

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：94109620

※申請日期：94.3.8

※IPC 分類：H02K29/12

一、發明名稱：(中文/英文)

無刷直流馬達(BLDCM)之控制方法及控制電路

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

台達電子工業股份有限公司 / DELTA ELECTRONICS, INC.

代表人：(中文/英文)

鄭崇華 / Bruce C. H. Cheng

住居所或營業所地址：(中文/英文)

台達電子工業股份有限公司 / DELTA ELECTRONICS, INC.

國籍：(中文/英文)

中華民國 / Taiwan, R.O.C.

三、發明人：(共 6 人)

姓名：(中文/英文)

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. 王微子 / Wei-Zi Wang | ID : 430626197905185213 |
| 2. 吳志敢 / Zhi-Gan Wu | ID : 330106197209150416 |
| 3. 金萬兵 / Wan-Bing Jin | ID : 211223197711212016 |
| 4. 應建平 / Jian-Ping Ying | ID : 330102550318035 |
| 5. 黃世民 / Shih-Min Huang | ID : N120753335 |
| 6. 黃文喜 / Wen-His Huang | ID : F122434748 |

國籍：(中文/英文)

1~4. 中華人民共和國 / People's Republic of China

5~6. 中華民國 / Republic of China

四、聲明事項：

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1.

☐ 主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

八、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本案係指一種無刷直流馬達之控制方法及控制電路，尤指一種無須使用霍爾效應偵測器(Hall-effect sensor)的單相(single-phase)無刷直流馬達(brushless DC motor, BLDCM)之控制方法及控制電路。

【先前技術】

一般的單相無刷直流馬達必須藉由同步於轉子(rotor)之位置的一電流換向信號以維持正常的運作，在大部份的應用場合中會在該馬達內使用一霍爾效應偵測器用以偵測轉子的位置。

霍爾效應偵測器本身具有極易受到溫度變化而影響元件表現的缺點，因此將其應用於馬達內亦會使得採用該馬達的系統在相對於環境變化(特別是溫度變化)方面的表現能力不如預期，此外，在馬達內使用霍爾效應偵測器還會產生增加馬達的尺寸大小以及提高生產的成本等問題。

傳統技術當中已經提出了數種使用偵測轉子位置之霍爾效應偵測器的馬達及其控制方法，第一圖即為傳統技術中一種單相無刷直流馬達之定子與轉子的結構剖面圖。

為了儘量避免使用霍爾效應偵測器，傳統技術更提出了一種使用偵測線圈的方法，請參閱第二圖，其為美國專利 US5,598,071 號所提出之另一種單相無刷直流馬達之定子與轉子的結構剖面圖；圖中的結構係由驅動繞組 4、偵測線圈 5、氣室 8、轉子 9、轉軸 10、開口 11、以及定子 12 所構成。其中，驅動繞組 4 係纏繞於定子齒 2，而偵測線圈 5 則係纏繞於定子 12 的附加齒 1。在此種結構中，偵測線圈 5 係具有一極大的線圈匝數，其可提供一極高且能夠反應出反電動勢(back electric motive force, BEMF)訊息的信號，利用該信號可偵測到反電動勢。再藉由一控制器根據偵測線圈 5 所產生的該信號便能夠成功地對馬達進行控制。

然而，這種技術由於必須在定子 12 上額外製作附加齒 1 以供

偵測線圈 5 的纏繞，因此會使得馬達的結構趨於複雜，同時因為附加齒 1 的存在，亦會減少驅動繞組 4 的設置空間，影響到馬達的運作表現。

請參閱第三圖，其為傳統技術中使用霍爾效應偵測器時馬達之反電動勢的信號與定子繞組之電樞(armature)電流之間關係的示意圖。由圖中可看出，其係經由 S1 及 S2 兩個步驟以控制該馬達；在每個步驟中，控制器係自霍爾效應偵測器獲得反電動勢信息並加以分析，以得到轉子的位置，接著藉由控制定子之 H-橋(H-bridge)上的四個開關使得電樞電流與該反電動勢之信號間呈現出第三圖所示之關係；亦即，電樞電流與馬達之反電動勢的相位一致。

職是之故，申請人鑑於習知技術中使用霍爾效應偵測器之技術、以及欲規避使用霍爾效應偵測器之技術所產生之缺失，經過悉心試驗與研究，並一本鍥而不捨之精神，終構思出本案「無刷直流馬達之控制方法及控制電路」，以下為本案之簡要說明。

【發明內容】

本案之目的為提出一種單向無刷直流馬達控制方法及控制電路，其不但無須使用霍爾效應偵測器，亦無須增加額外的線圈，僅憑藉控制電路及控制方法的特殊設計即可完成電機換向使得馬達正常運行。

本案之構想為提出一種無須使用霍爾效應偵測器的單向無刷直流馬達及其控制方法和控制電路，其可改善傳統技術中使用霍爾效應偵測器控制馬達時所產生易受到環境(溫度)變化之影響的問題、以及使用偵測線圈取代霍爾效應偵測器時所造成馬達結構趨於複雜和減少繞組之設置空間的問題。

根據本案之構想，提出一種單向無刷直流馬達之控制方法及控制電路，係以馬達繞組分時復用的方法先將馬達繞組當作驅動元件使用，期間負載電流流過繞組從而產生驅動轉矩使的馬達旋轉，接著再將馬達繞組當作偵測元件使用，期間繞組內電流幾乎為零，因此控制器可從繞組端電壓分析出反電動勢的信息，並藉

由調整控制參數並和進行換向，以控制該單向無刷直流馬達。

根據本案之構想，提出一種無刷直流馬達之控制方法，該無刷直流馬達包括一換流器、一定子及一轉子，該定子具有一繞組，該轉子轉動時會於該繞組中產生一反電動勢，該控制方法包括下列步驟：(a)控制該換流器使得具有一第一方向的一第一電流至該繞組使得該轉子旋轉；(b)於一第一時刻切斷該換流器上該第一電流所流經的迴路，該繞組中該第一電流經由續流迴路衰減，該第一電流於一第二時刻變為零；(c)測量該繞組之端電壓即為該反電動勢，並獲得該反電動勢變為零的一第三時刻；(d)該控制器根據該第三時刻與該第二時刻之關係調整該第一時刻大小，並於一第四時刻使用具有一第二方向的一第二電流重覆上述步驟。

