I491166

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 **(11)證書號數：TW I491166 B**

**(45)公告日： 中華民國 104 (2015) 年 07 月 01 日**

(21)申請案號：101116634 (22)申請日： 中華民國 101 (2012) 年 05 月 10 日

(51)Int. Cl.： ***H02P6/04 (2006.01)*** ***H02P5/74 (2006.01)***

(30)優先權：2012/01/16 世界智慧財產權組織 PCT/JP2012/050751

(71)申請人：三菱電機股份有限公司 (日本) MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：古谷真一 FURUTANI, SHINICHI (JP) ；安藤和秋 ANDO, KAZUAKI (JP) ；田邊章 TANABE, AKIRA (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

JP 2002-61991A JP 2002-272153A

審查人員：彭極富

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：7 共 54 頁

(54)名稱

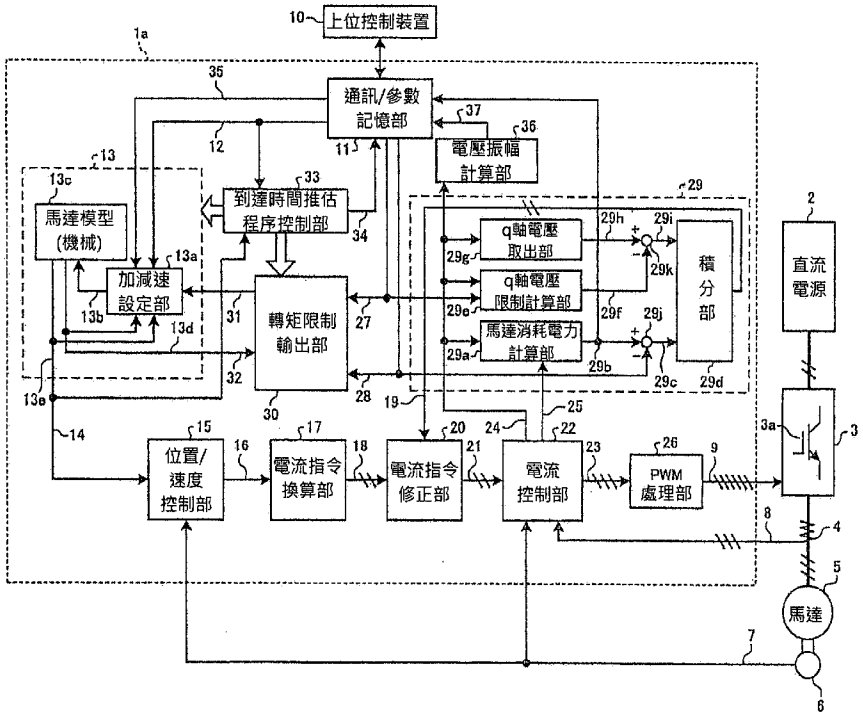
馬達控制裝置

MOTOR CONTROL APPARATUS

(57)摘要

本發明之馬達控制裝置係設有：輸出用來使馬達消耗電力落在預定的馬達電力限制值以內且使驅動前述馬達所需的電壓振幅在預定的電壓限制以內之轉矩限制值之轉矩限制輸出部；依照前述轉矩限制值來產生相對於目標位置之位置指令之位置指令產生部；進行根據相對於馬達消耗電力限制值之馬達消耗電力的超過量而修正馬達轉矩電流之處理以及根據相對於馬達轉矩份電壓限制值之馬達轉矩份電壓的超過量而修正馬達激磁電流之處理之電力/電壓限制部。藉此，就可將馬達的消耗電力及馬達驅動所需的電壓抑制在預定的範圍內。

Provided is a motor control apparatus including a torque limit output section outputting a torque limit value such that motor consumption power is lower than a predetermined motor power limit value and amplitude of voltage required for driving the motor is lower than a predetermined voltage limit, a position instruction generating section generating a position instruction for a target position according to the torque limit value, and a power/voltage restricting section performing a processing for compensating a motor torque current based on an excess motor consumption power over the motor consumption power limit value as well as a processing for compensating a motor excitation current based on an excess motor torque voltage over the motor torque voltage limit value. Thereby, the motor consumption power and the voltage required for driving the motor can be suppressed within a predetermined range.




第1圖

1a・・・馬達控制裝置

2・・・直流電源

3・・・反用換流器

3a・・・開關元件

4・・・電流檢測器

5・・・馬達(埋入磁鐵型同步馬達：IPM)

6・・・位置檢測器

7・・・檢測馬達位置

8・・・檢測馬達電流

9・・・開關指令

10・・・上位控制裝置

11・・・通訊暨參數記憶部

12・・・目標位置

13・・・位置指令產生部

13a・・・加減速設定部

13b・・・模型轉矩

13c・・・馬達模型(機械)

13d・・・模型速度

13e・・・模型位置

14・・・位置指令

15・・・位置暨速度控制部

16・・・轉矩指令

17・・・電流指令換算部

18、21・・・dq 軸電流指令

19・・・dq 軸電流指令修正訊號

20・・・電流指令修正部

22・・・電流控制部

23・・・電壓指令

24・・・dq 軸電壓指令

25・・・dq 軸電流

26・・・PWM 處理部

27・・・電壓限制值

28・・・電力限制值

29・・・電力暨電壓限制部

29a・・・馬達消耗電力計算部

29b・・・馬達消耗電力

29c、29i・・・差分

29d・・・積分部

29e・・・q 軸電壓限制值計算部

29f・・・q 軸電壓限制值

29g・・・q 軸電壓取出部

29h・・・q 軸電壓指令

29j、29k・・・減法器

30・・・轉矩限制值輸出部

31・・・轉矩限制值

32・・・馬達轉子速度資訊

33・・・到達時間推估程序控制部

34・・・推估到達時間

35・・・位置控制時最高速度

36・・・電壓振幅計算部

37・・・馬達驅動所需之電壓

S1 至 S10・・・步驟

第101116634號專利申請案
103年7月24日修正替換頁

公告本

# 發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫）

※申請案號：101116634

※申請日：101.5.10　　※IPC分類：H02P 6/04 (2006.01)
H02P 5/74 (2006.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

馬達控制裝置

MOTOR CONTROL APPARATUS

二、中文發明摘要：

本發明之馬達控制裝置係設有：輸出用來使馬達消耗電力落在預定的馬達電力限制值以內且使驅動前述馬達所需的電壓振幅在預定的電壓限制以內之轉矩限制值之轉矩限制輸出部；依照前述轉矩限制值來產生相對於目標位置之位置指令之位置指令產生部；進行根據相對於馬達消耗電力限制值之馬達消耗電力的超過量而修正馬達轉矩電流之處理以及根據相對於馬達轉矩份電壓限制值之馬達轉矩份電壓的超過量而修正馬達激磁電流之處理之電力/電壓限制部。藉此，就可將馬達的消耗電力及馬達驅動所需的電壓抑制在預定的範圍內。

第 101116634 號專利申請案
103 年 7 月 24 日修正替換頁

## 三、英文發明摘要：

Provided is a motor control apparatus including a torque limit output section outputting a torque limit value such that motor consumption power is lower than a predetermined motor power limit value and amplitude of voltage required for driving the motor is lower than a predetermined voltage limit, a position instruction generating section generating a position instruction for a target position according to the torque limit value, and a power/voltage restricting section performing a processing for compensating a motor torque current based on an excess motor consumption power over the motor consumption power limit value as well as a processing for compensating a motor excitation current based on an excess motor torque voltage over the motor torque voltage limit value. Thereby, the motor consumption power and the voltage required for driving the motor can be suppressed within a predetermined range.

第101116634號專利申請案
103年7月24日修正替換頁

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 1 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1a | 馬達控制裝置 | 2 | 直流電源 |
| 3 | 反用換流器 | 3a | 開關元件 |
| 4 | 電流檢測器 | | |
| 5 | 馬達(埋入磁鐵型同步馬達：IPM) | | |
| 6 | 位置檢測器 | 7 | 檢測馬達位置 |
| 8 | 檢測馬達電流 | 9 | 開關指令 |
| 10 | 上位控制裝置 | 11 | 通訊暨參數記憶部 |
| 12 | 目標位置 | 13 | 位置指令產生部 |
| 13a | 加減速設定部 | 13b | 模型轉矩 |
| 13c | 馬達模型(機械) | 13d | 模型速度 |
| 13e | 模型位置 | 14 | 位置指令 |
| 15 | 位置暨速度控制部 | 16 | 轉矩指令 |
| 17 | 電流指令換算部 | 18、21 | dq軸電流指令 |
| 19 | dq軸電流指令修正訊號 | | |
| 20 | 電流指令修正部 | 22 | 電流控制部 |
| 23 | 電壓指令 | 24 | dq軸電壓指令 |
| 25 | dq軸電流 | 26 | PWM處理部 |
| 27 | 電壓限制值 | 28 | 電力限制值 |
| 29 | 電力暨電壓限制部 | 29a | 馬達消耗電力計算部 |
| 29b | 馬達消耗電力 | 29c、29i | 差分 |
| 29d | 積分部 | 29e | q軸電壓限制值計算部 |

第 101116634 號專利申請案
103 年 7 月 24 日修正替換頁

| | | | |
|---|---|---|---|
| 29f | q 軸電壓限制值 | 29g | q 軸電壓取出部 |
| 29h | q 軸電壓指令 | 29j、29k | 減法器 |
| 30 | 轉矩限制值輸出部 | 31 | 轉矩限制值 |
| 32 | 馬達轉子速度資訊 | | |
| 33 | 到達時間推估程序控制部 | | |
| 34 | 推估到達時間 | 35 | 位置控制時最高速度 |
| 36 | 電壓振幅計算部 | 37 | 馬達驅動所需之電壓 |

S1 至 S10　步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無代表化學式

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於透過反用換流器(inverter)來進行馬達的驅動控制之馬達控制裝置。

【先前技術】

馬達控制裝置係產生用來使具備有反用換流器之開關元件(switching element)進行開啟/關閉(on/off)動作之控制訊號。反用換流器在開關元件按照來自馬達控制裝置的控制訊號而進行之開啟/關閉(on/off)動作下，將直流電源的輸出電力變換為交流電力，並供給至馬達。藉此，以使其位置或速度或轉矩成為希望的值之方式對馬達進行控制。此種類的馬達，係採用感應馬達、永久磁鐵同步馬達等。

然而，作為反用換流器的直流電源者，可舉出的例子有：將來自三相交流電源之電力予以整流然後輸出之二極體轉換器(diode converter)、及將來自電池或電容器(capacitor)之電力的電壓準位(level)予以變換然後輸出之 DC/DC 轉換器(DC/DC converter)等。

此種類之直流電源，其可輸出的電力或電壓一般都存在有上限值，必須在該範圍內使用。例如電池或電容器，其可輸出的電力的上限係由其壽命及蓄積的能量等所決定。就 DC/DC 轉換器或二極體轉換器而言，其可輸出的電力或電壓係相當其本身可處理的電壓值或電流值等的規格。除此之外，在二極體轉換器方面，還有三相交流電源

的電源設備容量(capacity)作為其他的限制因素。因此，反用換流器可輸出的電力也受到約束。在反用換流器所受的約束中，有反用換流器本身的規格所致之約束，也有應該使輸出的交流電力在前述直流電源的輸出電力以下這樣的約束。

又，反用換流器因為是透過半導體開關元件的開啟/關閉(on/off)動作而將直流電源的直流電壓供給至馬達，所以並無法將比來自直流電源的直流電壓高之電壓供給至馬達。因此，與前述的電力一樣，反用換流器可輸出的電壓也受到約束。從以上的理由可知，馬達控制裝置必須在由直流電源及反用換流器規格所決定的電力及電壓的約束範圍內進行馬達的控制。

針對此課題，在例如專利文獻1中，揭示有預先考慮馬達的動作時序(timing)及電源的供給電力，而產生預想了馬達的加速度(轉矩(torque))及馬達速度的限制之位置指令之技術。採用此技術，就可將馬達的加減速所需的電力抑制在預定的範圍內。

[先前技術文獻]

(專利文獻)

(專利文獻1) 日本特開2002-272153號公報

【發明內容】

(發明所欲解決之課題)

然而，專利文獻1中揭示的技術中，在考慮馬達的消耗電力之際並未考慮馬達的損失。因此，在應用於例如損

失很大的馬達之情況，就會有直流電源所應供給的電力超過可輸出的電力的上限之可能性。

此外，專利文獻 1 中揭示的技術中，並未考慮馬達驅動所需的電壓。因此，會在例如馬達高速運轉時產生感應電壓，而有超出反用換流器可供給的電壓而發生電壓飽和之可能性。

於發生此等電力、電壓不足之情況，就會發生轉矩不足，而有招致位置控制或速度控制的精度降低或不穩定化之虞。另外，若採取使弱電流流動之方式來迴避電壓飽和，則由於銅損會因為弱電流而增加，因此會發生無法同時滿足前述電力及電壓的約束之情形。

本發明係有鑑於上述之課題而研創者，其目的在得到一種馬達控制裝置，係可將馬達的消耗電力及馬達驅動所需的電壓都抑制在預定的範圍內。

(用以解決課題之手段)

為了解決上述的課題，達成本發明的目的，本發明係一種馬達控制裝置，具備有輸出用來使馬達的轉子位置追隨目標位置之位置指令之位置指令產生部、進行使得前述馬達的轉子位置與前述位置指令兩者一致之控制並輸出馬達轉子速度指令之位置控制部、以及輸出作為前述馬達的容許轉矩之轉矩限制值之轉矩限制值輸出部，其特徵在於：前述轉矩限制值輸出部係因應前述馬達的轉子速度，而輸出使前述馬達之驅動所需的消耗電力落在預定的馬達電力限制值以內，且使前述馬達之驅動所需的電壓振幅落在預

定的電壓限制以內之前述轉矩限制值，而前述位置指令產生部，係按照前述轉矩限制值而產生前述位置指令。

(發明之效果)

根據本發明，能發揮可將馬達的消耗電力及馬達驅動所需的電壓都抑制在預定的範圍內之功效。

【實施方式】

以下，根據圖式來詳細說明本發明之馬達控制裝置的實施形態。惟本發明並不受此實施形態所限定。

實施形態 1.

