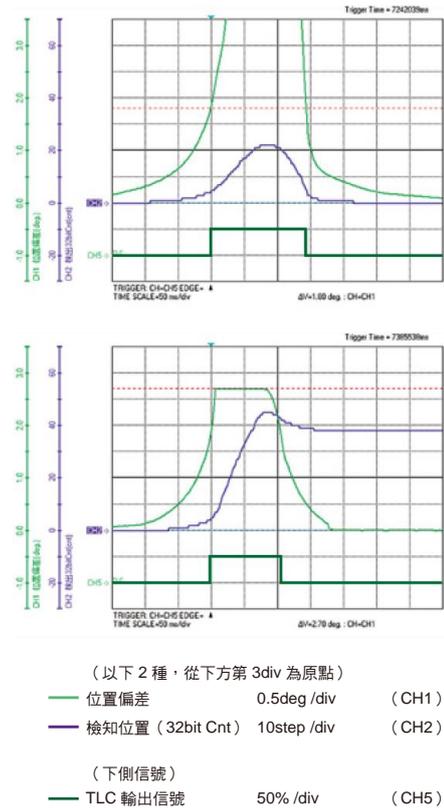


圖 31 從外部強制轉動轉子時的位置偏差
(上：一般的定位控制，下：滑移模式)

在圖 31 的上圖中，當位置偏差為 1.8°時，TLC 信號會變為 ON。再開放後，當 TLC 信號的位置偏差低於 1.8°時就會回到 OFF。最後可知檢知位置也會回到原來的位置。

在圖 31 的下圖中，當位置偏差一樣變成 1.8°時，TLC 信號會變為 ON。但是，之後在位置偏差為 2.7°時被截去。由於開放後的指令位置也偏移，可知未回到原來的位置。

為了在脈波列運轉中進入滑移模式，應在 MACRO 運轉或 SD 運轉時以速度指令 0 將滑移模式的運轉起動。**AZ** 系列中幾乎所有運轉狀態都可在重疊脈波列動作的狀態下運轉，因此該動作得以實現。

實際的設定範例如下：

- 運轉資料 0 的速度指令 0
- 對 D-IN 的某處分配滑移模式的 MACRO 運轉起動 (FW-SPD、RV-SPD、FW-PSH、RV-PSH)
- 將分配的 D-IN 設為 ON 後脈波輸入

在運轉中切換電流時，可使用 6.4 節所示的方法切換。此時，用於切換的運轉資料速度也必須設為 0。

在指令速度 0 的狀態下運轉時，FW-SPD、RV-SPD、FW-PSH、RV-PSH 之中的 FW 與 RV 沒有差異。-SPD 與 -PSH 的差異在於，-SPD 在閉回路模式下有過負載 Alarm 判定，-PSH 則無判定。

在圖 32、圖 33 中，為了讓滑移模式的特徵更加清晰，將輸入脈波設為無加減速，顯示以 2 階段速度使之動作時的波形。負載部分，2 種慣性直接連結到 **AZM66AK**，呈現機構部沒有摩擦的動作結果。

針對步級狀的速度指令輸入，在定位控制、滑移模式到達指令速度前，會以該速度的最大轉矩（馬達負載率 100%）加速。進行指令速度前的加速後，與定位控制相比，可知在滑移模式中的速度過衝（OVERSHOOT）較小。原因在於，加速時，無法追上位置指令的輸入脈波，而以滑移模式將累積脈波的位置偏差截在 2.7°。因此，轉速會隨著到達指令時的速度過衝（OVERSHOOT）量的累積脈波變小而跟著變小。由於定位控制沒有累積脈波（位置偏差）的截去處理，因此會針對輸入的脈波數來進行動作。因此，轉速到達指令以後，也會加速以大幅減少所累積的累積脈波。其結果即為呈現大的速度過衝（OVERSHOOT）。

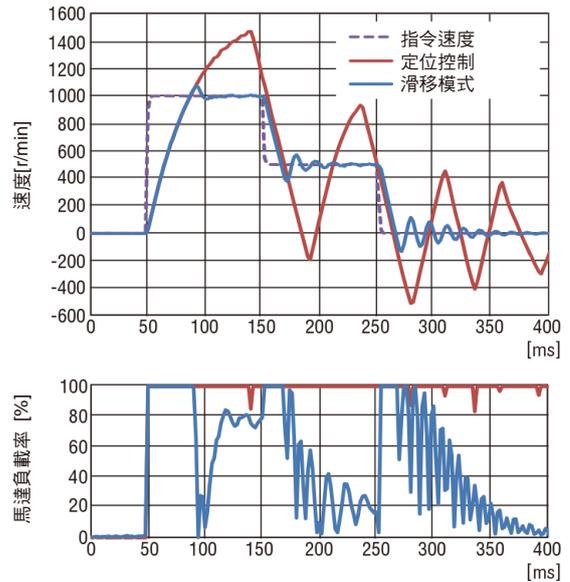


圖 33 無加減速的 2 段速動作
(負載慣性：轉子慣性的 6.8 倍)

