

(21) 申請案號：112136456

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 09 月 23 日

(51) Int. Cl.:

H02P29/40 (2016.01)

H02M3/00 (2006.01)

(30) 優先權：2022/10/14

世界智慧財產權組織

PCT/JP2022/038366

(71) 申請人：日商發那科股份有限公司 (日本) FANUC CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：森橋諒 MORIHASHI, RYOU (JP)；篠田翔吾 SHINODA, SHOUGO (JP)

(74) 代理人：劉法正；尹重君

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：2 共 16 頁

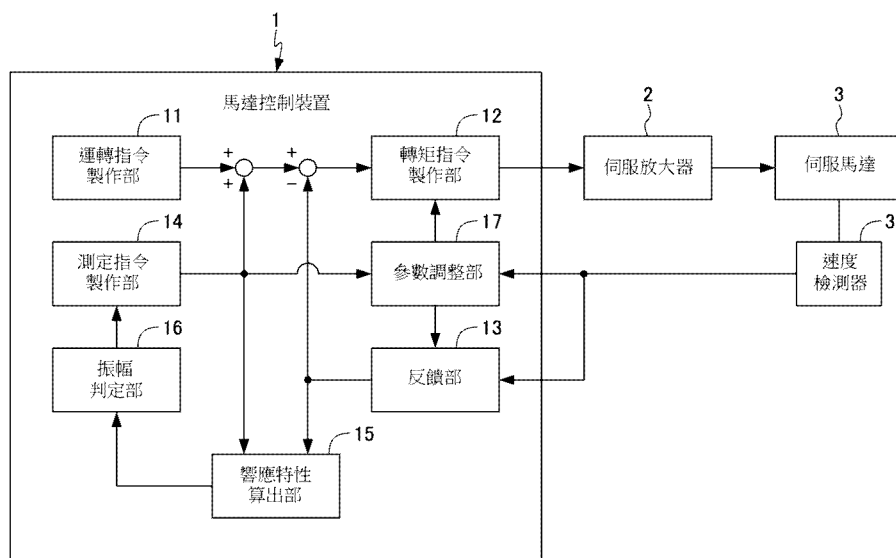
(54) 名稱

馬達控制裝置

(57) 摘要

可將控制特性最佳化的本揭示之一態樣的馬達控制裝置具備：轉矩指令製作部，因應於輸入的速度指令來製作用以驅動馬達的轉矩指令；運轉指令製作部，為了運轉前述馬達，而製作要輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令即運轉指令；測定指令製作部，為了前述轉矩指令製作部的調整而製作測定指令，前述測定指令是輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令、或驅動前述馬達的前述轉矩指令；響應特性算出部，算出表示響應特性的響應特性值，前述響應特性是前述馬達的速度檢測值之相對於前述測定指令的響應特性；及振幅判定部，當前述響應特性值不滿足預定的判定條件時，使前述測定指令製作部變更前述測定指令的振幅。

指定代表圖：



符號簡單說明：

1: 馬達控制裝置

2: 伺服放大器

3: 伺服馬達(馬達)

11: 運轉指令製作部

12: 轉矩指令製作部

13: 反饋部

14: 測定指令製作部

15: 響應特性算出部

16: 振幅判定部

17: 參數調整部

31: 速度檢測器

【圖1】

【發明摘要】

【中文發明名稱】

馬達控制裝置

【中文】

可將控制特性最佳化的本揭示之一態樣的馬達控制裝置具備：轉矩指令製作部，因應於輸入的速度指令來製作用以驅動馬達的轉矩指令；運轉指令製作部，為了運轉前述馬達，而製作要輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令即運轉指令；測定指令製作部，為了前述轉矩指令製作部的調整而製作測定指令，前述測定指令是輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令、或驅動前述馬達的前述轉矩指令；響應特性算出部，算出表示響應特性的響應特性值，前述響應特性是前述馬達的速度檢測值之相對於前述測定指令的響應特性；及振幅判定部，當前述響應特性值不滿足預定的判定條件時，使前述測定指令製作部變更前述測定指令的振幅。