第 1 圖係顯示本發明實施形態 1 之馬達控制裝置的構成之方塊圖。本實施形態 1 之馬達控制裝置 1a 係具備有一邊將馬達 5 的消耗電力及馬達 5 之驅動所需的電壓分別抑制在預定值以下，一邊將馬達 5 的轉子位置控制在目標位置之位置控制的構成。

在第 1 圖中，反用換流器 3 係利用按照來自本實施形態 1 之馬達控制裝置 1a 的開關指令 9 而開關元件 3a 進行開啟/關閉(on/off)之動作，將直流電源 2 之輸出電力變換為交流電力，並將之供給至馬達 5。利用安裝於反用換流器 3 與馬達 5 之間的電源線(cable)之電流檢測器 4 而檢測出之檢測馬達電流 8，係作為回饋訊號而輸入至馬達控制裝置 1a。另外，利用安裝於馬達 5 之位置檢測器 6 而檢測出之檢測馬達位置 7，係作為回饋訊號而輸入至馬達控制裝置 1a。

在本實施形態 1 中，馬達 5 係為內藏磁鐵型同步馬達

(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor：IPM)。IPM 之驅動控制，係在由與 IPM 轉子的永久磁鐵的磁通向量(vector)的方向一致之 d 軸、及與 d 軸正交之 q 軸所構成之兩軸正交旋轉座標上，以將該馬達電流分為 d 軸上的電流成分(激磁電流成分)及 q 軸上的電流成分(轉矩電流成分)而處理之方式進行。

在 IPM 之驅動控制中使用之 dq 軸座標上的迴路方程式，係以式(1)加以表示。式(1)中，Vd 為 d 軸電壓、Vq 為 q 軸電壓、R 為線圈電阻、Ld 為 d 軸電感(inductance)成分、Lq 為 q 軸電感成分、Φ 為感應電壓常數、ωre 為電角頻率(馬達旋轉速度的極對數(Number of Pole Pairs)倍)、p 為極對數、Id 為激磁(弱)電流、Iq 為轉矩電流。

[數式 1]

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R+pL_d & -\omega_{re}\cdot L_q \\ \omega_{re}\cdot L_q & R+pL_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega_{re}\cdot \Phi \end{bmatrix} \quad \cdots(1)$$

第 1 圖中還顯示有上位控制裝置 10。本實施形態 1 之馬達控制裝置 1a 係具備有作為與上位控制裝置 10 的介面(interface)之通訊/參數記憶部 11。在上位控制裝置 10 與通訊/參數記憶部 11 之間，進行馬達 5 及直流電源 2、反用換流器 3、電力限制值 28、電壓限制值 27 以及其他資訊的傳送接收。電力限制值 28 係馬達 5 的消耗電力的上限值。電壓限制值 27 係馬達 5 之驅動所需的電壓的上限值。上位控制裝置 10 係根據直流電源 2 的電源容量及輸出電壓來決定電力限制值 28 及電壓限制值 27，並將之傳送至馬

達控制裝置 1a。亦即，馬達控制裝置 1a 可依據上位控制裝置 10 的指令而設定馬達消耗電力及馬達驅動所需的電壓的上限。以及，可依據周圍環境及運轉條件而設定馬達消耗電力及馬達驅動所需的電壓的上限。

首先，針對上位控制裝置 10 及通訊/參數記憶部 11 進行說明。上位控制裝置 10，係不單只考慮直流電源 2 的電源容量及輸出電壓，也考慮包含馬達 5、反用換流器 3、馬達控制裝置 1a 在內之系統全體的電力及運轉時間等馬達 5 的周圍環境來設定驅動條件。因而，馬達控制裝置 1a 必須按照上位控制裝置 10 的設定來驅動馬達 5。因此，在馬達控制裝置 1a 設置通訊/參數記憶部 11，以期能夠達成此要求。

第 1 圖中，雖顯示有將一台馬達 5 及反用換流器 3 連接至直流電源 2 之形態，但除此之外，已知也有將複數台馬達及反用換流器連接至直流電源 2，並利用上位控制裝置 10 加以統籌控制之系統。此系統係由上位控制裝置 10 考慮複數台馬達及反用換流器各別的動作的優先度及協同動作(時序)，來計算出要供給至各對象並使之動作之電力及電壓。就此將複數台馬達及反用換流器連接至直流電源之系統而言，通訊/參數記憶部 11 為馬達控制裝置 1a 中之必要的元素。

於此，在將複數台馬達及反用換流器連接至直流電源之過去的系統中，大多只是單純地將作為各馬達及反用換流器的規格而決定之最大使用電力予以相加，並根據加總

的值來選定直流電源。然而，在實際的運轉中，很少有必須用到如此的最大使用電力之動作，因此所選定的直流電源的容量會超過實際的運轉條件所需者而招致成本之增加。對於此一問題，根據本實施形態 1，就如後述可適切地實施直流電源 2 之選定，所以可削減成本。

再者，就將複數台馬達及反用換流器連接至直流電源之系統的具體的例子而言，可舉出有用於工作機械之馬達控制系統。在此馬達控制系統之情況，係以藉由兩台進給用伺服馬達(servo motor)使加工對象物(工件)移動，並用主軸馬達來進行工件切削方式使用複數台馬達及反用換流器。

此時，一般而言主軸馬達的消耗電力在多數的情況都相對地較大，所以在過去，若主軸馬達在進給用伺服馬達進行定位動作的期間進行動作，就會有直流電源的輸出電壓大幅變動，進給用伺服馬達因為電壓不足而無法輸出轉矩，使得動作亂掉之情形。

對於此一問題，根據本實施形態 1，就如後述，可在上位控制裝置 10 預先估計直流電源 2 的輸出電壓變動並將電壓限制值傳送至進給用伺服馬達的馬達控制裝置，所以可避免電壓不足而使進給用伺服馬達動作。反過來說，可在主軸馬達於進給用伺服馬達實施定位控制當中開始動作之情況等，以可確保進給用伺服馬達的電力為前提，對於主軸馬達的電力限制值或電壓限制值施加限制。

接著，針對通訊/參數記憶部 11 進行說明。此通訊/

參數記憶部 11 係進行與上位控制裝置 10 之資訊的傳送接收及參數的保持等動作。通訊/參數記憶部 11，係在從上位控制裝置 10 傳送來電力/電壓限制部 29 及轉矩限制值輸出部 30 的動作所需的電力限制值 28 及電壓限制值 27 時，將之當作是馬達控制裝置 1a 的控制參數而予以記憶，並在電力/電壓限制部 29 及轉矩限制值輸出部 30 需要時予以輸出。另外，通訊/參數記憶部 11，係在從上位控制裝置 10 傳送來位置指令產生部 13 及到達時間推估程序(sequence)控制部 33 的動作所需的目標位置 12 時，將之當作是馬達控制裝置 1a 的控制參數而予以記憶，並在位置指令產生部 13 及到達時間推估程序控制部 33 需要時予以輸出。又，通訊/參數記憶部 11，係在從上位控制裝置 10 傳送來位置指令產生部 13 的動作所需的位置控制時最高速度 35 時，將之當作是馬達控制裝置 1a 的控制參數而予以記憶，並在位置指令產生部 13 需要時予以輸出。

在通訊/參數記憶部 11 中馬達控制裝置 1a 的控制參數記憶時序，係為馬達控制裝置 1a 之出貨前、馬達控制裝置 1a 之起動時、以及從上位控制裝置 10 接收到值之更新通知時等。由於可在通訊/參數記憶部 11 保持及變更作為控制參數之電力限制值 28 及電壓限制值 27，因此可依據當下的運轉條件以適切的電力、電壓條件達成馬達驅動。例如，可因應設置直流電源 2 之機房的三相交流電源設備容量及分配給該裝置之電源容量/電壓準位來設定電力限制值 28 及電壓限制值 27，因此不用進行電源設備容量之

增強就可容易地實現該裝置之導入。

再者，通訊/參數記憶部11係將電力/電壓限制部29內的馬達消耗電力計算部29a所算出之馬達5的消耗電力29b、電壓振幅計算部36所算出之馬達驅動所需的電壓37、及到達時間推估程序控制部33所輸出之推估到達時間34予以輸出至上位控制裝置10。

電壓振幅計算部36將電流控制部22所輸出之dq軸電壓指令24代入式(2)來求出馬達驅動所需的電壓37。並且，式(2)中，Vn為馬達驅動所需的電壓37，Vd*為d軸電壓指令，Vq*為q軸電壓指令。

[數式2]

$$V_n = \sqrt{V_d^{*2} + V_q^{*2}} \qquad \cdots(2)$$

上位控制裝置10可根據這些資訊而進行學習，來設定可給予更適切的運轉條件之電力限制值28及電壓限制值27。又，使馬達5從0速度開始加速之情況，在馬達低速附近，馬達5的消耗電力及驅動所需的電壓，都還比電力限制值28及電壓限制值27小很多(有很大的餘裕)。藉由上位控制裝置10掌握住消耗電力29b及驅動所需的電壓，就可利用該餘裕來使連接至直流電源2之其他的反用換流器及馬達進行動作。

接著，說明透過在位置指令產生部13以後述的方式產生之位置指令14，來對反用換流器3的開關元件3a進行開啟/關閉(on/off)控制之反用換流器驅動系統「位置/

速度控制部15~電流指令換算部17~電流指令修正部20~電流控制部22~PWM處理部26」。

位置/速度控制部15，係根據來自位置指令產生部13之位置指令14以及來自位置檢測器6之檢出馬達位置7，以位置控制、速度控制之順序實施此兩種控制來產生轉矩指令16並將之輸出至電流指令換算部17。一般而言，位置控制係藉由P控制而以讓其控制偏差為0之方式予以實施，而速度控制係藉由PI控制而以讓其控制偏差為0之方式予以實施，但除此之外，在多數的情況亦合併使用用到馬達位置的理想的動作模型之前饋控制(feedforward control)(FF控制)。

電流指令換算部17，係將轉矩指令16換算為dq軸電流指令18，並將之輸出至電流指令修正部20。此電流指令換算部17之構成，可依據馬達5的種類及應用的用途來考慮各種構成方法。例如，q軸電流指令係將轉矩指令16除以轉矩常數而求出，d軸電流指令則單純地設為0。另外，還有在上位設置磁通控制部並分配其控制輸出之情況。或者，也有藉由用以參照預先作成的運轉條件之對應圖(map)而以成組(set)方式求取d軸電流指令及q軸電流指令之情況。

電流指令修正部20，係根據電力/電壓限制部29內的積分部29d所輸出之dq軸電流指令修正訊號19來修正dq軸電流指令18，並將修正後的dq軸電流指令18當作是dq軸電流指令21而輸出至電流控制部22。關於此電流指令