根據上述構想，其中該第一方向係與該第二方向相反。

根據上述構想，其中該第二時刻是該控制器經電流檢測得出該第一電流為零之時刻。

根據上述構想，其中該第二時刻是該控制器在該第一時刻後運作一恰當延時程序後的時刻。

根據上述構想，其中該第四時刻滿足：若該第三時刻早於該第二時刻，則該第四時刻等於該第二時刻；以及若該第三時刻晚於該第二時刻，則第四時刻等於該第三時刻。

根據上述構想，其中該第四時刻在該無刷直流馬達運轉於高速時滿足：若該第三時刻早於該第二時刻，則該第四時刻等於該第二時刻；以及若該第三時刻晚於該第二時刻，則該第四時刻稍早於該第三時刻，且該無刷直流馬達之轉速越高，該第四時刻提早越多。

根據上述構想，其中該無刷直流馬達係為一單相無刷直流馬達，其驅動方案為雙極性驅動。

根據上述構想，其中步驟(d)係以下列步驟調整該第一時刻之數值：若該第三時刻早於該第二時刻，則降低該第一時刻之數值；若該第三時刻晚於該第二時刻但延遲時間不超過一預定值，則保持該第一時刻之數值；以及若該第三時刻晚於該第二時刻且延遲

時間超過該預定值，則升高該第一時刻之數值。

根據上述構想，其中該預定值為零或稍大於零。

根據本案之另一構想，提出一種無刷直流馬達之控制電路，該無刷直流馬達包括一定子及一轉子，該定子具有一繞組，該轉子轉動時會於該繞組中產生一反電動勢(BEMF)，該控制電路包括：一電源供應電路，用以供應一具有一第一方向的一第一電流；一換流器，電連接於該繞組及該電源供應電路，該第一電流係經由該換流器的切換而被提供至該繞組、接著再經由該換流器的切換而停止被提供至該繞組；一反電動勢偵測電路，電連接於該繞組及該換流器，用以測量該第一電流停止後、該繞組內電流變成零時該繞組的一端電壓(terminal voltage)；以及一控制器，電連接於該電源供應電路、該換流器及該反電動勢偵測電路，用以分析該端電壓以獲得該反電動勢狀況信息，以控制該無刷直流馬達。

根據上述構想，其中該換流器係由四個開關所構成。

根據上述構想，其中該電源供應電路係由二極體、電阻及電容之至少一項所構成。

根據上述構想，其中該反電動勢偵測電路係為一比較電路或一分壓保護電路，其係由二極體及電阻所構成。

根據上述構想，其中該換流器係於一第一時刻停止提供該第一電流，該繞組內電流係於一第二時刻變成零，且該反電動勢係於一第三時刻變成零，而該控制器係根據該第二時刻與該第三時刻之間的三種關係，調整該第一時刻之數值。

根據上述構想，其中該控制器係於一第四時刻進行換向(commutation)，控制該換流器的切換使得該電源供應電路供給該繞組，使其具有與換向前電流方向相反的另一方向之電流。

根據上述構想，其中三種關係如下：(a)若該第三時刻早於該第二時刻，該控制器即降低該第一時刻之數值，立即切換該換流器以提供另一方向之電流給該馬達；(b)若該第三時刻晚於該第二時刻但延遲時間不超過一預定值，該控制器保持該第一時刻不變，並於一第四時刻切換該換流器並開始提供另一方向之電流給該馬

達；以及(c)若該第三時刻晚於該第二時刻且延遲時間超過一該預定值，該控制器提高該第一時刻，並於第四時刻切換該換流器並開始提供另一方向之電流給馬達。

根據上述構想，其中該控制器更根據該轉子的一旋轉速度決定該第四時刻係小於或等於該第三時刻。

根據上述構想，其中該感應電動勢偵測電路係為一比較電路(comparator circuit)。

根據上述構想，其中該感應電動勢偵測電路係為一類比-數位轉換電路。

本案得藉由下列圖式及詳細說明，俾得更深入之了解：

【實施方式】

本案所提出無須使用霍爾效應偵測器的單向無刷直流馬達之控制方法，係於馬達之定子結構的 H-橋(H-bridge)上設置一控制電路、並基於所謂的馬達繞組分時復用(motor winding time-sharing)技術而進行控制。也就是說，使用控制器控制換流器(inverter)，當反電動勢的絕對值極大時，在馬達繞組內注入一方向與反電動勢一致的負載電流，使得馬達繞組成為一驅動元件；而當反電動勢的絕對值極小時，使得馬達繞組幾乎不具電流而成為一偵測元件，此時控制器便根據所偵測到的反電動勢信息不斷調整馬達繞組作為驅動元件的時間長短並進行電機換向，使得電機以高效率穩定地運行。

◎無刷直流馬達之控制方法

請參閱第四圖，其由上至下依序為本案無刷直流馬達之控制方法中反電動勢、繞組端電壓、以及繞組電流之關係的示意圖。如圖所示，本案控制方法的一個完整的控制週期可分為 S1~S8 等八個步驟來看，控制週期的第一半週期包括步驟 S1~S4，而第二半週期則係由步驟 S5~S8 所構成。

在第一半週期的步驟 S1 之中，控制器係控制換流器使得與反

電動勢方向一致的一第一方向電流在時間 T_{on} 內流過馬達(一般來說, T_{on} 係稍微小於半個控制週期), 在此期間一電源供應電壓會被施加於該馬達; 接著, 換流器中的所有開關會被關閉, 以停止供應該電源供應電壓至該馬達, 由於馬達繞組的電感, 使得繞組中的電流會在步驟 S2 的時間內逐漸降至零; 然後, 在步驟 S3 和 S4 的時間內, 繞組中的電流幾乎為零而馬達則因為本身的慣性(inertia)而保持轉動, 此時繞組的端電壓正好係為轉子轉動時於繞組中產生的反電動勢, 因此控制器便可以藉由測量該端電壓而獲得電機反電動勢的信息, 最後, 根據該反電動勢的情況調整 T_{on} 的大小並在反電動勢過零時做出換向, 從而進入下半個控制週期。

在第二半週期的步驟 S5 之中, 控制器係控制換流器使得與反電動勢方向一致的一第二方向電流在時間 T_{on} 內流過馬達, 在此期間一電源供應電壓會被施加於該馬達; 接著, 換流器中的所有開關會被關閉, 以停止供應該電源供應電壓至該馬達, 由於馬達繞組的電感, 使得繞組中的電流會在步驟 S6 的時間內逐漸降至零; 然後, 在步驟 S7 和 S8 的時間內, 繞組中的電流幾乎為零而馬達則因為本身的慣性而保持轉動, 此時繞組的端電壓正好係為轉子轉動時於繞組中產生的反電動勢, 因此控制器便可以藉由測量該端電壓而獲得電機反電動勢的信息, 最後, 根據該反電動勢情況調整 T_{on} 大小並在反電動勢過零時做出換向, 從而進入下一控制週期。