6.7. 在上位取得絕對位置 1 (利用 I/O 取得)

除了可根據區域信號檢知大致位置外，也可在 Z-HOME 後，透過計數器組合計算 A/B 相位差輸出信號後取得現在位置。此外，藉由從電源起動狀態使用 I/O 位置輸出功能，即使沒有通訊功能，也能取得現在位置。

所謂 I/O 位置輸出功能，是指將檢知位置、指令位置、Alarm 資訊等資訊透過 I/O 信號傳達至上位系統的功能。方法是輸入 MON-REQ0 或 MON-REQ1 後，透過控制 MON-CLK 輸入以使 MON-OUT 輸出動作，藉此取得資訊（參閱圖 34）。

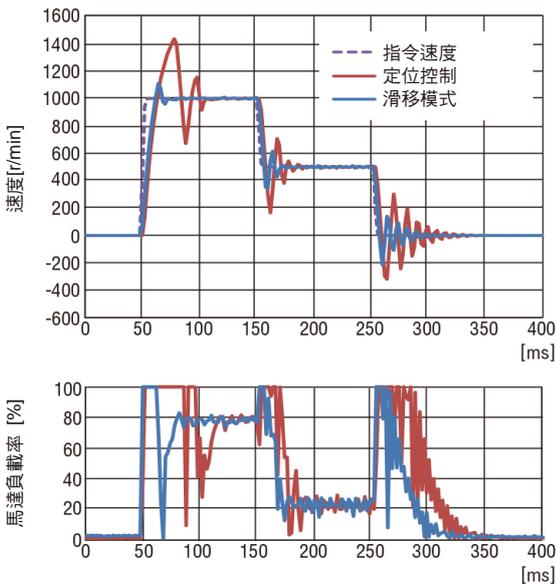


圖 32 無加減速的 2 段速動作
(負載慣性：轉子慣性的 1.4 倍)

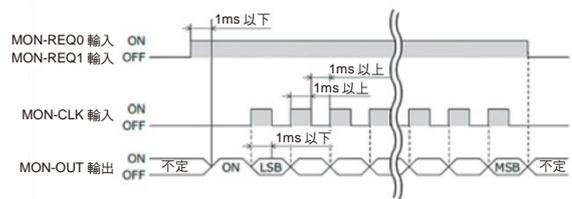


圖 34 I/O 位置輸出功能動作

6.8. 在上位取得絕對位置 2 (利用脈波計數器取得)

若上位系統具有脈波 (編碼器) 的計數器組合, 就能藉由脈波要求功能更容易地取得現在位置。

取得現在位置的步驟為, 先將 PLSM-REQ 輸入設為 ON, 將變成 A/B 相位差輸出的差動輸出切換至相位差輸出方式的現在位置輸出。透過清除上位系統的計數器, 將 MON-CLK 輸入設為 ON, AZD 驅動器會輸出現在位置部分的脈波。脈波輸出後, PLSOUTR 信號會變為 OFF, 因此在上位側確認 OFF 後, 只要確認此時的計數器值, 就會是現在位置。視情況完成上位系統的計數器清除後, 藉由將 PLSM-REQ 輸入設為 OFF, 差動輸出會再次回到 A/B 相位差輸出的模式 (參閱圖 35)。

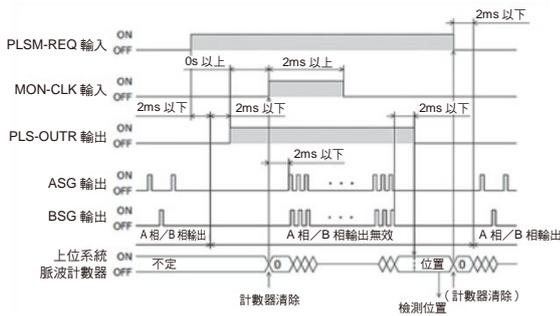
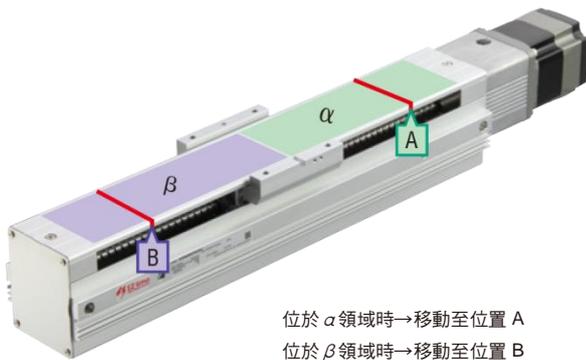