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 1:馬達控制裝置
- 2:伺服放大器
- 3:伺服馬達(馬達)
- 11:運轉指令製作部
- 12:轉矩指令製作部
- 13:反饋部
- 14:測定指令製作部
- 15:響應特性算出部
- 16:振幅判定部
- 17:參數調整部
- 31:速度檢測器

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

馬達控制裝置

【技術領域】

發明領域

【0001】 本發明是有關於一種馬達控制裝置。

【先前技術】

發明背景

【0002】 藉由將供給到馬達的電流進行反饋控制來使馬達以目標速度動作的馬達控制裝置廣泛地被利用。當馬達的負載等變更時，馬達的響應特性會變化。因此，期望的是可藉由調整反饋迴路的增益、濾波等參數(設定值)，來防止共振等並適當地控制馬達的速度。

【0003】 因此，提案了一種變更控制迴路的設定之技術，前述變更控制迴路的設定之技術可確認相對於馬達輸出的目標速度之頻率響應特性，並適當地控制馬達。具體而言，提案了以下的技術：對馬達的控制迴路，輸入正弦波狀地變化的調整用的目標速度，掃描該目標速度的頻率，並且檢測實際的馬達的速度，藉此確認頻率響應特性(例如參考專利文獻1)。

先行技術文獻

專利文獻

【0004】 [專利文獻1]日本特開第2018-128734號公報

【發明內容】

發明概要

發明欲解決之課題

【0005】 確認馬達的頻率響應特性時，若目標速度的振幅過小，因摩擦等

所造成的測定誤差有可能變大，另一方面，若目標速度的振幅過大，恐有因支撐馬達的構造或附加的撓曲等造成測定誤差變大、或產生振盪的疑慮。因此，期望一種可最佳化控制特性的技術。

用以解決課題之手段

【0006】 本揭示之一態樣的馬達控制裝置具備：轉矩指令製作部，因應於輸入的速度指令來製作用以驅動馬達的轉矩指令；運轉指令製作部，為了運轉前述馬達，而製作要輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令即運轉指令；測定指令製作部，為了前述轉矩指令製作部的調整而製作測定指令，前述測定指令是輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令、或驅動前述馬達的前述轉矩指令；響應特性算出部，算出表示響應特性的響應特性值，前述響應特性是前述馬達的速度檢測值之相對於前述測定指令的響應特性；及振幅判定部，當前述響應特性值不滿足預定的判定條件時，使前述測定指令製作部變更前述測定指令的振幅。

發明效果

【0007】 若依據本揭示，可最佳化控制特性。

【圖式簡單說明】

【0008】 圖1是表示本揭示之一實施形態的馬達控制裝置的構成之方塊圖。

圖2是表示圖1的馬達控制裝置之測定指令的振幅調整的順序之流程圖。

【實施方式】

用以實施發明之形態

【0009】 以下，就本揭示的實施形態，一邊參考圖式一邊加以說明。圖1是表示本揭示之一實施形態的馬達控制裝置1的構成之方塊圖。

【0010】 馬達控制裝置1是透過伺服放大器2控制伺服馬達3。也就是說，馬達控制裝置1對伺服放大器2輸入轉矩指令，前述轉矩指令用以指定為了使馬達3以當時的目標速度動作所需的轉矩。馬達控制裝置1構成為進行以下的反饋控

制：確認用以檢測馬達3的速度之速度檢測器31的檢測值，來最佳化轉矩指令。

【0011】馬達控制裝置1具備：運轉指令製作部11、轉矩指令製作部12、反饋部13、測定指令製作部14、響應特性算出部15、振幅判定部16及參數調整部17。馬達控制裝置1可藉由以下來實現：使具有記憶體、處理器、輸入輸出介面等之1個或複數個電腦裝置執行適當的控制程式。馬達控制裝置1的各構成要素是將馬達控制裝置1的功能加以分類者，也可以不是在物理構成及程式構成上可明確地區分者。