修正部 20 的詳細內容將在後面說明。

電流控制部 22，係根據經電流指令修正部 20 加以修正而得到之 dq 軸電流指令 21、來自電流檢測器 4 之檢出馬達電流 8、來自位置檢測器 6 之檢出馬達位置 7 來產生電壓指令 23。此處，電流控制部 22 係在 dq 軸座標上，實施 PI 控制以及用來補償 dq 軸間的的電磁干擾之無干擾控制(non-interference control)，進行讓 dq 軸電流之各者的控制偏差變為 0 之控制。將在此控制處理過程中得到的 dq 軸電壓指令 24 變換為靜止座標上的電壓指令 23。座標變換處理中所用的電角係從檢測馬達位置 7 換算得出。另外，將 dq 軸電壓指令 24 輸出至電力/電壓限制部 29 內的馬達消耗電力計算部 29a、q 軸電壓限制值計算部 29e 及 q 軸電壓取出部 29g，以及輸出至電壓振幅計算部 36。又，電流控制部 22 進行檢測馬達電流 8 的座標變換來求出 dq 軸電流 25。而且，將 dq 軸電流 25 輸出至電力/電壓限制部 29 內的馬達消耗電力計算部 29a。

電流控制部 22 所產生之電壓指令 23，係在 PWM 處理部 26 中藉由載波(carrier)比較而變換為開關指令 9。藉此，進行反用換流器 3 的開關元件 3a 之開啟/關閉(on/off)控制，來使得交流電力供給至馬達 5。重複以上的處理來控制馬達 5 的位置。

在以上說明的利用在位置指令產生部 13 所產生的位置指令 14 來進行反用換流器 3 的開關元件 3a 之開啟/關閉(on/off)控制之反用換流器驅動系統的構成中，除了進行

電流指令的修正之電流指令修正部 20 以外的構成係皆為一般的構成。

接著，針對電力/電壓限制部 29 的構成及動作進行詳細的說明。此電力/電壓限制部 29 之功能，係在馬達 5 之驅動中，將該馬達的消耗電力限制在電力限制值以下，且將驅動所需的電壓限制在電壓限制值以下。此功能係藉由以馬達消耗電力抑制處理及馬達驅動電壓抑制控制來產生用於 dq 軸電流指令 18 的修正之 dq 軸電流指令修正訊號 19 而予以實現。

首先，說明將馬達 5 的消耗電力限制在電力限制值以下之馬達消耗電力抑制處理。馬達消耗電力計算部 29a，係使用 dq 軸電流 25 及 dq 軸電壓指令 24 來進行式(3)之計算，導出馬達消耗電力 29b。式(3)中，Pow 為馬達消耗電力、Vd*為 d 軸電壓指令、Vq*為 q 軸電壓指令、Id 為 d 軸電流、Iq 為 q 軸電流。又，利用式(3)而求出之消耗電力 Pow，包含馬達機械輸出、馬達摩擦等之機械損失、馬達銅損、馬達鐵損等。反用換流器 3 的損失很大之情況、或者從直流電源 2 到反用換流器 3 之配線及從反用換流器 3 到馬達 5 之配線很長而無法忽視其損失之情況，將該等損失加到式(3)的計算結果，就可使得將從直流電源 2 輸出的電力抑制在電力限制值以內之動作高精度化。不過，亦可不進行式(3)之計算，而在從直流電源 2 到反用換流器 3 之配線中檢測出直流電流、直流電壓，然後使用其累計值。

[數式 3]

$$Pow = Vd^{*} \cdot Id + Vq^{*} \cdot Iq \qquad \cdots(3)$$

就減法器 29j 而言，係求出馬達消耗電力計算部 29a 所求出的馬達消耗電力 29b、與通訊/參數記憶部 11 所輸出的電力限制值 28 之差分 29c 並予以輸出至積分部 29d。

積分部 29d，係對於差分 29c 進行乘以積分增益之處理以及積分處理，演算出將傳送至電流指令修正部 20 之 dq 軸電流指令修正訊號 19 中的 q 軸電流指令修正訊號。電流指令修正部 20 係將原來的 q 軸電流指令減去 q 軸電流指令修正訊號，來使得馬達 5 的轉矩的絕對值變小。

利用式(3)而求出之馬達 5 的消耗電力，係為馬達機械輸出與馬達損失之相加值。馬達機械輸出係為馬達速度與馬達轉矩之積，因此抑制馬達轉矩也可抑制馬達消耗電力。馬達消耗電力超過電力限制值 28 之情況，q 軸電流指令修正訊號會為正值。在此情況，電流指令修正部 20 在馬達動力運轉(power running)時係單純地對 q 軸電流指令進行減算處理，但在馬達再生(regeneration)時係以讓 q 軸電流指令的絕對值變小之方式使 q 軸電流指令修正訊號的極性反轉而進行減算處理。並且，在本實施形態 1 中，雖形成為電流指令修正部 20 進行 q 軸電流指令的修正之構成，但由於馬達轉矩與 q 軸電流為同極性而亦會進行增減，所以形成為修正轉矩指令 16 之構成也可得到同樣的效果。

接著，說明將馬達驅動所需之電壓抑制在電壓限制值 27 以下之馬達驅動電壓抑制處理。q 軸電壓限制值計算部

29e，係將電流控制部 22 所輸出的 dq 軸電壓指令 24、及通訊/參數記憶部 11 所輸出的電壓限制值 27 代入式(4)來算出 q 軸電壓限制值 29f。並且，式(4)中，VqLim 相當於 q 軸電壓限制值 29f。VnLim 為電壓限制值 27。Vd*為從 dq 軸電壓指令 24 得到之 d 軸電壓指令。

[數式 4]

$$V_{qLim} = \sqrt{V_{nLim}^2 - V_d^{*2}} \qquad \cdots(4)$$

q 軸電壓取出部 29g，係只從電流控制部 22 所輸出的 dq 軸電壓指令 24 中選擇出 q 軸電壓份，並將之當作是 q 軸電壓指令 29h 而輸出。

減法器 29k，係求出 q 軸電壓取出部 29g 所求出的 q 軸電壓指令 29h、與 q 軸電壓限制值計算部 29e 所求出的 q 軸電壓限制值 29f 之差分 29i 並予以輸出至積分部 29d。

積分部 29d，係對於差分 29i 進行乘以積分增益之處理以及積分處理，並演算傳送至電流指令修正部 20 之 dq 軸電流指令修正訊號 19 中的 d 軸電流指令修正訊號。電流指令修正部 20 係進行將 d 軸電流指令減去 d 軸電流指令修正訊號之修正。

電壓指令之振幅，包含有 d 軸(激磁)電流、及由於馬達 5 的轉子的永久磁鐵的磁通旋轉而產生之感應電壓。此感應電壓成分主要出現在 q 軸側。因此，電流指令修正部 20 藉由根據 q 軸電壓來修正 d 軸電流指令就可抑制 q 軸電壓，所以可實現馬達驅動所需的電壓之抑制。又，若以上

說明之感應電壓的性質上為存在有 d 軸電流及馬達 5 的永久磁鐵的磁通，或者有磁通控制部，則亦可形成為修正磁通指令之構成。

積分部 29d 雖如前述進行積分處理，但在不需要進行 dq 軸電流指令的修正時係停止動作。亦即，在內建的積分器設定下限值且使該下限值為 0。因此 dq 軸電流指令修正訊號 19 不會變為負值。利用積分器來實施積分處理，係因為要保持 d 軸及 q 軸各軸的電流指令修正訊號，以及防止 d 軸及 q 軸各軸的電流指令修正動作之開啟/關閉(on/off)的震顫(chattering)，以期能夠進行平滑的電力/電壓抑制控制處理。

電流指令修正部 20，係如前述將 dq 軸電流指令 18 減去 dq 軸電流指令修正訊號。電流指令修正部 20 隨後利用式(5)來從減算後的 dq 軸電流指令算出電流指令的振幅。並且，式(5)中，Id*為減算處理後的 d 軸電流指令，Iq*為 q 軸電流指令，In*為要求出的電流指令振幅。

[數式 5]

$$In^* = \sqrt{Id^{*2} + Iq^{*2}} \qquad \cdots(5)$$

在利用式(5)得出之電流指令振幅超過由馬達 5 及反用換流器 3 的規格所決定的最大電流振幅之情況，係在維持住 d 軸電流指令與 q 軸電流指令的比率之情況下，將兩者抑制成電流指令振幅保持在容許範圍內，然後將之當作是修正後的 dq 軸電流指令 21 而予以輸出。具體而言，假

設由馬達 5 及反用換流器 3 的規格所決定的最大電流振幅為 Inmax， 則實施式(6)及式(7)所示之置換。

[數式 6]

$$Id^* \Leftarrow Id^* \frac{Inmax}{In^*} \quad \cdots(6)$$

$$Iq^* \Leftarrow Iq^* \frac{Inmax}{In^*} \quad \cdots(7)$$

又，進行(6)及式(7)之電流振幅的限制之情況，電力/電壓限制部 29 內的積分部 29d，為了要避免積分器的過剩的積分值之蓄積，而使往積分器輸出增加之方向的積分器動作停止。

如以上所說明的，將馬達消耗電力抑制在電力限制值 28 以下之情況，雖然要修正 q 軸電流，但如同從式(1)之迴路方程式也可清楚看出的，d 軸電壓會隨著 q 軸電流之變化而變化，且馬達驅動所需之電壓也會變化。再者，將馬達驅動所需之電壓抑制在電壓限制值 27 以下之情況，雖然要修正 d 軸電流，但馬達線圈之銅損也會隨之增減，馬達消耗電力也會變化。馬達消耗電力及馬達驅動所需之電壓之兩個物理量之間存在有如此之干涉。因此，藉由使前述的馬達消耗電力抑制處理及馬達驅動電壓抑制處理同時且並行地動作，就可顯著提高兩控制處理的精度。結果，就具有在反用換流器 3 及直流電源 2 方面可採用更小容量的機種，來削減成本(cost)之效果。

接著，針對轉矩限制輸出部 30，參照顯示構成例之第 2 及第 3 圖來進行說明。於第 2 圖中，轉矩限制輸出部 30

係如例如第 2 圖所示，透過收斂計算部 30a 及轉矩換算部 30q 的動作，並根據電壓限制值 27、電力限制值 28、及馬達轉子速度資訊 32 來進行轉矩限制值 31 之算出。

收斂計算部 30a 具備有馬達模型 30d 及模型電力/電壓限制部 30b。馬達模型 30d 係使用屬於模型電力/電壓限制部 30b 之輸出的模型 dq 軸電流 30c、及馬達轉子速度資訊 32 來進行模型 dq 軸電壓 30e 之計算。馬達模型 30d 具體上係實施式(1)之計算。

模型電力/電壓限制部 30b 具備有：馬達消耗電力計算部 30f、q 軸電壓限制值計算部 30l、q 軸電壓取出部 30j、減法器 30o、30p、及積分/電流振幅抑制部 30i。換言之，模型電力/電壓限制部 30b 係利用與電力/電壓限制部 29 大致同樣之構成，來進行大致同樣的動作。

馬達消耗電力計算部 30f，係根據馬達模型 30d 所輸出之模型 dq 軸電壓 30e、及屬於模型電力/電壓限制部 30b 之輸出的模型 dq 軸電流 30c，來計算馬達模型消耗電力 30g。式(1)中所考慮的損失為馬達銅損。在將馬達鐵損、因配線而造成的導通損失、馬達機械損失加以模型化(modelling)時，則也包含該等值而進行計算。

減法器 30o，係取得馬達模型消耗電力 30g 與電力限制值 28 之差分 30h，並將之輸出至積分/電流振幅抑制部 30i。積分/電流振幅抑制部 30i 係對於差分 30h 實施積分處理來求出模型 dq 軸電流 30c 中之模型 d 軸電流。

再者，模型 q 軸電壓限制計算部 30l，係進行與式(4)

一樣之計算來算出模型 q 軸電壓限制值 30m。q 軸電壓取出部 30j，係只從馬達模型 30d 所產生的模型 dq 軸電壓 30e 中選擇出 q 軸電壓份，並將之當作是模型 q 軸電壓 30k 而輸出。

減法器 30p，係取得模型 q 軸電壓限制值 30m 與模型 q 軸電壓 30k 之差分 30n，並將之輸出至積分/電流振幅抑制部 30i。積分/電流振幅抑制部 30i 係對於差分 30n 實施積分處理，來求出模型 dq 軸電流 30c 中之模型 q 軸電流。積分/電流振幅抑制部 30i 將模型 d 軸電流與模型 q 軸電流兩者合在一起當作是模型 dq 軸電流 30c。轉矩換算部 30q，係從模型 dq 軸電流 30c 轉換產生出轉矩限制值 31。