在第一半週期內, 在繞組電流變為零的步驟 S2 之後, 控制器便能夠藉由偵測繞組的端電壓而獲得電機反電動勢的信息, 在測得反電動勢的信息之後, 會發現反電動勢與電流二者之間具有如第五圖所示般三種可能的關係:

(1)當反電動勢和繞組電流的關係如第五圖(c)所示般, 在電流變為零之後控制器藉由偵測繞組端電壓而發現反電動勢已經過零, 亦即反電動勢的方向與在此之前的電流方向不同, 這代表施加該電源供應電壓的時間 T_{on} 過長; 因此, 控制器在縮短時間 T_{on} 的同時亦立即控制換流器對電機進行換向, 使得另一方向的電流

流經繞組，並以更新後的 T_{on} 值進入控制方法的下一半週期。

(2)當反電動勢和繞組電流的關係如第五圖(a)所示般，在電流變為零之後控制器藉由偵測繞組端電壓而發現反電動勢尚未過零，亦即反電動勢的方向與在此之前的電流方向相同，而且反電動勢一直到 S4 的期間內才過零。這代表施加該電源供應電壓的時間 T_{on} 過短；因此，控制器將在延長時間 T_{on} 的同時亦不斷偵測反電動勢直到發現反電動勢過零後，才控制換流器對電機進行換向，使得另一方向的電流流經繞組，並以更新後的 T_{on} 值進入控制方法的下一半週期。

(3)當反電動勢和繞組電流的關係如第五圖(b)所示般，在電流變為零之後控制器藉由偵測繞組端電壓而發現反電動勢尚未過零，亦即反電動勢的方向與在此之前的電流方向相同，而且反電動勢係在 S3 的期間內過零。這代表施加該電源供應電壓的時間 T_{on} 大小剛好；因此，控制器會保持時間 T_{on} 不變，並不斷偵測反電動勢直到發現反電動勢過零後，才控制換流器對電機進行換向，使得另一方向的電流流經繞組，並以更新後的 T_{on} 值進入控制方法的下一半週期。

同樣地，在第二半週期內，在繞組電流變為零的步驟 S6 之後，控制器亦能夠藉由與前述相同的方法偵測繞組的端電壓而獲得反電動勢的信息，在偵測到反電動勢的信息之後，同樣會發現反電動勢和繞組電流二者之間具有三種跟在第一半週期中相同的可能關係，此時控制器便可採用和在第一半週期中相同的控制策略來調整 T_{on} 以及對電機進行換向。

藉由上述控制策略的調整，馬達在穩態運行時反電動勢的過零點將僅會出現在 S3 或 S7 的期間內；此處引入 S3 和 S7 的目的是為了增強系統的穩態運行性能。當然，步驟 S3 和 S7 本身的時間長度 t_1 可以設定成很短、甚至為零。

因此，綜合了上述第一半週期以及第二半週期的控制方法，便能夠使得馬達在各種環境狀況之下順利運轉。

◎無刷直流馬達之控制電路第一實施例

第六圖係為本案無刷直流馬達及其控制電路第一實施例之電路圖，本案無刷直流馬達之控制電路係由開關 $G1\sim G4$ 所構成的換流器、電阻 $R1\sim R3$ 、電容 C 、二極體 D 、比較電路、以及控制器所組成，圖中的控制器會發送控制信號 $T1$ 、 $T2$ 至換流器以控制該換流器中的開關 $G1\sim G4$ ，另外，電阻 $R1\sim R3$ 的阻值以及比較電路中電阻的阻值皆遠大於繞組的電阻阻值(亦即，繞組的電阻阻值可以省略不計)。

根據前述之控制模式以控制該換流器中的開關 $G1\sim G4$ ，便能夠在馬達繞組中注入驅動電流使得轉子轉動。在運作期間內電壓 V_e 基本上幾乎等於電源供應電壓 V_{cc} ，緊接着當所有的開關都被關閉時，由於馬達繞組的電感以及二極體 D 的緣故，續流電流會對電容 C 充電，因此電壓 V_e 將會一直增加直到繞組中電流變成零為止，之後，電壓 V_e 便會因為電容 C 本身的漏電流(leakage current)而逐漸減少；也就是說，當電壓 V_e 到達極大值時，繞組中的電流恰好減少至零。一般來說，繞組中的電流越大，電壓 V_e 的極大值也就越大，因此，控制器可藉由分析所輸入標示 V_i 的電壓以獲得電源供應量、電流的 ZCP、甚至是電流大小；而當繞組電流為零時，因為電阻 $R1$ 的一端係連接於地，因此第六圖中標示 $V2$ 之節點的電壓便為馬達繞組端電壓，其可反應出反電動勢的大小，此時 $V2$ 經由圖中的比較電路即可輸出反電動勢的過零點信息 $V3$ 至控制器。是故，控制器根據 V_i 、 $V3$ 便可瞭解到馬達繞組中的電流以及反電動勢的情況，從而可根據兩者的關係調整 Ton 的大小、並送出控制信號 $T1$ 、 $T2$ 以控制換流器，使得馬達穩定地運行。

請參閱第七圖，其顯示第六圖之電壓 V_e 的時序變化。在 $K1$ 期間，電源電壓施加到馬達繞組上，此時的 V_e 等於 V_a ，而 V_a 幾乎等於電源供應電壓 V_{cc} ；在 $K2$ 期間，換流器的所有開關 $G1\sim G4$ 都關閉，由於馬達電感和二極體 D 的影響，繞組電流慢慢減小，續流電流將會對電容 C 充電，於是 V_e 逐漸變大，當 V_e 達其極大

值 V_b 時代表馬達繞組中的電流已經減至零；之後的 $K3$ 期間換流器的開關依然關閉，而電容端電壓 V_e 則因電容本身的漏電流而從極大值 V_b 開始慢慢衰減。