【0012】運轉指令製作部11為了運轉馬達3，而製作要輸入於轉矩指令製作部的速度指令即運轉指令。運轉指令製作部11讀取對馬達3要求的動作，也就是讀取用以特定出馬達3的速度的變化波形之資料，例如以G代碼之語言所記述的動作程式等，並且按照動作程式，連續地輸出用以表示使馬達3動作時的馬達3的旋轉速度之值。

【0013】轉矩指令製作部12因應於輸入的速度指令來製作馬達的轉矩指令。轉矩指令製作部12亦可包含將輸入或輸出予以放大之放大器、降低輸入或輸出的特定的頻率成分之濾波器等。也就是說，轉矩指令製作部12的傳遞函數可為他項函數，轉矩指令製作部12的特性也就是傳遞函數，可藉由1個或複數個參數的修正來進行調整。

【0014】反饋部13取得速度檢測器31的速度檢測值，因應需要施加處理，並反饋給轉矩指令製作部12。也就是說，反饋部13將速度檢測值、或速度檢測值經加工後的值，重疊於從運轉指令製作部11輸出的運轉指令，並輸入於轉矩指令製作部12。在一般的構成中，速度檢測值是反向加算於運轉指令。又，反饋部13亦可進行檢測值之資料形式、位元率等的轉換，亦可包含放大器、濾波器等，且反饋部13的傳遞函數也可藉由參數的修正來進行調整。

【0015】測定指令製作部14為了調整轉矩指令製作部12及反饋部13的參

數，而製作用來對伺服放大器2輸入適當的轉矩指令之測定指令。測定指令既可以是輸入於轉矩指令製作部12的速度指令，也可以是直接輸入於伺服放大器2的轉矩指令。本實施形態的測定指令製作部14構成為基於用以特定測定指令的波形、頻率、振幅等之資料，生成對轉矩指令製作部12輸入的速度指令。測定指令製作部14亦可與運轉指令製作部11一體地構成。也就是說，測定指令製作部14亦可構成為使運轉指令製作部11參考不同的資料，藉此製作測定指令。

【0016】 作為測定指令，有正弦波狀、矩形波狀、三角波狀等週期性的加振指令；固定加速度的斜坡狀指令；脈衝狀指令；M序列訊號狀之具有不規則性的指令等，可因應於要在響應特性算出部15中算出的響應特性值來進行選擇，但典型可採用正弦波訊號。又，為了在響應特性算出部15算出表示頻率響應特性的響應特性值，測定指令製作部14宜構成為掃描週期性的測定指令的頻率，也就是使頻率連續地變化。

【0017】 測定指令製作部14構成為可按照來自振幅判定部16的指示而變更測定指令的振幅。測定指令製作部14宜將測定指令的振幅的初始值設成足夠小的值，並按照來自振幅判定部16的指示，使測定指令的振幅逐漸地變大。藉此，能夠以比較簡單的控制，一邊抑制響應的發散，一邊特定出適當的測定指令的振幅。

【0018】 響應特性算出部15算出表示響應特性的響應特性值，前述響應特性是相對於測定指令之速度檢測值的響應特性。響應特性算出部15宜依測定指令的每個頻率，算出相對於正弦波狀的測定指令之速度檢測值的增益及相位差之至少一者，以作為響應特性值，也就是說，宜算出頻率響應特性。基於響應特性算出部15算出的頻率響應特性，來適正化測定指令的振幅，藉此可適當地進行基於公知技術、且利用了頻率響應特性之控制迴路的最佳化。

【0019】 振幅判定部16在響應特性值不滿足預定的判定條件時，令測定指

令製作部14變更測定指令的振幅。如上述，宜構成為將測定指令的振幅的初始值設成足夠小的值，且振幅判定部16是在響應特性值不滿足判定條件時令振幅增大。

【0020】判定條件亦可為：增益的最大值與最小值之差在事先設定的判定閾值以下。當測定指令的振幅不適當時，特定的頻率域的增益有可能會因為例如摩擦等的影響而異常地變小，或因為例如機械的共振等的影響而異常地變大。因此，在增益的最大值與最小值之差足夠小的情況下，可判斷為並未產生該不妥的現象。