如上所述之第 2 圖所示的轉矩限制輸出部 30，係利用馬達模型 30d、模型電力/電壓限制部 30b、及轉矩換算部 30q 之動作，來進行轉矩限制值 31 之算出。亦即，係構成為利用收斂計算來求出在馬達模型 30d 之電壓及消耗電力滿足在電力限制值 28 以及電壓限制值 27 以內的條件之情況下，轉矩會為最大之 dq 軸電流，然後從該 dq 軸電流求出轉矩限制值 31 並予以輸出。因此模型電力/電壓限制部 30b 的構成，係與用第 1 圖說明過之電力/電壓限制部 29 的構成大致相同。採用此方式就可預先將由於 d 軸電流而產生之消耗電力增加量也列入考慮而決定出轉矩限制值。

又，在第 1 圖之電力/電壓限制部 29 中之減法器 29i, 29k 得到的差分，與在第 2 圖之模型電力/電壓限制部 30b 中之減法器 30o, 30p 得到的差分所用的符號之所以不同，

係因為在電力/電壓限制部 29 中，該差分係用來產生相對於另外存在的 dq 軸電流指令 18 的 dq 軸電流指令修正訊號 19，相對的，在模型電力/電壓限制部 30b 中，該差分則是用來產生 dq 軸電流本身之緣故。

此處，若再假設 d 軸電流只為負值，則在積分/電流振幅抑制部 30i 中將輸出模型 d 軸電流之積分器的上限值設為 0 之設定。另一方面，為了得到轉矩會為最大之 q 軸電流，在積分/電流振幅抑制部 30i 中並不特別對輸出模型 q 軸電流之積分器設置上限值或下限值。此時，積分/電流振幅抑制部 30i 中之積分器所保持的值，係成為收斂計算中之 dq 軸電流的初始值。

另外，如同在電流指令修正部 20 之中所說明者，要在積分/電流振幅抑制部 30i 中採取抑制電流振幅、以及避免內建的積分器的值蓄積得過多之措施。以及，在積分/電流振幅抑制部 30i 的積分器中將馬達 5 所容許的最大轉矩電流值設定於 q 軸電流的收斂計算的初始值。d 軸電流的收斂計算的初始值則設為 0。

此收斂計算，係在每次馬達轉子速度資訊 32 改變時實施。此收斂計算，一般而言，係藉由構成馬達控制裝置 1a 之電腦(computer)上的軟體或 FPGA 等之電子電路而實現，且係週期性且離散性地執行。該電路動作可想成比馬達 5 的轉子速度變化快很多，且成為接近前次的收斂計算實施時的馬達轉子速度之值，且藉由收斂計算所得到的 dq 軸電流也會成為與前次結果接近之值。因此將在前次的收

斂計算中得到之值用於馬達消耗電力計算部 301 內的積分器的初始值，即可帶來收斂計算次數的削減。

轉矩換算部 30q 係在收斂計算結束後，將利用以上的收斂計算而得到的模型 dq 軸電流 30c 代入式(8)來計算出轉矩 Ta，並將之當作是轉矩限制值 31 而輸出。

[數式 7]

$$Ta = P \cdot \Phi \cdot Iq + P(Ld - Lq) \cdot Id \cdot Iq \qquad \cdots(8)$$

以上之求出 dq 軸電流之計算亦可採用例如牛頓法(Newton's method)等。以上說明的以收斂計算來計算出轉矩限制值 31 之方法具有無需事先掌握符合電力限制值 28 及電壓限制值 27 等全部的計算條件之解的存在，即使沒有如此的解也可輸出較接近條件的解之優點。

另外，轉矩限制輸出部 30 除了以上說明的進行收斂計算之第 2 圖所示的構成之外，如第 3 圖所示，亦可利用例如轉矩表初始化控制部 30r、記憶與馬達轉子速度對應的轉矩限制值之轉矩表(torque table)30s、及未圖示的轉矩限制值輸出部來構成。

轉矩表初始化控制部 30r，係在馬達 5 的運轉開始前，或者在變更前述電力限制值之時序，或變更電壓限制值之時序中，預先針對每個馬達轉子速度實施利用第 2 圖說明過之收斂計算，並將得到的轉矩限制值設定至轉矩表 30s。未圖示的轉矩限制值輸出部，係在馬達運轉中，根據馬達轉子速度資訊 32 並參照轉矩表 30s 而輸出轉矩限制值

31。在形成為如此的構成時，因為預先計算馬達驅動時的消耗電力及驅動電壓會在預定範圍內之轉矩，所以無需使第 2 圖所示的收斂計算處理與馬達的位置、速度、電流控制處理並列進行，可減輕處理負荷。

再者，位置指令產生部 13 具備有加減速設定部 13a 及馬達模型 13c。馬達模型 13c 係利用式(9)及式(10)所表示的模擬機械方程式來計算出模型速度 13d 及模型位置 13e。然後，馬達模型 13c 將模型速度 13d 輸出至加減速設定部 13a，以及將模型速度 13d 分配至轉矩限制輸出部 30 中使用的馬達轉子速度資訊 32。另外，馬達模型 13c 將模型位置 13e 輸出至到達時間推估程序控制部 33，以及將模型位置 13e 分配至要給予位置/速度控制部 15 之位置指令 14。並且，在式(9)及式(10)中，Tb 為來自加減速設定部 13a 之模型轉矩 13b，$\omega rm$ 為輸出至加減速設定部 13a 之模型速度 13d，$\theta rm$ 為輸出至加減速設定部 13a 之模型位置 13e。

[數式 8]

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{T_b}{J_m} \quad \cdots(9)$$

$$\frac{d\theta_m}{dt} = \omega_m \quad \cdots(10)$$

雖然可將從檢測馬達位置 7 計算出之馬達轉子速度或速度指令等分配至轉矩限制值輸出部 30 中使用的馬達轉子速度資訊 32，但容易受到機械摩擦及負載轉矩等伴隨著馬達的模型化而來的誤差或或速度控制偏差，或包含於檢

測馬達位置 7 中之雜訊(noise)等外部干擾的影響。相對於此，使用模型速度 13d，則可避免雜訊等外部干擾的影響而產生穩定的位置指令。

加減速設定部 13a，係以來自轉矩限制輸出部 30 之轉矩限制值 31、來自馬達模型 13c 之模型速度 13d 及模型位置 13e、及來自通訊/參數記憶部 11 之目標位置 12 及位置控制時最高速度 35 作為其輸入，來產生用於馬達模型 13c 之機械方程式的計算中之模型轉矩 13b 並將之輸出至馬達模型 13c。

第 4 圖係用來說明在第 1 圖所示的位置指令產生部中，加減速設定部判斷馬達模型的加速、減速之手續之流程圖(flowchart)。第 4 圖中，加減速設定部 13a 在有目標位置 12 輸進來時(步驟 S1:"是"(Yes))，利用模型速度 13b 將此情形通知給馬達模型 13c 知道，並進入到加速模式(mode)(步驟 S2)，然後判定相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差是否比減速距離大(步驟 S3)。馬達模型 13c 接著開始加速。

加減速設定部 13a 在步驟 S3 中判定為相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差比減速距離大時(步驟 S3："是")，判定模型速度 13d 是否比 ωrmmax(位置控制時最高速度 35)大(步驟 S4)。若比 ωrmmax 小(步驟 S4："否"(No))則回到步驟 S2，若比 ωrmmax 大(步驟 S4："是")則前進到步驟 S5。

亦即，加減速設定部 13a 在相對於目標位置 12 之模

型位置 13e 的位置偏差比減速距離大(步驟 S3："是")，且模型速度 13d 比 ωrmmax 小(步驟 S4："否")之狀況持續之時係維持加速模式(步驟 S2)。

然後，在相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差比減速距離大(步驟 S3："是")，且模型速度 13d 也變為比 ωrmmax 大(步驟 S4："是")時，加減速設定部 13a 進入到速度維持模式(步驟 S5)。加減速設定部 13a 在相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差比減速距離大的期間(步驟 S6："是")，使得速度維持模式繼續保持(步驟 S5)。

加減速設定部 13a 在維持加速模式(步驟 S2)之情況，當相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差變成比減速距離小時(步驟 S3："否")，以及，在維持著速度維持模式(步驟 S5)之情況，當相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差變成比減速距離小時(步驟 S6："否")，進入到減速模式(步驟 S7)。

然後，加減速設定部 13a 在模型速度 13d 的值比 0 大(步驟 S8："是")，且在相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差的值比 0 大(步驟 S9："是")之狀況持續之期間維持著減速模式(步驟 S7)。然後，在維持著減速模式的過程中，若模型速度 13d 的值變為 0(步驟 S8："否")，或相對於目標位置 12 之模型位置 13e 的位置偏差的值變為 0(步驟 S9："否")，則使動作停止(步驟 S10)，然後結束此手續之流程。

並且，減速距離係表示在減速中所前進之位置的變化

量。加速模式中，係將模型位置 13e 分配至減速距離。速度維持模式中，係將從加速模式變到速度維持模式的瞬間之模型位置 13e 分配至保持的值。此係基於加速所需的距離(位置的變化量)與減速所需的距離相等之假設。

藉由如以上所述之加減速設定部 13a 與馬達模型 13c 的協同動作而產生的模型速度 13d，係作為馬達轉子速度資訊 32 而輸入至轉矩限制值輸出部 30。此外，藉由同樣的協同動作而產生的模型位置 13e，係作為位置指令 14 而輸入至位置/速度控制部 15 及到達時間推估程序控制部 33。

此處，在位置指令產生部 13 中，用於加減速之轉矩即使並非一定值亦無妨。亦即，具有相對於馬達轉子速度之轉矩限制值的形狀可為任意的波形之特徵。另一方面，在過去的馬達位置控制處理中，一般係將用於加速、減速之轉矩設為固定值，並使得其速度圖型(pattern)為相對於時間呈梯形或三角形之方式來進行位置指令之產生。

參照第 5 圖來進行說明。第 5 圖係顯示第 3 圖所示的轉矩限制輸出部中的轉矩表的計算例之圖。在第 5 圖中，以粗實線表示之大致梯形形狀的轉矩圖型(torque pattern) 42，係在第 3 圖所示之轉矩限制輸出部進行處理而得到之轉矩限制值。而在轉矩限制值 42 內，以鏈線圍繞表示之四角形的轉矩圖型 43，係為將轉矩設為固定值來進行過去的位置控制之情況的使用轉矩圖型。進行位置控制時所容許的最高速度 44，係由使用者加以設定。使用轉矩圖型 43

的上邊部之劃陰影線(hatching)的區域45，係為在將轉矩設為固定值所進行之過去的位置控制所未使用到的轉矩。根據本實施形態1，在位置指令產生部13中，由於用於加減速之轉矩即使並非一定值亦無妨，故該區域45中之轉矩也能使用到。因此，可縮短將馬達5的轉子控制到目標位置所需的時間。

當然，在本實施形態1中，若如第5圖所示來決定轉矩限制值42的話，則加減速轉矩之值就會依進行位置控制時所容許的最高速度44而決定，因此也可進行將轉矩設為固定值之過去的位置控制。

接著，到達時間推估程序控制部33，在馬達5的動作開始前，分別使轉矩限制輸出部30及位置指令產生部13進行假想的模擬(simulate)動作，來推估出模型位置13e到達目標位置12之時間，並以之作為推估到達時間34而透過通訊/參數記憶部11將之傳送至上位控制裝置10。上位控制裝置10，在接收到的推估到達時間34比例如假想的時間長之情況，實施將電力限制值28調高並傳送給馬達控制裝置1a等再度調整。藉此，就可實現在上位控制裝置之適切的電力、電壓限制值設定。

在除了馬達5及反用換流器3之外，還有複數台馬達及反用換流器連接至直流電源2，並由上位控制裝置10統籌加以控制之系統中，該推估到達時間34在各馬達的協同動作的排程(scheduling)上為必須要有的資訊。在進行依據由過去之固定轉矩加減速而來之三角速度線形或梯形速

度線形來進行位置指令產生之情況，到達目標位置之到達時間可用解析的方式從轉矩及馬達慣性矩(motor inertia)等條件算出。不過，就最大限度地利用轉矩限制值31方法而言，要用解析的方式來導出到達目標位置之到達時間會有困難，必須利用模擬動作來求出推估到達時間34。