圖 35 脈波要求功能動作

7. 動作說明與適用提案—應用篇 III

本章將簡單介紹已成為 AZ 系列標準配備的資料儲存運轉 (SD 運轉)。此外, 作為透過使用 SD 運轉達到減少上位負載的動作範例, 將以 I/O 輸入 1 點的控制, 配合此時的位置, 介紹使之移動至指定位置的方法 (參閱圖 36)。



位於 α 領域時 → 移動至位置 A
 位於 β 領域時 → 移動至位置 B

圖 36 減少上位負載的動作範例
 (配合此時的位置, 移動至指定位置)

7.1. 驅動器類型與運轉種類

AZ 系列標準配備 SD 運轉, SD 運轉以往即專門搭載於內藏定位功能型。此外, 內藏定位功能型新增功能, 可對應可透過通訊指示直接運轉的直接資料運轉。

圖 37 為將 AZ 系列中可採用的運轉種類之彙整。MACRO 運轉是共用的運轉方式之一, 是透過 FW-SPD、RV-SPD 等輸入信號, 使用運轉資料的速度、運轉電流、變速斜率、停止斜率、部分參數, 以 I/O 輸入 1 點控制正轉 (或逆轉)、停止的功能。原點復歸運轉是以 HOME 輸入以進行原點復歸的功能。原點復歸方法可從 2 檢知器式、3 檢知器式、單向運轉、推壓等 4 種中以參數選擇。



圖 37 驅動器類型與運轉種類

7.2. 資料儲存運轉與簡易編程功能

SD 運轉是透過 I/O 及通訊選擇事先登錄於運轉資料中的運轉模式(位置、速度、運轉電流等),再以 START 輸入及 SSTART 輸入起動的運轉方法。

其運轉方式的運轉種類如表 2 所示。可透過連結個別的運轉資料,建立簡易的程序。連結方法有以下幾項。

- 於每次結束運轉時等待 SSTART 輸入的手動連結
- 逐一運轉每個資料,並自動起動下一個資料的自動連結
- 連結多個資料(多段變速)的形狀連結

此外,連結處可自由選擇 256 個資料編號。

具有 Loop 功能及運轉 I/O Event (強弱 2 階段),作為補強運轉結合的功能。Loop 功能是一種可讓某一運轉資料到某一運轉資料間重複運轉的功能。此外,為了疊棧等用途,還具有依照 Loop 次數,將位置指令逐一以固定值錯開的功能。

強弱的運轉 I/O Event 是一種檢知出指定內部 I/O 的指定動作(邊緣、級別)後,將目前的運轉強制與指定運轉資料結合的功能。運轉 I/O Event 除了 256 個運轉資料外,還可設定 32 個。接著,藉由對運轉資料的強 Event 及弱 Event 設定已設定好的運轉 I/O Event 編號來動作。藉由使用此運轉 I/O Event,可在分歧、運轉中中斷運轉使之起動等。