【0021】判定條件亦可為：事先設定的頻率範圍的增益在事先設定的判定閾值以上。又，判定條件亦可為：事先設定的頻率範圍的增益之相對於其他頻率範圍或全頻率範圍的增益之比，在事先設定的判定閾值以上。例如，因摩擦等所造成的增益的低下，其發生的頻率範圍事先可預想到的情況並不少。因此，在相對於事先設定的頻率範圍的增益或其他頻率範圍的增益之比足夠大的情況下，可判斷為設想到的因摩擦等所造成的不良影響並未產生。

【0022】判定條件亦可為：測定指令的頻率之掃描初期中的增益在事先設定的判定閾值以上。例如因摩擦等所造成的增益的低下，在低頻率域特別容易產生，因此，在頻率之掃描初期中的增益足夠大的情況下，可判斷為設想到的因摩擦等所造成的不良影響並未產生。

【0023】判定條件亦可為：變更測定指令的振幅前與變更測定指令的振幅後的增益的代表值之差，在事先設定的判定閾值以下。例如因摩擦等所造成的增益的低下量，在因應於測定指令的振幅而變化時較多。因此，即使變更測定指令的振幅，增益也沒有大幅地變化時，可判斷為設想到的因摩擦等所造成的不良影響並未產生。

【0024】振幅判定部16亦可構成為：在當響應特性值達到事先設定的界限

值時，使測定指令的振幅回到前1個值，並且使不滿足判定條件時的測定指令的振幅的變更量變小。在當響應特性值達到事先設定的界限值時，例如增益或相位差變得過大的話，很有可能是測定指令的振幅的變更量過大，通過了最佳的振幅。因此，宜使測定指令的振幅回到前1個值，使振幅的變更量變小，重新探索測定指令的最佳的振幅。

【0025】 振幅判定部16可將測定指令的振幅的變更量設成固定值，也可將測定指令的振幅的變更量設成以振幅的現在值為變數的遞增函數，例如1次函數或2次函數的值。藉由像這樣最佳化測定指令的振幅的變更量，可有效率地特定出測定指令的適當的振幅。

【0026】 振幅判定部16亦可因應於響應特性值來調整測定指令的振幅的變更量。例如當判斷為增益過度地小時，可想到的是，藉由使振幅的變更量變大，可更有效率地特定出測定指令的適當的振幅。

【0027】 振幅判定部16亦可構成為，當判定為不滿足判定條件時，使測定指令製作部14停止測定指令的輸出。作為例子，在振幅判定部16可以在測定指令的頻率的掃描途中判定為不滿足判定條件的情況下，亦可不等待測定指令的頻率的掃描完成，就結束測定指令的振幅調整。再者，亦可不在振幅調整剛結束後設置停止期間，而是為了速度控制迴路的參數調整，使測定指令製作部14的測定指令開始。具體而言，亦可在振幅判定部16判定為滿足判定條件時，完成測定指令的頻率的掃描，與此同時開始輸出參數調整部17之參數調整用的測定指令。

【0028】 參數調整部17使測定指令製作部14輸出已藉由振幅判定部16最佳化過的振幅的測定指令，並確認速度檢測器31的速度檢測值、響應特性算出部15算出的響應特性值等，並且藉由調整轉矩指令製作部12及反饋部13的至少任一者的參數，來提升馬達控制裝置1對馬達3的控制特性。像這樣的控制特性的調整，可基於公知技術進行。藉由使用已利用振幅判定部16最佳化過的振幅的測定

指令，可擔保控制特性之適當的調整。

【0029】於圖2表示由馬達控制裝置1所進行之測定指令的振幅調整之順序。測定指令的振幅調整具備：振幅初始化程序(步驟S1)、響應特性測定程序(步驟S2)、界限值確認程序(步驟S3)、變更量修正程序(步驟S4)、振幅回復程序(步驟S5)、振幅判定程序(步驟S6)、及振幅變更程序(步驟S7)。