◎無刷直流馬達之控制電路第二實施例

請參閱第八圖，其為本案無刷直流馬達及其控制電路第二實施例之電路圖，圖中的電路大部份與第六圖相同，惟一不同之處在於將比較電路以由電阻 $R4\sim R6$ 和二極體 $D1$ 所構成的一分壓保護電路取代。因此，當繞組電流為零時、控制器能夠從標示 $V3$ 之電壓處藉由控制器中的類比數位轉換器獲得反電動勢之數位值。是故，控制器便可以獲知反電動勢的數位值，而根據該值作出換向決策以及調整相關的控制參數。這種基於反電動勢之實際值的方法更加靈活，因為其可根據馬達轉速的情況調節馬達的換向角，在馬達高速運轉時進行超前換向以輸出較大轉矩，並在馬達低速運轉時在反電動勢的過零點處換向，以保證其以最高效率運轉。

◎無刷直流馬達之控制電路第三實施例

請參閱第九圖，其為本案無刷直流馬達及其控制電路第三實施例之電路圖，其中控制器會發送控制信號 $T1\sim T4$ 至換流器以分別控制該換流器中的開關 $G1\sim G4$ ，而圖中的電阻阻值依然遠大於馬達繞組本身的電阻值。本實施例和前述之實施例不同之處在於：

(1)換流器上的四個開關係分別使用四個彼此獨立的控制信號 $T1\sim T4$ 進行控制。

(2)續流電流流經的路線不同；亦即，續流期間 H 橋上開關 $G1$ 或 $G4$ 導通，因此續流電流會直接通過換流器的內部。

(3)當繞組電流變為零後，控制信號 $T4$ 使得開關 $G4$ 導通，因此節點 $V1$ 相當於接地，從而 $V2$ 處的電壓即為馬達繞組端電壓，該電壓在繞組電流為零時等於馬達的反電動勢。是故， $V2$ 經電阻網路分壓和保護之後輸出的 $V3$ 即為反電動勢信號。控制器藉由類比-數位轉換即可獲得反電動勢信息。

(4)電流過零點的偵測方法不同；由於馬達的電氣時間常數很

小，因此馬達電流的續流時間很短，這裏在進入電流續流後控制器運行一段延遲程序，延遲一段時間後即認為電流減小至零，從而開始偵測反電動勢信息。

◎無刷直流馬達之控制電路第三實施例

請參閱第十圖，其為本案無刷直流馬達及其控制電路第四實施例之電路圖，圖中的反電動勢偵測電路可採用與第六圖、第八圖、或第九圖的中的任意一種，圖中各電阻阻值均遠大於馬達繞組之電阻值，二極體 D4 用於鉗制電壓 V_i ，使其不大于+5V。本實施例和前述之實施例不同之處在於：

(1)這裏的電流過零點偵測是藉由第十圖中 V_i 的電位跳變或延遲程序來實現。圖中當 G2、G4 導通時，電流經 I1 流過電路，此時 V1 經導通的 G4 接地，因此 V_i 為低電位；之後所有開關會關閉，由於馬達電感的影響，馬達繞組中的電流將會沿著 I2 所示之途徑進行續流，此時電壓 V1 約等於電源電壓（一般來說遠高於+5V），在 D4 鉗制之下此時的 V_i 將輸出約為+5V 的高電位。續流結束之後，電阻 R5 將 V_i 的電位重新拉回低電位。因此在續流過程中當控制器偵測到 V_i 電位從高電位跳變為低電位時即可判斷此時馬達繞組中的電流變為零。控制器會將本續流期間 V_i 維持高電位的時間 dt 記錄下來。而在接下來的另一半控制週期中，控制器在令 G1、G3 關閉後執行延遲程序延遲 dt 便可認為繞組中的電流減小至零。

(2)當電流變為零後，由於電阻 R5 接地，控制器可經過由 R5、馬達繞組以及反電動勢偵測電路所構成的迴路偵測到馬達繞組的端電壓（即反電動勢信息），並經類比-數位轉換得到其數位值。

(3)控制器根據 V_i 、V3 上所獲得的信息分析繞組中的電流以及反電動勢的情況，採用前述控制策略以調整 T_{on} 並在恰當時刻對馬達進行換向，使得馬達穩定地運行。

綜上所述，本案係提供一種單向無刷直流馬達之控制方法及控制電路，如第十一圖之流程圖所示，其特徵在於：先在一段時間

Ton 內提供一電流至馬達繞組使得轉子旋轉，接著停止提供該電流，等候該繞組內電流變成零時之零交叉點的出現，以測量該繞組內電流變成零時該繞組的一端電壓，再藉由分析該端電壓以獲得反電動勢，最後根據反電動勢的訊息調整 Ton 的長短並進行換流，以繼續控制該無刷直流馬達。

本案發明不但無須使用霍爾效應偵測器，亦無須增加額外的線圈，僅憑藉控制電路及控制方法的特殊設計，利用馬達繞組分時復用的原理偵測反電動勢及繞組電流的零交叉點，再根據零交叉點的出現時間調整形成反電動勢之電源供應電壓的持續供應時間，即可達到控制轉子的目的，維持無刷直流馬達的運轉。