根據如以上所述之本實施形態1，在產生相對於目標位置之位置指令之際，係參照馬達消耗電力會在預定的馬達電力限制值以內，且馬達驅動所需的電壓振幅會在預定的電壓限制值以內之轉矩限制值，依照該轉矩限制值來產生位置指令，因此能夠一邊將馬達消耗電力抑制在電力限制值以內，且將馬達之驅動所需的電壓抑制在電壓限制值以內，一邊穩定且平滑地實施使馬達的轉子位置追隨目標位置之控制。

藉此，就可在反用換流器3及直流電源2方面，採用較小電容之機種，因此具有削減成本之功效。反過來說，可事先掌握必要的電力及電壓，因此也可得到直流電源2的選擇作業變得簡易之功效。此外，因為可在日間抑制電力使用，在夜間使用大電力來縮短定位時間，所以可對於在設置馬達控制裝置之設施中的計畫性的電力消耗做出很大的貢獻。

又，即使不使用電力/電壓限制部29，也可進行依照轉矩限制輸出部30所輸出的轉矩限制值31之位置指令14之產生，因此可同時達成馬達消耗電力之抑制及馬達驅動電壓之抑制。不過，因為若將電力/電壓限制部29予以組

合，就可利用d軸電流之修正來抑制感應電壓而更加提高馬達的最高速度，所以具有能夠縮短使轉子位置到目標位置之位置控制，亦即謀求縮短定位所需的時間之功效。

若與電力/電壓限制部29進行組合，就算是轉矩限制輸出部30的馬達模型30d及馬達5的模型化誤差造成了馬達消耗電力之增加及驅動電壓之增加，電力/電壓限制部29也可利用藉由將該等之增加藉由回饋所進行之電流指令修正來加以吸收，使得將馬達消耗電力及馬達驅動所需電壓抑制在限制值以內之動作高精度化。

另一方面，在只有電力/電壓限制部29之情況也可將馬達的消耗電力抑制在電力限制值28以內，且將馬達之驅動所需的電壓抑制在電壓限制值27以內。但在此情況，當到達各個限制值之時，會有馬達的輸出轉矩、與位置指令產生部所設想的轉矩之差異變得很顯著之情形。

在位置控制系統中，積分器及濾波器(filter)等與時間相依的部份很多，因此若要在位置控制系統中進行針對該轉矩誤差之對策，就會有控制系統會變得繁雜之問題。此點在本實施形態1中，則因為預先進行依照轉矩限制值輸出部30所輸出的轉矩限制值之位置指令生成，所以具有可將對於轉矩誤差之對策予以省略，且可達成平滑的位置控制之功效。

此處，本實施形態1雖是形成為轉矩限制輸出部30及位置指令產生部13係為馬達控制裝置1a所具備的之構成，但亦可形成為在上位控制裝置10實施包含電力限制值

及電壓限制值之設定在內的一連串的處理然後將得到的位置指令傳送至馬達控制裝置 1a 之構成。當然，不限於此，亦可根據所使用的硬體來分擔各處理，而不會改變本發明之使馬達在電力限制值內及電壓限制值內動作之本質。

實施形態 2.

第 6 圖係顯示本發明實施形態 2 之馬達控制裝置的構成之方塊圖。本實施形態 2 之馬達控制裝置 1b，具備有一邊將馬達 5 的消耗電力及馬達 5 之驅動所需的電壓分別抑制在預定值以下，一邊將馬達 5 的轉子速度控制在目標速度之速度控制的構成。並且，第 6 圖中，與第 1 圖(實施形態 1)中顯示的構成元素相同或同等之構成元件都標以相同的符號。以下，將以與本實施形態 2 有關之部份為中心進行說明。

在第 6 圖中，本實施形態 2 之馬達控制裝置 1b，係在第 1 圖(實施形態 1)所示的構成中，設置速度指令產生部 39 來取代位置指令產生部 13，設置速度控制部 41 來取代位置/速度控制部 15 而構成者。

速度指令產生部 39，係具備有加減速設定部 39a 及馬達模型 39c，且根據從通訊/參數記憶部 11 輸入之上位控制裝置 10 所送出的目標速度 38、及轉矩限制輸出部 30 所輸出的轉矩限制值 31，進行要給予速度控制部 41 之速度指令 40、及要給予轉矩限制值輸出部 30 之馬達轉子資訊 32 之產生。

以下，針對速度指令產生部 39 的動作進行說明。加

減速設定部 39a，係根據從通訊/參數記憶部 11 輸入之目標速度 38、轉矩限制輸出部 30 所輸出的轉矩限制值 31、及來自馬達模型 39c 之模型速度 39d，來進行加速或維持速度之判斷，產生表示判斷結果之模型轉矩 39b 並將之輸出至馬達模型 39c。

馬達模型 39c，與位置指令產生部 13 中的馬達模型 13 一樣，進行式(9)之計算來求出模型速度 39b，並將之輸出至加減速設定部 39a。加減速設定部 39a 單純地進行目標速度 38 與模型速度 39d 之比較，並在模型速度 39d 小於目標速度 38 之情況，將轉矩限制值 31 當作是模型轉矩 39b 而輸出至馬達模型 39c，而在模型速度 39d 變到目標速度 38 以上之情況，則是將輸出至馬達模型 39c 之模型轉矩 39b 設為 0。

藉由如以上所述之加減速設定部 39a 與馬達模型 39c 的協同動作而產生的模型速度 39d，係作為速度指令 40 而輸入至速度控制部 41，以及作為馬達轉子速度資訊 32 而輸入至轉矩限制輸出部 30 及到達時間推估程序控制部 33。

速度控制部 41，係從檢測馬達位置 7 求出馬達 5 的轉子速度，比較求出的轉子速度與速度指令產生部 39 輸出的速度指令 40，並進行控制處理以使兩者一致，然後輸出轉矩指令 16。馬達轉子速度資訊 32，係與實施形態 1 一樣用於轉矩限制值 31 之計算中。

到達時間推估程序控制部 33，與實施形態 1 一樣，在馬達運轉開始前，分別使轉矩限制值輸出部 30 及速度指令

產生部 39 進行假想的模擬動作，來推估出模型速度 39d 到達目標速度 38 之時間，並以之作為推估到達時間 34 而透過通訊/參數記憶部 11 將之傳送至上位控制裝置 10。

根據如以上所述之本實施形態 2，在產生相對於目標速度之速度指令之際，係參照馬達消耗電力會在預定的馬達電力限制值以內，且馬達驅動所需的電壓振幅會在預定的電壓限制值以內之轉矩限制值，並依照該轉矩限制值來產生速度指令，因此能夠一邊將馬達的消耗電力抑制在電力限制值以內，且將馬達之驅動所需的電壓抑制在電壓限制值以內，一邊穩定且平滑地實施使馬達的轉子速度追隨目標速度之控制。

藉此，就可在反用換流器 3 及直流電源 2 方面，採用較小電容之機種，因此具有削減成本之功效。反過來說，可事先掌握必要的電力及電壓，因此也可得到直流電源 2 的選擇作業變得簡易之功效。此外，因為可進行在日間抑制電力使用，在夜間使用大電力來縮短速度控制所需的時間等，所以可對於在設置馬達控制裝置之設施中的計畫性的電力消耗做出很大的貢獻。

又，即使不使用電力/電壓限制部 29，也可進行依照轉矩限制值輸出部 30 輸出的轉矩限制值 31 之速度指令 40 之產生，因此可同時達成馬達消耗電力之抑制及馬達驅動電壓之抑制。不過，若將電力/電壓限制部 29 予以組合，就可利用 d 軸電流之修正來抑制感應電壓而更加提高馬達的最高速度，所以可對應到更高的目標速度而進行控制。

另一方面，在只有電力/電壓限制部 29 之情況也可將馬達的消耗電力抑制在電力限制值 28 以內，且將馬達之驅動所需的電壓抑制在電壓限制值 27 以內。但在此情況，如在實施形態 1 中說明過的，會在速度指令產生時所設想的轉矩與馬達轉矩之間產生誤差。不過，在只有速度控制系統之情況，與也具有位置控制系統之情況相比較，由於與積分及時間相依之部份較少，所以對於在速度指令產生時所設想的轉矩與馬達轉矩之間產生的誤差所需採取之對策變得容易而不會成為問題，可藉由與依據轉矩限制值 31 來產生速度指令之方式相組合而實現平滑的速度控制。

實施形態 3.

第 7 圖係顯示作為本發明的實施形態 3 之在第 3 圖所示的轉矩限制值輸出部中的轉矩表的修正例之圖。

在實施形態 1、2 中，係將第 1 圖及第 6 圖所示的轉矩限制輸出部 30 形成為如第 3 圖所示之構成。第 5 圖所示之轉矩限制值 42，係為透過第 3 圖所示的轉矩限制輸出部所做的處理而得到之轉矩限制值(亦即，利用實施形態 1 中說明過的收斂計算而得到的相對於馬達旋轉速度之轉矩限制值)，但此轉矩限制值 42，在零速度附近表示最大轉矩，在最高速度附近表示某一大小之轉矩，在兩處都產生很大的電力消耗。

因此，本實施形態 3 係針對為了抑制由於過渡性的馬達電流之變化而導致的電力消耗之增大，而在第 5 圖所示之轉矩限制值 42 中進行抑制轉矩上升及轉矩下降的變化

率之設定的情況進行說明。而且，為了便於說明，以作為對於實施形態1之應用例來進行說明。

就抑制加速開始時的轉矩上升及減速開始時的轉矩下降的變化率之具體的方法而言，可考慮採用在第5圖所示之轉矩限制值42中，將零速度附近及最高速度附近的轉矩分別抑制成不會成為最大轉矩之方法。

按照如此之將零速度附近及最高速度附近的轉矩分別抑制成不會成為最大轉矩而得到的轉矩表，就可使在馬達5的加速開始時及加速結束時等發生之轉矩的上升及下降緩慢地實施，因而可抑制過渡性的消耗電力。

但是，若在零速度附近及最高速度附近之轉矩為零，則在位置指令之產生中便無法進行模擬速度之啟動。為了防止這種情形，而使在兩速度中殘留有一些轉矩。

以下，參照第7圖來進行說明。第7圖中，以長鏈線表示第5圖顯示之轉矩限制值42。此轉矩限制值42之上升部份及下降部份，係如短鏈線47a, 47b所示般修正為以較緩的變化率進行變化，而成為轉矩限制值48。此以較緩的變化率變化之短鏈線47a, 47b所示的轉矩，係按照後述之式(20)加以限制而成之轉矩。因此，轉矩限制值48之零速度附近及最高速度附近，分別殘留有用於位置指令的產生之轉矩49a, 49b。

並且，此轉矩變化率之限制及抑制，係藉由對於實施形態1中說明過的模型轉矩13b進行低通濾波器(low-pass filter)處理及變化率限制器(limiter)處理就可實現。但

進行此等處理之情況，馬達模型 13c 中之加速時的模型轉矩 13b 的時間序列波形與減速時的模型轉矩 13b 的時間序列波形會變得不同，而成為在位置控制時的減速距離上發生超過或不足的情形之原因。

關於此點，在對於第 5 圖所示的轉矩限制值 42 進行修正時，使加速時與減速時的模型轉矩波形相對於時間軸呈對稱，就不會受到加速時與減速時的影響。

接著，針對本實施形態 3 之轉矩限制的設定方法進行說明。根據式(1)及式(3)，可將含有過渡項之馬達消耗電力表示成式(11)。過渡項的消耗電力，係以劃有底線之「電流變化率與電流之積」加以表示。

[數式 9]

$$Pow = \omega re \cdot \{\Phi + (Ld - Lq) \cdot Id\} \cdot Iq + R(Id^2 + Iq^2) + \underline{(pLd \cdot id)id + (pLq \cdot iq)iq} \quad \cdots(11)$$

位置指令產生之際的速度，大體而言，係以(1)加速開始→(2)加速→(3)加速停止→(4)固定速度→(5)減速開始→(6)減速→(7)減速停止之順序而予以實施，過渡期間的消耗電力，在(1)→(2)及(3)→(4)、(4)→(5)、(6)→(7)之類的情況尤其顯著。

其中，關於(3)→(4)及(4)→(5)之變化，變化瞬前的固定性的消耗電力與變化中的過渡性的消耗電力之極性不同，就結果而言並不會有很大的消耗電力。例如從加速變到固定速度之情況，由於轉矩電流從正值漸漸減少，所以式(11)的第 4 項所示之 Iq 過渡項的電力會為負值，但因為