【0030】在步驟S1的振幅初始化程序，將測定指令製作部14的測定指令的振幅設定成初始值。

【0031】在步驟S2的響應特性測定程序，使測定指令製作部14輸出測定指令，並藉由響應特性算出部15算出響應特性值。

【0032】在步驟S3的界限值確認程序，確認響應特性值是否達到界限值。若響應特性值達到界限值，前進到步驟S4，若響應特性值未達到界限值，前進到步驟S6。

【0033】在步驟S4的變更量修正程序，變更設定以使振幅判定部16判定之測定指令的振幅的變更量變小。

【0034】在步驟S5的振幅回復程序，使測定指令製作部14的測定指令的振幅回到前1個振幅，也就是回到上次執行步驟S6之前的振幅。在執行了此振幅回復程序的情況下，會回到步驟S2，從測定響應特性值開始重來。

【0035】在步驟S6的振幅判定程序，藉由振幅判定部16評價響應特性值，並判定是否需要變更測定指令的振幅。當判定為必須變更測定指令的振幅時，前進到步驟S7，當判定為不需要變更測定指令的振幅時，停止測定指令製作部14之測定指令的輸出，並結束此振幅調整的處理。

【0036】在步驟S7的振幅變更程序，變更測定指令製作部14的測定指令的振幅後，回到步驟S2，從測定響應特性值開始重來。

【0037】圖2的振幅調整結束後，會實施使用了測定指令的、由參數調整部

17所進行的公知之控制參數的自動調整。

【0038】 如以上，在進行振幅調整之馬達控制裝置1中，由於會適當化控制參數的自動調整所使用的測定指令的振幅，因此可配合馬達3及其負載，確實地最佳化控制特性。

【0039】 關於上述實施形態，進一步揭示以下的附記。

(附記1)

馬達控制裝置(1)具備：轉矩指令製作部(12)，因應於輸入的速度指令來製作用以驅動馬達的轉矩指令；運轉指令製作部(11)，為了運轉馬達，而製作要輸入於轉矩指令製作部(12)的速度指令即運轉指令；測定指令製作部(14)，為了轉矩指令製作部(12)的調整而製作測定指令，前述測定指令是輸入於轉矩指令製作部(12)的速度指令、或驅動馬達的轉矩指令；響應特性算出部(15)，算出表示響應特性的響應特性值，前述響應特性是速度檢測值之相對於測定指令的響應特性；及振幅判定部(16)，當響應特性值不滿足預定的判定條件時，使測定指令製作部(14)變更測定指令的振幅。

【0040】 (附記2)

測定指令是頻率會被掃描之正弦波狀的指令，響應特性算出部亦可依測定指令的每個頻率，算出速度檢測值之相對於測定指令的增益及相位差的至少一者，以作為響應特性值。

【0041】 (附記3)

判定條件亦可為：增益的最大值與最小值之差在事先設定的判定閾值以下。

【0042】 (附記4)

判定條件亦可為：事先設定的頻率範圍的增益在事先設定的判定閾值以上。

【0043】 (附記5)

判定條件亦可為：事先設定的頻率範圍的增益之相對於其他頻率範圍或全

頻率範圍的增益之比，在事先設定的判定閾值以上。

【0044】 (附記6)

判定條件亦可為：測定指令的頻率之掃描初期中的增益在事先設定的判定閾值以上。

【0045】 (附記7)

判定條件亦可為：變更測定指令的振幅前與變更測定指令的振幅後的增益的代表值之差，在事先設定的判定閾值以下。

【0046】 (附記8)

振幅判定部(16)亦可當判定為滿足判定條件時，使測定指令製作部14停止測定指令的輸出。

【0047】 (附記9)

振幅判定部(16)亦可在當響應特性值達到事先設定的界限值時，使測定指令的振幅回到前1個值，並且使不滿足判定條件時的測定指令的振幅的變更量變小。

【0048】 (附記10)