本案得由熟悉本技藝之人士任施匠思而為諸般修飾，然皆不脫如附申請專利範圍所欲保護者。

【圖式簡單說明】

第一圖：傳統技術中一種單相無刷直流馬達之定子與轉子的結構剖面圖；

第二圖：傳統技術中一種單相無刷直流馬達之定子與轉子的結構剖面圖；

第三圖：傳統技術中使用霍爾效應偵測器利用感應電動勢偵測反電動勢信號時、反電動勢信號與定子繞組之電樞電流之關係的示意圖；

第四圖：本案無刷直流馬達之控制方法中反電動勢電壓、繞組端電壓、以及繞組電流之關係的示意圖；

第五圖：本案無刷直流馬達之控制方法中反電動勢電壓與電流之三種可能關係的示意圖；

第六圖：本案無刷直流馬達及其控制電路第一實施例之電路圖；

第七圖：第六圖之電壓 V_e 的時序變化圖；

第八圖：本案無刷直流馬達及其控制電路第二實施例之電路圖；

第九圖：本案無刷直流馬達及其控制電路第三實施例之電路圖；

第十圖：本案無刷直流馬達及其控制電路第四實施例之電路圖；

以及

第十一圖：本案無刷直流馬達之控制方法的流程圖。

【圖式符號說明】

1、2 磁極

3、6、7 磁場

4 驅動繞組

5 偵測線圈

8 氣室

9 轉子

10 轉軸

11 開口

12 定子

S1~S8 步驟

Ton 時間長度

t 時間

e 反電動勢

u 繞組電壓

i 繞組電流

Vcc 電源供應電壓

D、D1、D4 二極體

C 電容

R1~R7 電阻

Ve、Vi、V1~V3 節點電壓

G1~G4 開關

T1~T4 控制信號

I1、I2 電流路徑

五、中文發明摘要：

本案係指一種無刷直流馬達之控制方法及控制電路，係利用馬達繞組分時復用(time-sharing)的原理以實現無須使用霍爾效應偵測器(Hall-effect sensor)即可控制無刷直流馬達的目的。該控制方法為：在半個反電動勢週期中，馬達繞組在大部分時間內被當作驅動元件使用，此時控制器會驅動電流流過馬達繞組時會產生驅動力矩而使馬達旋轉；而在緊接著的小部分時間內，馬達繞組被當作偵測元件使用，此時控制器使得馬達繞組的電流為零，馬達則因慣性而繼續旋轉，繞組端電壓即為馬達反電動勢，這時控制器會偵測反電動勢，並根據反電動勢的訊息調整下半個反電動勢週期中驅動電流之脈衝寬度，以完成馬達換向。

六、英文發明摘要：

九、申請專利範圍：

1.一種無刷直流馬達之控制方法，該無刷直流馬達包括一換流器、一定子及一轉子，該定子具有一繞組，該轉子轉動時會於該繞組中產生一反電動勢，該控制方法包括下列步驟：

(a)控制該換流器使得具有一第一方向的一第一電流至該繞組使得該轉子旋轉；

(b)於一第一時刻切斷該換流器上該第一電流所流經的迴路，該繞組中該第一電流經由續流迴路衰減，該第一電流於一第二時刻變為零；

(c)測量該繞組之端電壓即為該反電動勢，並獲得該反電動勢變為零的一第三時刻；

(d)該控制器根據該第三時刻與該第二時刻之關係調整該第一時刻大小，並於一第四時刻使用具有一第二方向的一第二電流重覆上述步驟。

2.如申請專利範圍第 1 項之控制方法，其中該第一方向係與該第二方向相反。

3.如申請專利範圍第 1 項之控制方法，其中該第二時刻是該控制器經電流檢測得出該第一電流為零之時刻。

4.如申請專利範圍第 1 項之控制方法，其中該第二時刻是該控制器在該第一時刻後運作一恰當延時程序後的時刻。

5.如申請專利範圍第 1 項之控制方法，其中該第四時刻滿足：
若該第三時刻早於該第二時刻，則該第四時刻等於該第二時刻；以及

若該第三時刻晚於該第二時刻，則第四時刻等於該第三時刻。

6.如申請專利範圍第 1 項之控制方法，其中該第四時刻在該無刷直流馬達運轉於高速時滿足：

若該第三時刻早於該第二時刻，則該第四時刻等於該第二時刻；
以及

若該第三時刻晚於該第二時刻，則該第四時刻稍早於該第三時

刻，且該無刷直流馬達之轉速越高，該第四時刻提早越多。

7.如申請專利範圍第 1 項之控制方法，其中該無刷直流馬達係為一單相無刷直流馬達，其驅動方案為雙極性驅動。

8.如申請專利範圍第 1 項之控制方法，其中步驟(d)係以下列步驟調整該第一時刻之數值：

若該第三時刻早於該第二時刻，則降低該第一時刻之數值；

若該第三時刻晚於該第二時刻但延遲時間不超過一預定值，則保持該第一時刻之數值；以及

若該第三時刻晚於該第二時刻且延遲時間超過該預定值，則升高該第一時刻之數值。

9.如申請專利範圍第 8 項之控制方法，其中該預定值為零或稍大於零。

10.一種無刷直流馬達之控制電路，該無刷直流馬達包括一定子及一轉子，該定子具有一繞組，該轉子轉動時會於該繞組中產生一反電動勢(BEMF)，該控制電路包括：

一電源供應電路，用以供應一具有一第一方向的一第一電流；

一換流器，電連接於該繞組及該電源供應電路，該第一電流係經由該換流器的切換而被提供至該繞組、接著再經由該換流器的切換而停止被提供至該繞組；

一反電動勢偵測電路，電連接於該繞組及該換流器，用以測量該第一電流停止後、該繞組內電流變成零時該繞組的一端電壓(terminal voltage)；以及

一控制器，電連接於該電源供應電路、該換流器及該反電動勢偵測電路，用以分析該端電壓以獲得該反電動勢狀況信息，以控制該無刷直流馬達。

11.如申請專利範圍第 10 項之控制電路，其中該換流器係由四個開關所構成。

12.如申請專利範圍第 10 項之控制電路，其中該電源供應電路係由二極體、電阻及電容之至少一項所構成。

13.如申請專利範圍第 10 項之控制電路，其中該反電動勢偵測電路

係為一比較電路或一分壓保護電路，其係由二極體及電阻所構成。

14.如申請專利範圍第 10 項之控制電路，其中該換流器係於一第一時刻停止提供該第一電流，該繞組內電流係於一第二時刻變成零，且該反電動勢係於一第三時刻變成零，而該控制器係根據該第二時刻與該第三時刻之間的三種關係，調整該第一時刻之數值。

15.如申請專利範圍第 14 項之控制電路，其中該控制器係於一第四時刻進行換向(commutation)，控制該換流器的切換使得該電源供應電路供給該繞組，使其具有與換向前電流方向相反的另一方向之電流。