變化瞬前的消耗電力為正，所以只要電流變化不特別顯著，其和就不會超過限制。另一方面，在(1)→(2)之變化及(6)→(7)之變化之際，變化前的消耗電力與過渡項消耗的電力之極性一致，其和有超過限制之可能性。

以下，以(1)→(2)之變化為例進行說明。使q軸電流呈直線狀上升，且將與記載於轉矩表限制值中的轉矩相當之q軸電流設定為Iq0。假設升起的變化率為 $\alpha$，則轉矩電流的時間式可表示成式(12)，轉矩可表示成式(13)。假設d軸電流為0，則電角頻率可表示成式(14)，馬達消耗電力可表示成式(15)。使q軸電流呈直線狀上升，且將與記載於轉矩表限制值中的轉矩相當之q軸電流達到Iq0之時間Δt表示成式(16)。

[數式10]

$$i_q = \alpha t \quad \cdots(12)$$

$$T_e = P \cdot \Phi \cdot \alpha t \quad \cdots(13)$$

$$\omega_{re} = \frac{P}{J_m}\int T_e \cdot dt = \frac{P^2 \cdot \Phi \cdot \alpha}{2 \cdot J_m} t^2 \quad \cdots(14)$$

$$Pow = \frac{P^2 \cdot \Phi^2 \cdot \alpha^2}{2 \cdot J_m} \cdot t^3 + R \cdot \alpha^2 \cdot t^2 + L_q \cdot \alpha^2 \cdot t \quad \cdots(15)$$

$$\Delta t = \frac{i_{q0}}{\alpha} \quad \cdots(16)$$

以式(15)表示之馬達消耗電力，因為會隨著時間之經過而增大，所以在0~Δt[秒]的期間，在時間Δt之消耗電力最大。因此，將時間Δt代入式(15)，可得到式(17)。此式(17)為轉矩電流上升的變化率 $\alpha$ 之函數，將式(17)以變化率 $\alpha$ 加以微分可得到式(18)。使變化率 $\alpha$ 變化而

執行式(17)之計算，則極性會變化之變化率 $\alpha$ 就會成為使式(17)為最小之變化率 $\alpha$。因此，使式(18)等於 0，可得到式(19)，可得到能使過渡性的消耗電力為最小之變化率 $\alpha$，亦即電流上升之變化率。此時，轉矩與馬達速度(電角頻率)的關係會如式(20)。

[數式 11]

$$Pow=\frac{P^2\cdot\Phi^2\cdot\alpha^2}{2\cdot Jm}\cdot\Delta t^3+R\cdot\alpha^2\cdot\Delta t^2+\alpha^2\cdot\Delta t=\frac{P^2\cdot\Phi^2\cdot Iq0^3}{2\cdot Jm}\cdot\frac{1}{\alpha}+R\cdot Iq0^2+Lq\cdot\alpha\cdot Iq0 \quad \cdots(17)$$

$$\frac{\partial Pow}{\partial\alpha}=-\frac{P^2\cdot\Phi^2\cdot Iq0^3}{2\cdot Jm}\cdot\frac{1}{\alpha^2}+Lq\cdot Iq0=0 \quad \cdots(18)$$

$$\alpha=\sqrt{\frac{P^2\cdot\Phi^2\cdot iq0}{2\cdot Jm\cdot Lq}} \quad \cdots(19)$$

$$Td=\sqrt{2\cdot Jm\cdot\alpha\cdot\omega rm} \quad \cdots(20)$$

依照式(20)來實施第 5 圖所示的轉矩表 42 之修正，就可達成過渡期間的消耗電力之抑制。相對於變化之過渡性的消耗電力，係即使採用以上所示的計算手續也無法得到 q 軸電流下降之最佳值。不過，由於較和緩的變化較能抑制過渡性的消耗電力，因此以使利用式(20)而得到之零速度附近的轉矩修正反轉而成之波形來進行修正。

根據本實施形態 3，由於在轉矩表的零速度附近及最高速度附近，進行抑制轉矩上升及下降的變化率而設定變化率之修正，因此能夠使轉矩之上升及下降變得和緩而抑制過渡性的消耗電力，而即使在過渡時也能進行預定的消耗電力內的動作。如此，就可做成考慮了馬達驅動時的過

渡期間的消耗電力之轉矩表，所以可謀求消耗電力抑制之高精度化。當然，即使未嚴格按照式(20)，只要抑制如第 7 圖所示的形狀之加速開始附近時、減速結束附近時之轉矩表，則即便未達到最佳但也可得到一樣之功效。

此處，第 1 及第 6 圖顯示的馬達控制裝置係將馬達的電流分成屬於兩軸正交旋轉座標上成分之激磁電流成分及轉矩電流成分，而進行處理之馬達控制裝置，其特徵在於：其中之電力/電壓限制部具備有計算馬達的消耗電力之電力計算部、將電力計算部計算出的馬達消耗電力限制在預定的馬達電力限制值以內之電力限制部、計算馬達的轉矩份電壓限制值之轉矩份電壓限制值計算部、及將馬達的驅動電壓限制在預定的馬達電壓限制值以內之電壓限制部，且該電力限制部，係依據相對於馬達電力限制值之前述馬達消耗電力的超過量來修正馬達轉矩電流，轉矩份電壓限制值計算部，係根據馬達電壓限制值及馬達的激磁份電壓來計算馬達的轉矩份電壓限制值，電壓限制部，係依據相對於轉矩份電壓限制值計算部計算出的馬達的轉矩份電壓限制值之馬達轉矩份電壓的超過量來修正馬達激磁電流。

根據此構成，將馬達的消耗電力予以回饋，來將轉矩電流修正成能讓消耗電力在預定值以下，因此可抑制馬達的輸出轉矩，可在馬達驅動之際高精度地實施將馬達消耗電力抑制在預定值以下之控制。以及，將馬達轉矩份電壓予以回饋來修正馬達的激磁電流，因此可抑制馬達的感應電壓，而可在馬達驅動之際高精度地實施將馬達驅動所需

之電壓抑制在預定值以下之控制。

另外，第2、第3及第5圖顯示的馬達控制裝置係將馬達的電流分成屬於兩軸正交旋轉座標上的成分之激磁電流成分及轉矩電流成分，而進行處理之馬達控制裝置，其特徵在於：其中之轉矩限制輸出部具備有馬達模型部及模型電力/模型電壓限制部，且依據馬達轉子速度來輸出作為前述馬達的容許轉矩之轉矩限制值，且該模型電力/模型電壓限制部，係具備有：計算馬達模型消耗電力之馬達模型電力計算部、將馬達模型電力計算部計算出的馬達模型消耗電力限制在預定的馬達電力限制值以內之馬達模型電力限制部、計算馬達模型的轉矩份電壓限制值之馬達模型轉矩份電壓限制值計算部、及將馬達模型驅動電壓限制在預定的馬達電壓限制值以內之馬達模型電壓限制部，該馬達模型電力限制部，係依據相對於馬達電力限制值之前述馬達模型消耗電力的超過量來修正馬達模型轉矩電流，該馬達模型轉矩份電壓限制值計算部，係根據馬達電壓限制值及馬達模型的激磁份電壓來計算馬達模型的轉矩份電壓限制值，該馬達模型電壓限制部，係就各個馬達旋轉速度實施依據相對於馬達模型轉矩份電壓限制值之前述馬達模型轉矩份電壓的超過量來修正馬達模型激磁電流之處理，並根據經該修正處理而得到的馬達模型的轉矩電流及馬達模型的激磁電流來計算馬達模型的轉矩，然後將該計算出的馬達模型的轉矩當作是轉矩限制值而輸出。

根據此構成，使用馬達模型，就各個馬達旋轉速度算

出預先考慮到馬達的消耗電力及驅動所需的電壓而得到之轉矩限制值，然後以不超過該轉矩限制值為前提進行馬達控制，因此可減輕將馬達消耗電力及馬達驅動所需的電壓限制在預定值以下而進行馬達驅動之際之處理負荷。

(產業上之可利用性)

如以上所述，本發明之馬達控制裝置，在作為能將馬達的消耗電力及馬達驅動所需的電壓抑制在預定的範圍內之馬達控制裝置上係為有用。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示本發明實施形態 1 之馬達控制裝置的構成之方塊圖。

第 2 圖係顯示第 1 圖所示的轉矩限制輸出部的構成例之方塊圖。

第 3 圖係顯示第 1 圖所示的轉矩限制輸出部的另一構成例之方塊圖。

第 4 圖係用來說明在第 1 圖所示的位置指令產生部中，加減速設定部判斷馬達模型之加速、減速的手續之流程圖。

第 5 圖係顯示第 3 圖所示的轉矩限制值輸出部中的轉矩表的計算例之圖。

第 6 圖係顯示本發明實施形態 2 之馬達控制裝置的構成之方塊圖。

第 7 圖係顯示作為本發明的實施形態 3 之在第 3 圖所示的轉矩限制值輸出部中的轉矩表的計算例之圖。

【主要元件符號說明】

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1、1a、1b | 馬達控制裝置 | 2 | 直流電源 |
| 3 | 反用換流器 | 3a | 開關元件 |
| 4 | 電流檢測器 | | |
| 5 | 馬達(埋入磁鐵型同步馬達：IPM) | | |
| 6 | 位置檢測器 | 7 | 檢測馬達位置 |
| 8 | 檢測馬達電流 | 9 | 開關指令 |
| 10 | 上位控制裝置 | 11 | 通訊暨參數記憶部 |
| 12 | 目標位置 | 13 | 位置指令產生部 |
| 13a、39a | 加減速設定部 | 13b | 模型轉矩 |
| 13c、39c | 馬達模型(機械) | 13d | 模型速度 |
| 13e | 模型位置 | 14 | 位置指令 |
| 15 | 位置暨速度控制部 | 16 | 轉矩指令 |
| 17 | 電流指令換算部 | 18、21 | dq 軸電流指令 |
| 19 | dq 軸電流指令修正訊號 | | |
| 20 | 電流指令修正部 | 22 | 電流控制部 |
| 23 | 電壓指令 | 24 | dq 軸電壓指令 |
| 25 | dq 軸電流 | 26 | PWM 處理部 |
| 27 | 電壓限制值 | 28 | 電力限制值 |
| 29 | 電力暨電壓限制部 | 29a | 馬達消耗電力計算部 |
| 29b | 馬達消耗電力 | 29c、29i、30h、30n | 差分 |
| 29d | 積分部 | | |
| 29e | q 軸電壓限制值計算部 | | |
| 29f | q 軸電壓限制值 | 29g | q 軸電壓取出部 |

第 101116634 號專利申請案
103 年 7 月 24 日修正替換頁

| | | | |
|---|---|---|---|
| 29h | q 軸電壓指令 | 29j、29k | 減法器 |
| 30 | 轉矩限制值輸出部 | 30a | 收斂計算部 |
| 30b | 模型電力暨電壓限制部 | | |
| 30c | 模型 dq 軸電流 | 30d | 馬達模型 |
| 30e | 模型 dq 軸電壓 | | |
| 30f | 馬達模型消耗電力計算部 | | |
| 30g | 馬達模型消耗電力 | | |
| 30i | 積分暨電流振幅抑制部 | | |
| 30j | 模型 q 軸電壓取出部 | | |
| 30k | 模型 q 軸電壓 | | |
| 30l | 模型 q 軸電壓限制值計算部 | | |
| 30m | 模型 q 軸電壓限制值 | | |
| 30o、30p | 減法器 | 30q | 轉矩換算部 |
| 30r | 轉矩表初始化部 | 30s | 轉矩表 |
| 31 | 轉矩限制值 | 32 | 馬達轉子速度資訊 |
| 33 | 到達時間推估程序控制部 | | |
| 34 | 推估到達時間 | 35 | 位置控制時最高速度 |
| 36 | 電壓振幅計算部 | 37 | 馬達驅動所需之電壓 |
| 38 | 目標速度 | 39 | 速度指令產生部 |
| 39a | 加減速設定部 | 39b | 模型轉矩 |
| 39c | 馬達模型 | 39d | 模型速度 |
| 40 | 速度指令 | 41 | 速度控制部 |
| 42、43 | 轉矩圖型 | 44 | 最高速度 |
| 45 | 陰影線區域 | 47a、47b | 短鏈線 |