振幅判定部(16)亦可將測定指令的振幅的變更量設成固定值，或設成以振幅的現在值為變數的遞增函數的值。

【0049】 (附記11)

振幅判定部(16)亦可因應於響應特性值來調整測定指令的振幅的變更量。

【0050】 以上針對本揭示進行了詳述，但本揭示並不受上述的各個實施形態所限定。該等實施形態可在不脫離本揭示的要旨的範圍內，或在不脫離由申請專利範圍所記載的內容及其均等物所導出之本揭示的宗旨的範圍內，進行各種追加、替換、變更，或刪除一部分等。又，該等實施形態亦可組合實施。例如，在上述的實施形態中，各動作的順序或各處理的順序是作為一例來顯示，並不限

定於該等順序。又，若上述的實施形態的說明中有使用到數值或數式的情況也是相同的。

【0051】 作為例子，本揭示之馬達控制裝置亦可構成為進行開迴路控制，前述開迴路控制在按照動作程式使馬達動作時不對轉矩指令製作部進行反饋。

【符號說明】

【0052】

1:馬達控制裝置

2:伺服放大器

3:伺服馬達(馬達)

11:運轉指令製作部

12:轉矩指令製作部

13:反饋部

14:測定指令製作部

15:響應特性算出部

16:振幅判定部

17:參數調整部

31:速度檢測器

S1~S7:步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種馬達控制裝置，具備：

轉矩指令製作部，因應於輸入的速度指令來製作用以驅動馬達的轉矩指令；

運轉指令製作部，為了運轉前述馬達，而製作要輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令即運轉指令；

測定指令製作部，為了前述轉矩指令製作部的調整而製作測定指令，前述測定指令是輸入於前述轉矩指令製作部的前述速度指令、或驅動前述馬達的前述轉矩指令；

響應特性算出部，算出表示響應特性的響應特性值，前述響應特性是前述馬達的速度檢測值之相對於前述測定指令的響應特性；及

振幅判定部，當前述響應特性值不滿足預定的判定條件時，使前述測定指令製作部變更前述測定指令的振幅。

【請求項2】 如請求項1之馬達控制裝置，其中前述測定指令是頻率會被掃描之正弦波狀的指令，

前述響應特性算出部依前述測定指令的每個頻率，算出前述速度檢測值之相對於前述測定指令的增益及相位差的至少一者，以作為前述響應特性值。

【請求項3】 如請求項2之馬達控制裝置，其中前述判定條件為：事先設定的頻率範圍的前述增益的最大值與最小值之差，在事先設定的判定閾值以下。

【請求項4】 如請求項2之馬達控制裝置，其中前述判定條件為：事先設定的頻率範圍的前述增益在事先設定的判定閾值以上。

【請求項5】 如請求項2之馬達控制裝置，其中前述判定條件為：事先設定的頻率範圍的前述增益之相對於其他頻率範圍或全頻率範圍的前述增益之比，在事先設定的判定閾值以上。