16.如申請專利範圍第 15 項之控制電路，其中三種關係如下：

(a)若該第三時刻早於該第二時刻，該控制器即降低該第一時刻之數值，立即切換該換流器以提供另一方向之電流給該馬達；

(b)若該第三時刻晚於該第二時刻但延遲時間不超過一預定值，該控制器保持該第一時刻不變，並於一第四時刻切換該換流器並開始提供另一方向之電流給該馬達；以及

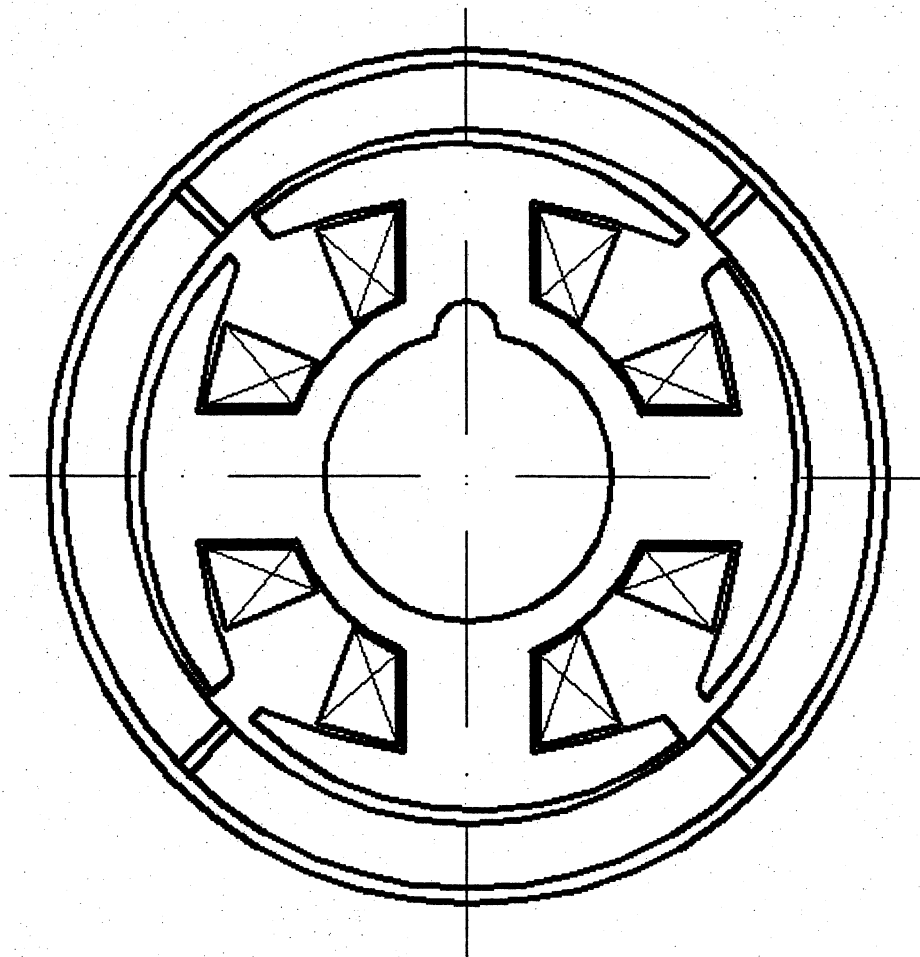
(c)若該第三時刻晚於該第二時刻且延遲時間超過一該預定值，該控制器提高該第一時刻，並於第四時刻切換該換流器並開始提供另一方向之電流給馬達。

17.如申請專利範圍第 16 項之控制電路，其中該控制器更根據該轉子的一旋轉速度決定該第四時刻係小於或等於該第三時刻。

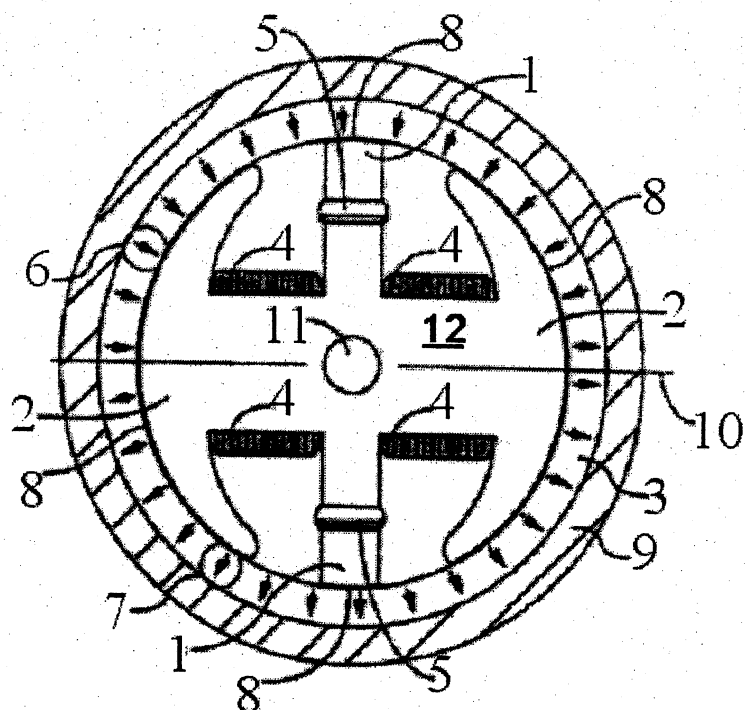
18.如申請專利範圍第 10 項之控制電路，其中該感應電動勢偵測電路係為一比較電路(comparator circuit)。