48　　轉矩圖型　　49a、49b　轉矩

S1 至 S10　步驟

第101116634號專利申請案
103年7月24日修正替換頁

七、申請專利範圍：

1. 一種馬達控制裝置，係具備有輸出用來使馬達的轉子位置追隨目標位置之位置指令之位置指令產生部、進行使得前述馬達的轉子位置與前述位置指令兩者一致之控制而輸出馬達轉子速度指令之位置控制部、以及輸出作為前述馬達的容許轉矩之轉矩限制值之轉矩限制輸出部者，其特徵在於：

前述轉矩限制輸出部，係依據前述馬達的轉子速度，而輸出使前述馬達之驅動所需的消耗電力落在預定的馬達電力限制值以內且使前述馬達之驅動所需的電壓振幅落在預定的馬達電壓限制值以內之前述轉矩限制值，

前述位置指令產生部，係具有模擬馬達之機械運動的馬達模型，在前述馬達模型中係進行固定速度運轉，或進行在前述轉矩限制值以下之轉矩的加速運轉及減速運轉，而求得馬達模型速度，並將所求得之馬達模型速度予以積分而產生馬達模型位置做為前述位置指令。

2. 一種馬達控制裝置，係具備有輸出用來使馬達的轉子速度追隨目標速度之速度指令之速度指令產生部、進行使得前述馬達的轉子速度與前述速度指令兩者一致之控制而輸出馬達轉矩指令之速度控制部、以及輸出作為前述馬達的容許轉矩之轉矩限制值之轉矩限制輸出部者，其特徵在於：

前述轉矩限制輸出部，係依據前述馬達的轉子速度，而輸出使前述馬達的消耗電力落在預定的馬達電力限

制值以內且使前述馬達之驅動所需的電壓振幅落在預定的馬達電壓限制值以內之前述轉矩限制值，

前述速度指令產生部，係具有模擬馬達之機械運動的馬達模型，在前述馬達模型中係進行固定速度運轉，或進行在前述轉矩限制值以下之轉矩的加速運轉及減速運轉，而產生馬達模型速度做為前述速度指令。

3. 一種馬達控制裝置，係將馬達電流分成屬於兩軸正交旋轉座標上的成分之激磁電流成分及轉矩電流成分，而進行處理之馬達控制裝置，其特徵在於：

其中之電力/電壓限制部，係具備有計算前述馬達的消耗電力之電力計算部、將前述電力計算部計算出的馬達消耗電力限制在電力限制值以內之電力限制部、計算前述馬達的轉矩份電壓限制值之轉矩份電壓限制值計算部、及將前述馬達的驅動電壓限制在預定的馬達電壓限制值以內之電壓限制部，其中，前述電力限制值係為用以對前述馬達控制裝置進行電力供給之電源裝置之電源容量所對應之馬達消耗電力的上限值；其中

前述電力限制部，係因應相對於前述電力限制值之前述馬達消耗電力的超過量來修正馬達轉矩電流，

前述轉矩份電壓限制值計算部，係根據前述馬達電壓限制值及前述馬達的激磁份電壓來計算前述馬達的轉矩份電壓限制值，

前述電壓限制部，係因應相對於前述轉矩份電壓限制值計算部計算出的馬達的轉矩份電壓限制值之馬達

轉矩份電壓的超過量來修正馬達激磁電流。

4. 一種馬達控制裝置，係將馬達電流分成屬於兩軸正交旋轉座標上的成分之激磁電流成分及轉矩電流成分，而進行處理之馬達的控制裝置，其特徵在於：

其中之轉矩限制值輸出部，係具備有馬達模型部及模型電力暨模型電壓限制部，且依據馬達轉子速度來輸出作為前述馬達的容許轉矩之轉矩限制值，

前述模型電力暨模型電壓限制部，係具備有計算馬達模型消耗電力之馬達模型電力計算部、將前述馬達模型電力計算部計算出的馬達模型消耗電力限制在預定的馬達電力限制值以內之馬達模型電力限制部、計算馬達模型的轉矩份電壓限制值之馬達模型轉矩份電壓限制值計算部、及將馬達模型驅動電壓限制在預定的馬達電壓限制值以內之馬達模型電壓限制部，

前述馬達模型電力限制部，係因應相對於前述馬達電力限制值之前述馬達模型消耗電力的超過量來修正馬達模型轉矩電流，

前述馬達模型轉矩份電壓限制值計算部，係根據前述馬達電壓限制值及馬達模型的激磁份電壓來計算馬達模型的轉矩份電壓限制值，

前述馬達模型電壓限制部，係就各個馬達旋轉速度實施因應相對於前述馬達模型轉矩份電壓限制值之前述馬達模型轉矩份電壓的超過量來修正馬達模型激磁電流之處理，並根據經前述修正處理而得到的馬達模型

的轉矩電流及馬達模型的激磁電流來計算馬達模型的轉矩，然後將前述計算出的馬達模型的轉矩當作是轉矩限制值而輸出，

前述馬達控制裝置，係以將馬達的轉矩限制為前述轉矩限制值以下之方式而生成指令。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之馬達控制裝置，其中，

轉矩限制輸出部，係具備有記憶與馬達旋轉速度對應的轉矩限制值之轉矩表，且在馬達的運轉開始前，或者變更前述馬達電力限制值的時序或變更前述電壓限制值的時序，將實施利用前述馬達模型及前述模型電力／模型電壓限制部而進行的處理所得到的轉矩限制值記載於前述轉矩表，並在馬達運轉中，因應馬達轉子速度而將記載於前述轉矩表的轉矩限制值予以輸出。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之馬達控制裝置，其中，

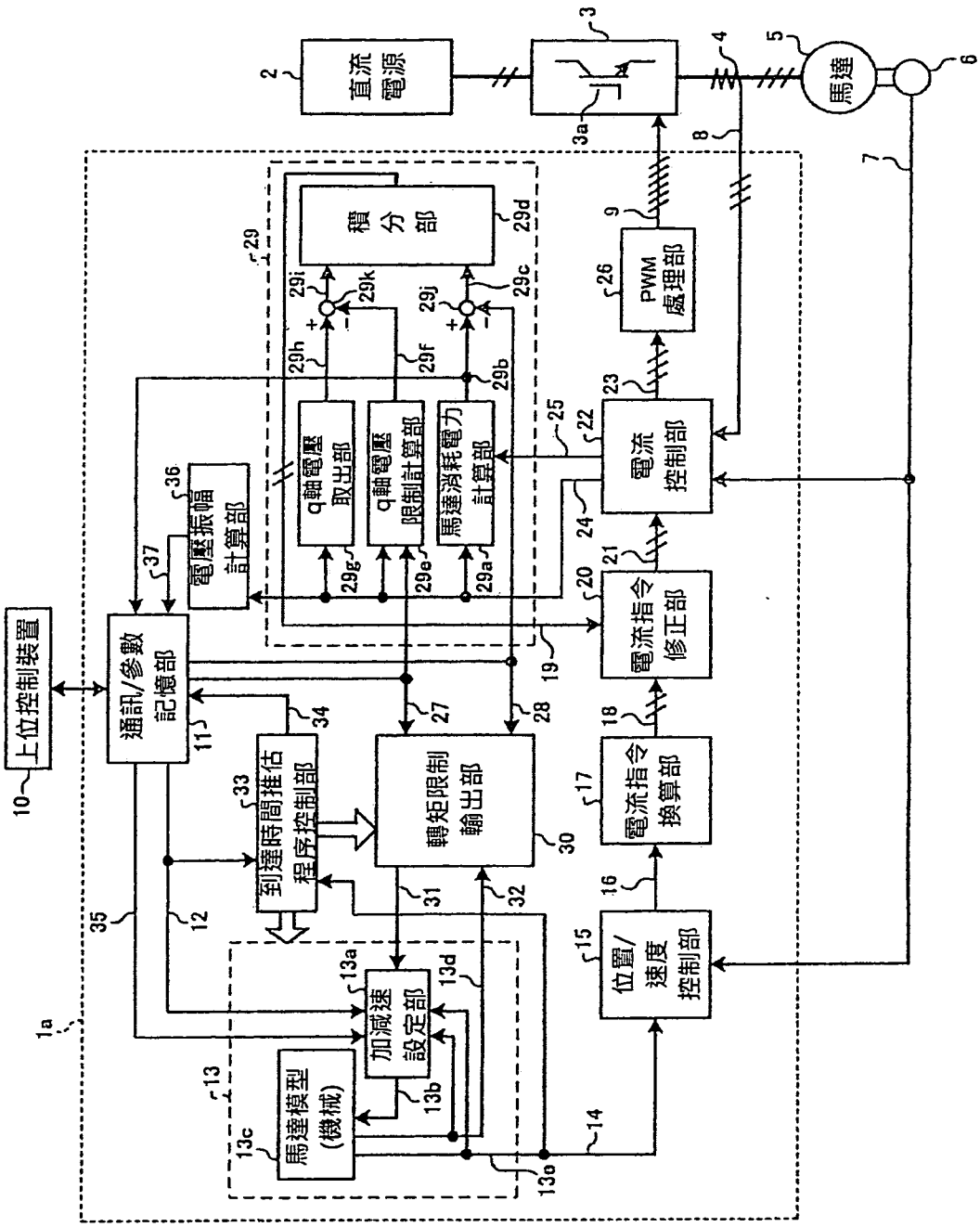
轉矩限制輸出部的轉矩表所記憶的轉矩限制值係設定成以預定的時間常數實施加速開始時的轉矩上升或減速開始時的轉矩下降。

7. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之馬達控制裝置，其中，具備有將前述馬達電力限制值及前述馬達電壓限制值當作是可適宜變更的控制參數而加以保持之參數記憶部。

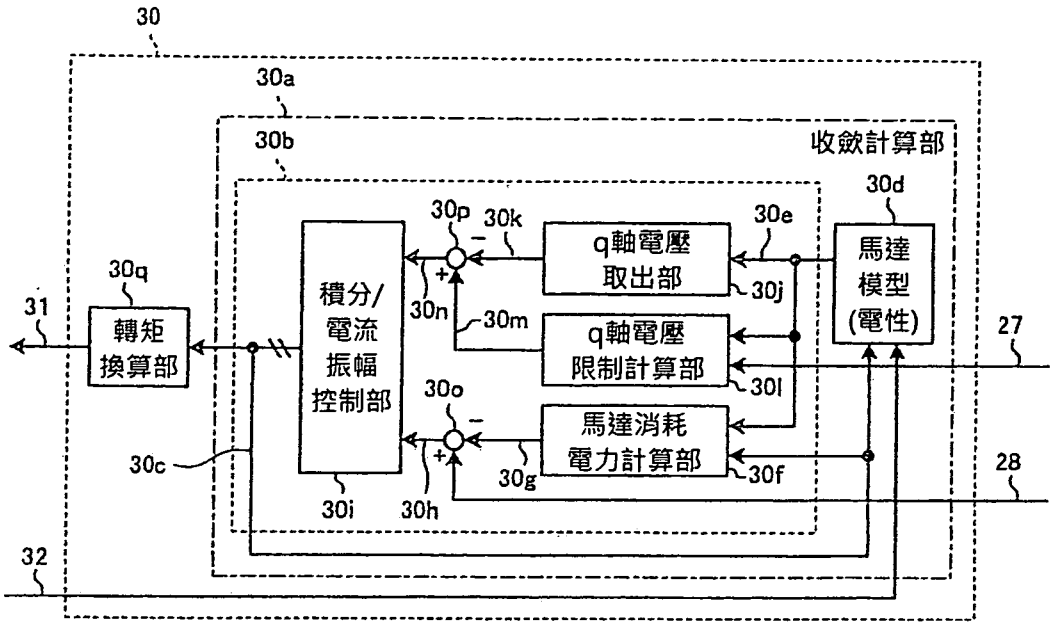
8. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之馬達控制裝置，其中，具備有藉由與上位控制裝置之通訊來取得前述馬達電力限制值及前述馬達電壓限制值之通訊部。

9. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之馬達控制裝置，其中，具備有藉由通訊而將到達目標位置或目標速度之到達推估時間通知給上位控制裝置之通訊部。