【請求項6】 如請求項2之馬達控制裝置，其中前述判定條件為：前述測定

指令的頻率之掃描初期中的前述增益在事先設定的判定閾值以上。

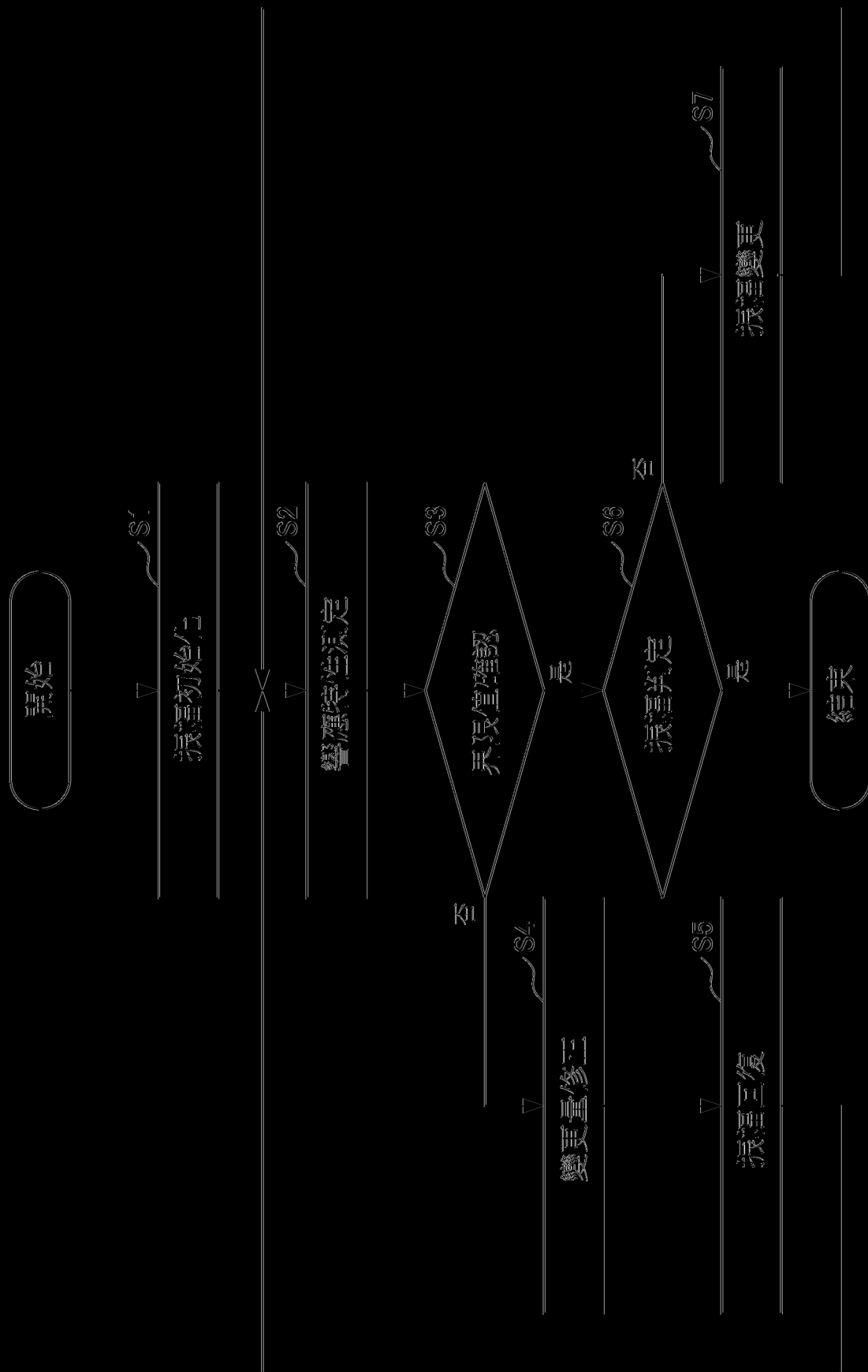
【請求項7】 如請求項2之馬達控制裝置，其中前述判定條件為：變更前述測定指令的振幅前與變更前述測定指令的振幅後的前述增益的代表值之差，在事先設定的判定閾值以下。

【請求項8】 如請求項1或2之馬達控制裝置，其中前述振幅判定部當判定為不滿足前述判定條件時，使前述測定指令製作部停止前述測定指令的輸出。

【請求項9】 如請求項1或2之馬達控制裝置，其中前述振幅判定部在當前述響應特性值達到事先設定的界限值時，使前述測定指令的振幅回到前1個值，並且使不滿足前述判定條件時的前述測定指令的振幅的變更量變小。

【請求項10】 如請求項1或2之馬達控制裝置，其中前述振幅判定部將前述測定指令的振幅的變更量設成固定值，或設成以前述振幅的現在值為變數的遞增函數的值。

【請求項11】 如請求項1或2之馬達控制裝置，其中前述振幅判定部因應於前述響應特性值來調整前述測定指令的振幅的變更量。



[圖 2]