19.如申請專利範圍第 10 項之控制電路，其中該感應電動勢偵測電路係為一類比-數位轉換電路。

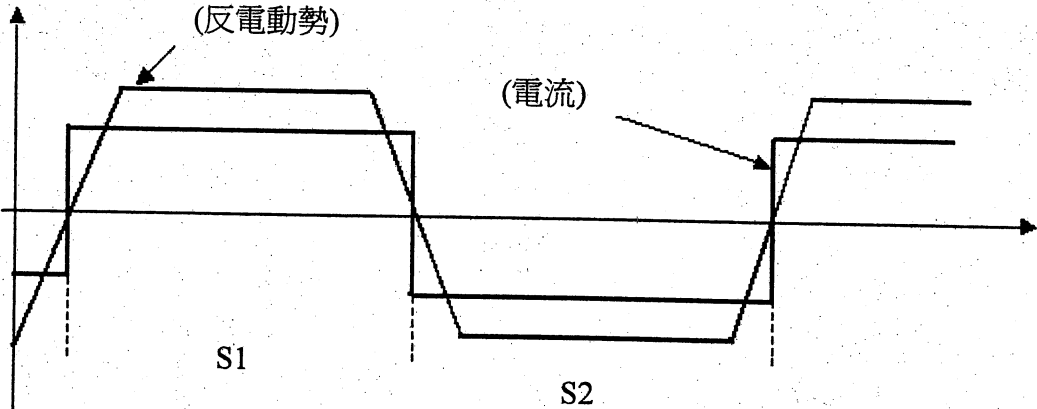
十、圖式：



第一圖

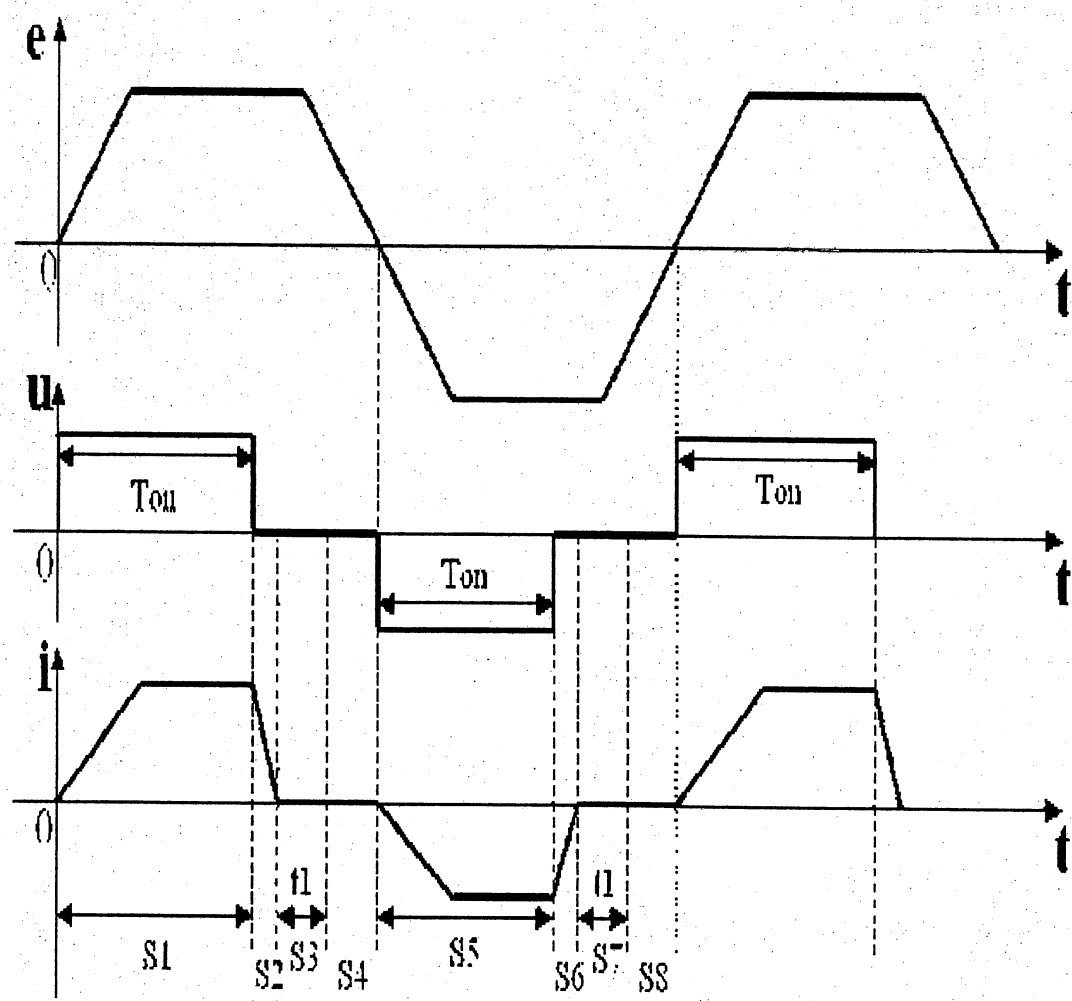


第二圖

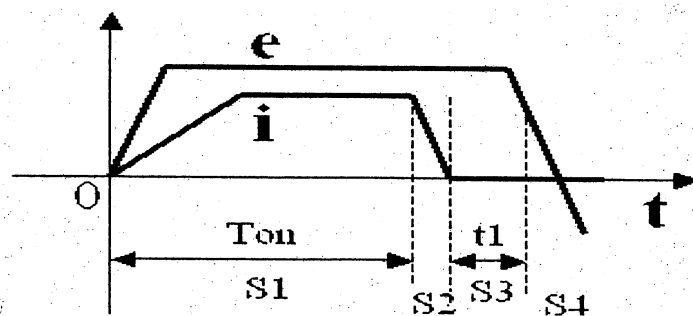


第三圖

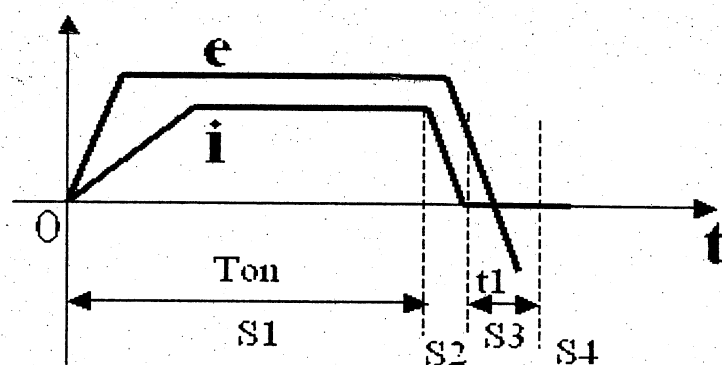




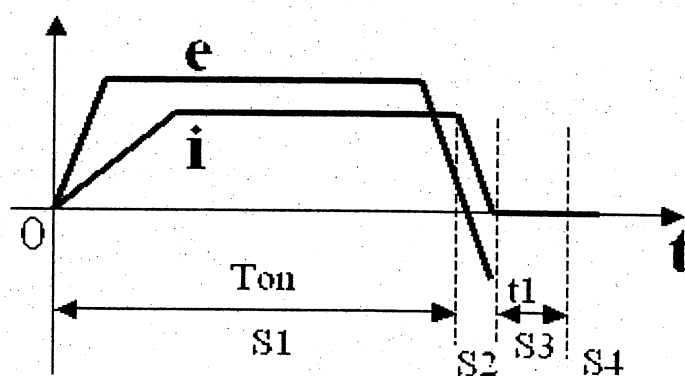
第四圖



(a)