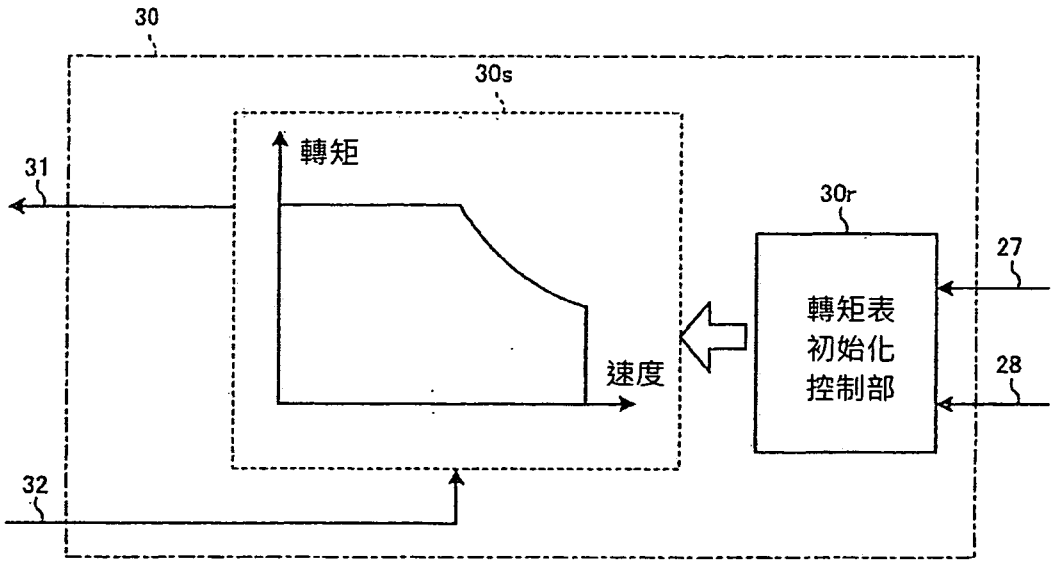
# 八、圖式：


直流電源
馬達
積分部
PWM處理部
q軸電壓取出部
q軸電壓限制計算部
馬達消耗電力計算部
電流控制部
電壓振幅計算部
電流指令修正部
通訊/參數記憶部
上位控制裝置
電流指令換算部
到達時間推估程序控制部
轉矩限制輸出部
位置/速度控制部
加減速設定部
馬達模型(機械)

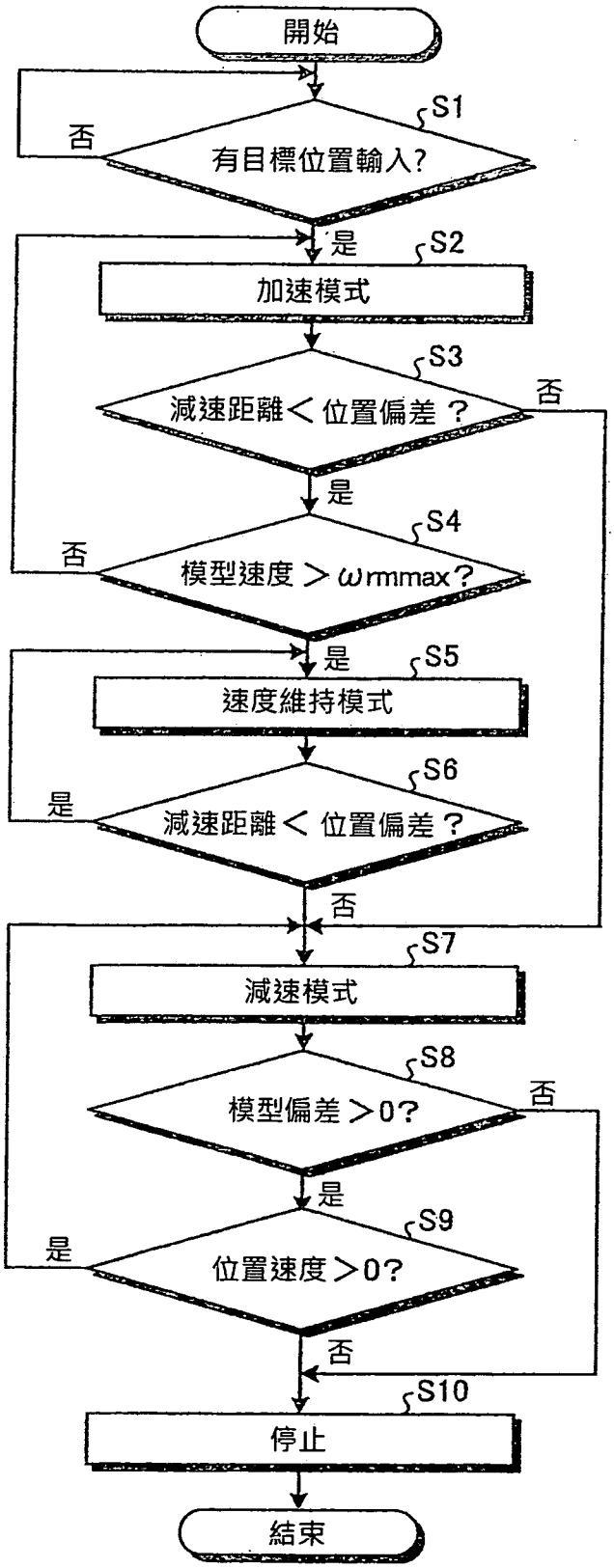
第1圖


30
30a
30b
收斂計算部
30d
30p
30k
30e
q軸電壓
取出部
馬達
模型
(電性)
30q
31
轉矩
換算部
積分/
電流
振幅
控制部
30n
30m
30j
27
q軸電壓
限制計算部
30l
30o
馬達消耗
電力計算部
30c
30g
30f
28
30i
30h
32

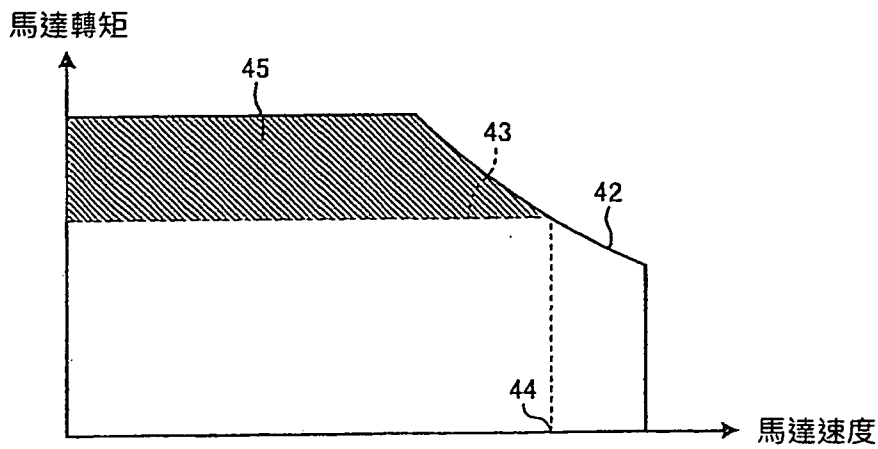
第2圖


30
30s
轉矩
31
30r
27
轉矩表
初始化
控制部
速度
28
32

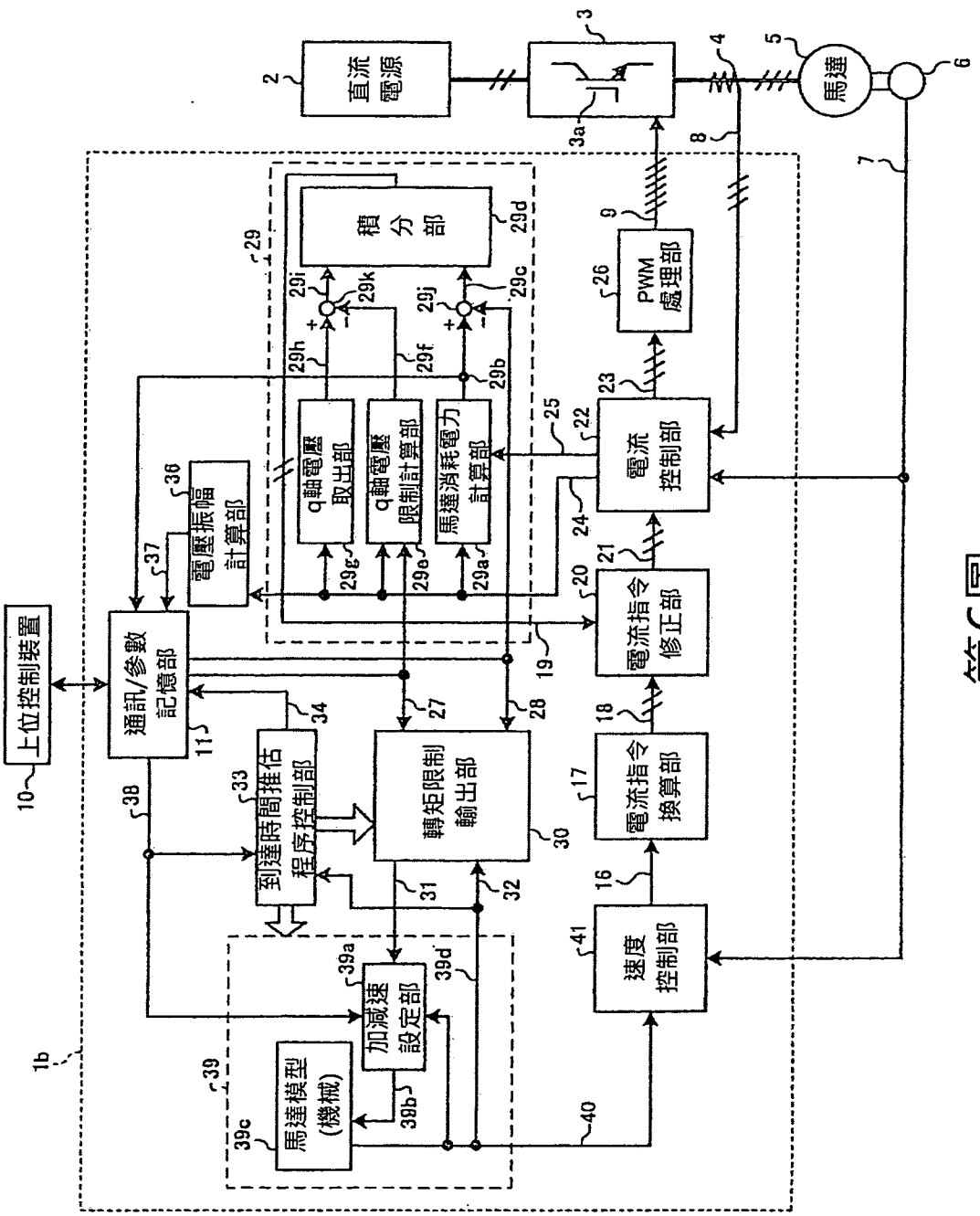
第3圖


開始
S1
有目標位置輸入?
否
是
S2
加速模式
S3
減速距離＜位置偏差？
否
是
S4
模型速度＞ωrmmax?
否
是
S5
速度維持模式
S6
減速距離＜位置偏差？
是
否
S7
減速模式
S8
模型偏差＞0?
否
是
S9
位置速度＞0?
是
否
S10
停止
結束

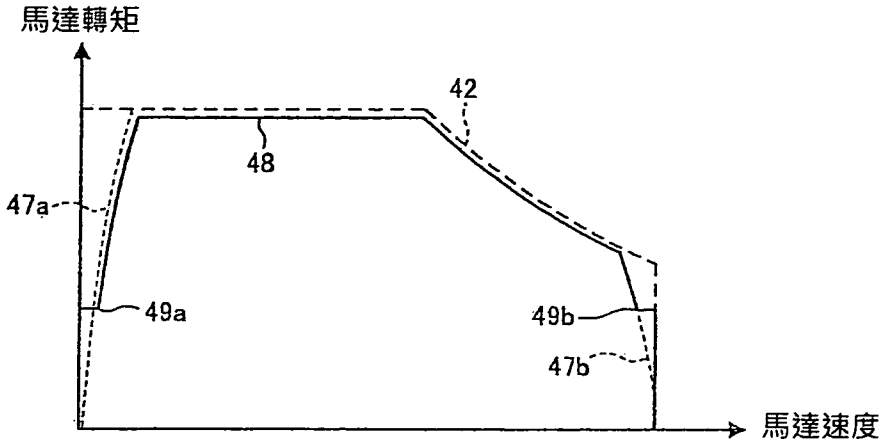
第4圖




第5圖


直流電源
馬達
上位控制裝置
通訊/參數記憶部
電壓振幅計算部
積分部
q軸電壓取出部
q軸電壓限制計算部
馬達消耗電力計算部
PWM處理部
電流控制部
電流指令修正部
電流指令換算部
速度控制部
轉矩限制輸出部
到達時間推估程序控制部
加減速設定部
馬達模型(機械)

第6圖




第7圖