表 2 資料儲存運轉 (SD 運轉) – 運轉方式

目標位置設定方法	運轉方式	說明
定位 SD 運轉 在運轉資料中設定馬達運轉速度和位置(移動量)等,將從現在位置朝向目標位置進行梯形驅動。		
絕對定位(絕對式)	絕對定位	設定距原點的位置,朝向目標位置進行定位運轉
循環絕對定位 (循環絕對式)	循環絕對定位	在循環範圍內設定位置,朝向目標位置進行定位運轉
	循環捷徑定位	對循環範圍內的目標位置,以最短距離進行運轉
	循環 FWD 方向定位	對循環範圍內的目標位置,以 FWD 方向進行運轉
	循環 RVS 方向定位	對循環範圍內的目標位置,以 RVS 方向進行運轉
相對定位 (增量式)	相對定位(指令位置(CPOS)標準)	從現在的指令位置朝目標位置進行定位運轉
	相對定位(檢知位置(FBPOS)標準)	從現在的檢知位置朝目標位置進行定位運轉
定位推壓 SD 運轉 在運轉資料中設定馬達運轉速度和位置(移動量)等,將從現在位置朝向目標位置進行自起動運轉。此外,可判斷運轉中是否引起與負載的推壓。		
目標位置設定方法	運轉方式	說明
絕對定位(絕對式)	絕對定位推壓	從現在位置朝向目標位置,以自起動運轉進行推壓
循環絕對定位 (循環絕對式)	循環絕對定位推壓	在循環範圍內設定位置,朝向目標位置以自起動運轉進行推壓
	循環捷徑定位推壓	對循環範圍內的目標位置,以最短距離進行自起動運轉的推壓
	循環 FWD 方向定位推壓	對循環範圍內的目標位置,以 FWD 方向進行自起動運轉的推壓
	循環 RVS 方向定位推壓	對循環範圍內的目標位置,以 RVS 方向進行自起動運轉的推壓
相對定位 (增量式)	相對定位推壓(指令位置(CPOS)標準)	從現在的指令位置朝向目標位置,以自起動運轉進行推壓
	相對定位推壓(檢知位置(FBPOS)標準)	從現在的檢知位置朝向目標位置,以自起動運轉進行推壓
連續 SD 運轉 以指定運轉速度連續運轉。		
運轉方式	說明	
連續運轉(位置控制)	以一定速度為標準,一面監視位置偏差,一面運轉	
連續運轉(速度控制)	以一定速度為標準進行運轉	
連續運轉(推壓)	在一定速度中,對負載進行持續加壓的運轉	
連續運轉(轉矩)	以一定速度的自起動運轉,對負載進行持續加壓的運轉	

7.3. 往原點以外進行絕對定位運轉（SD 運轉使用範例）

Z-HOME 雖然只是返回原點的運轉，但使用 SD 運轉的絕對定位運轉，即可透過 I/O 輸入 1 點的控制，配合此時的位置，移動至原點以外的位置。

概要如圖 38 所示。欲於位於領域 α 時運轉至位置 A、位於領域 β 時運轉至位置 B。

首先，設定 AREA0 的參數，讓 AREA0 信號在領域 β 變為 ON。接著，在運轉編號 0 設定到位置 A 的絕對定位，在運轉編號 1 設定到位置 B 的絕對定位。最後，設定 AREA0 作為輸入源的虛擬輸入，以控制 M0 輸入。

在此狀態下，使用 START 輸入代替 Z-HOME 輸入，如此一來，位於領域 α 時，運轉編號 0 會起動，移動至位置 A，AREA0 信號變為 OFF。位於領域 β 時，運轉編號 1 會起動，移動至位置 B，AREA0 信號變為 ON。此時，若運轉完成用的 IN-POS、確認其位於 A、B 任一位置用的 AREA0 信號在上位檢知出來，則可確認其已運轉至何處。

像這樣，可透過 I/O 輸入 1 點的控制，配合此時的位置，事先移動至指定的位置。

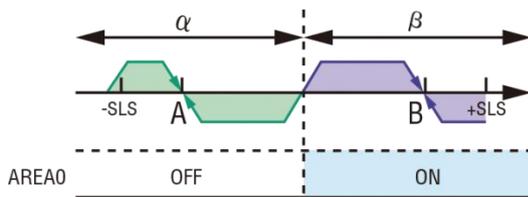


圖 38 依據條件移動位置的變更範例

8. 總結

AZ 系列是搭載無需電池多圈數絕對式編碼器 ABZO 編碼器的閉回路步進馬達組合 **QSTEP** 的其中之一。大幅整合以往功能大不同的「脈波列輸入型」及「內藏定位功能型」的功能。此外，「脈波列輸入型」也能以無需電池的 ABZO 編碼器的形式，使用標準的絕對式系統。

不論是 2 階層化的 I/O 功能概念，還是擁有能對應編程功能之資料儲存運轉的 **AZ** 系列，都是讓客戶可以透過雙手創造出新運轉、新功能的商品。相信 **AZ** 系列的每一項的特色，都能有助於客戶降低生產線運用成本、降低系統整體負載、提升處理速度及穩定性。

本公司今後也將持續致力於開發出能創造、提案新動作的商品。

參考文獻

- (1) 寶田明彥，〈**QSTEP**的驅動方式及特徵〉，RENGA，No 159（1999），pp6-11
- (2) 佐藤靖雄，〈不失步步進馬達組合 **AR** 系列的低損失化技術〉，RENGA，No 170（2008），pp4-10
- (3) 菅野毅，〈新概念 FLEX 及 FLEX 商品群的介紹〉，RENGA，No 176（2012），pp4-13
- (4) 小松澤誠一，〈不失步步進馬達組合 **AR** 系列之開發〉，RENGA，No 169（2007），pp4-12
- (5) 根岸德行，〈無需電池的多圈數絕對式編碼器之開發〉，RENGA，No 179（2014），pp18-21

作者



古田 雅治

回路事業部