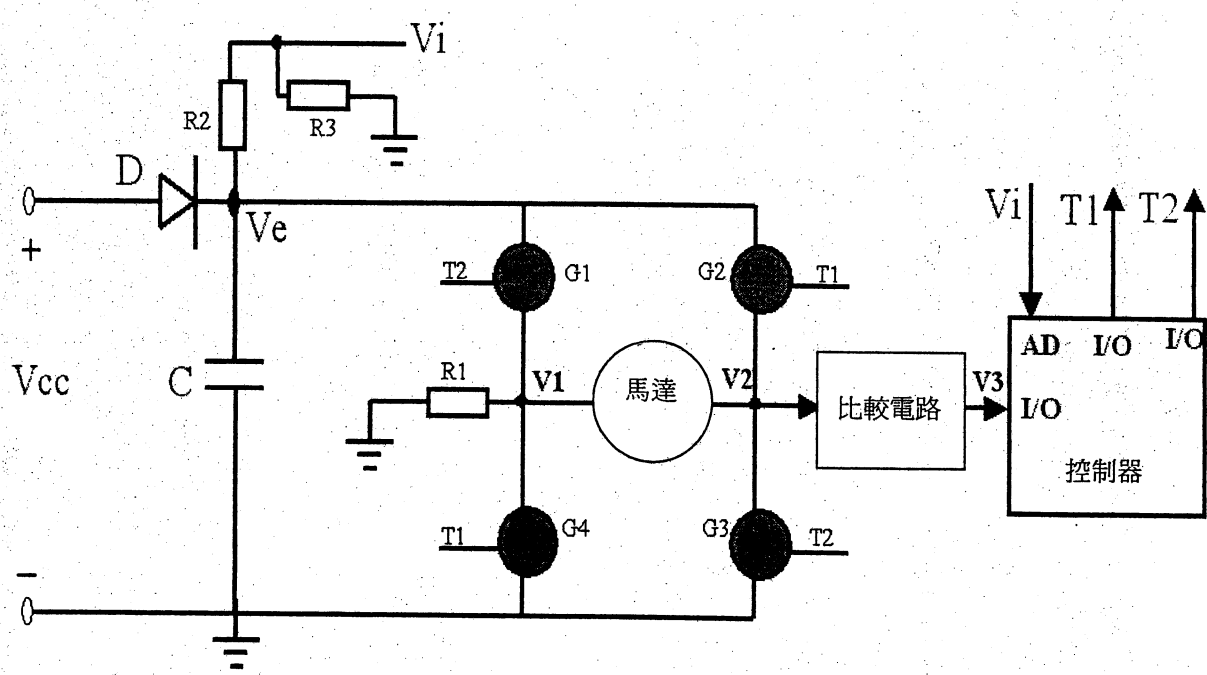


(b)

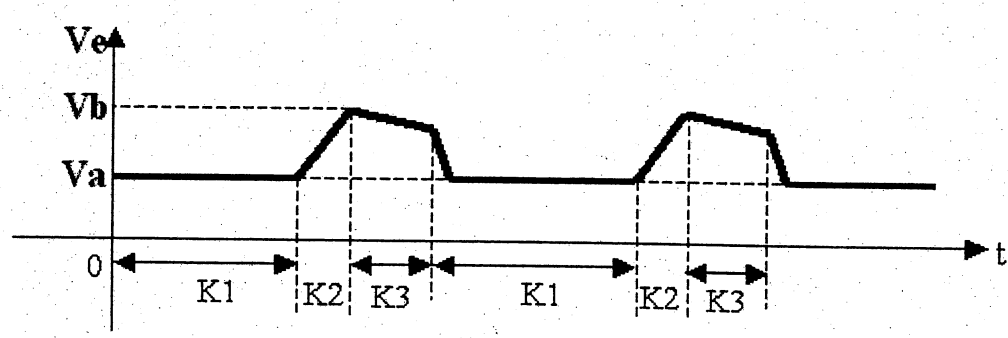


(c)

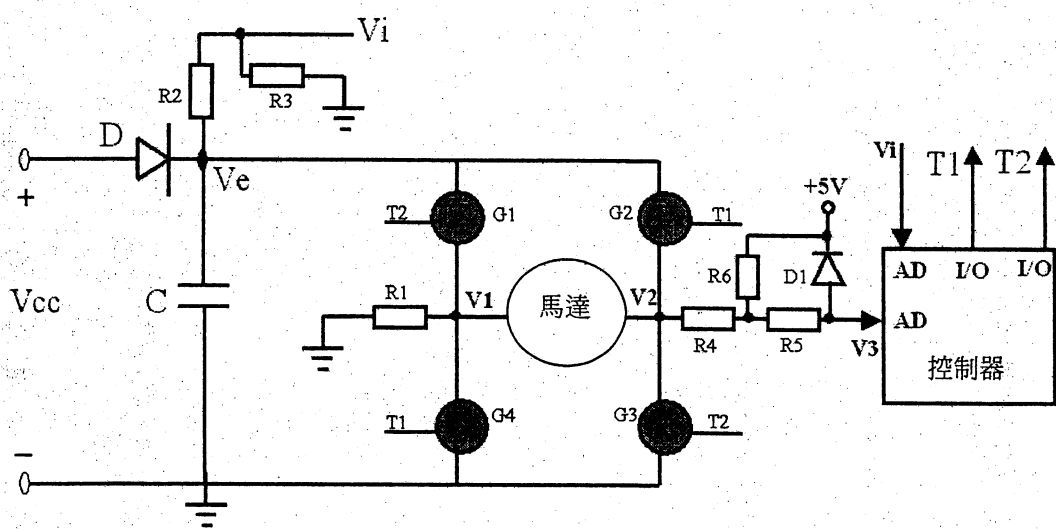
第五圖



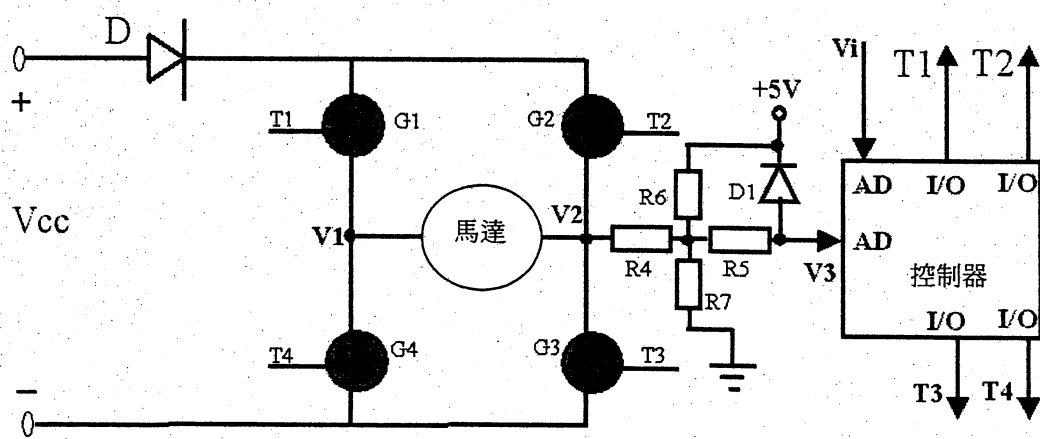
第六圖



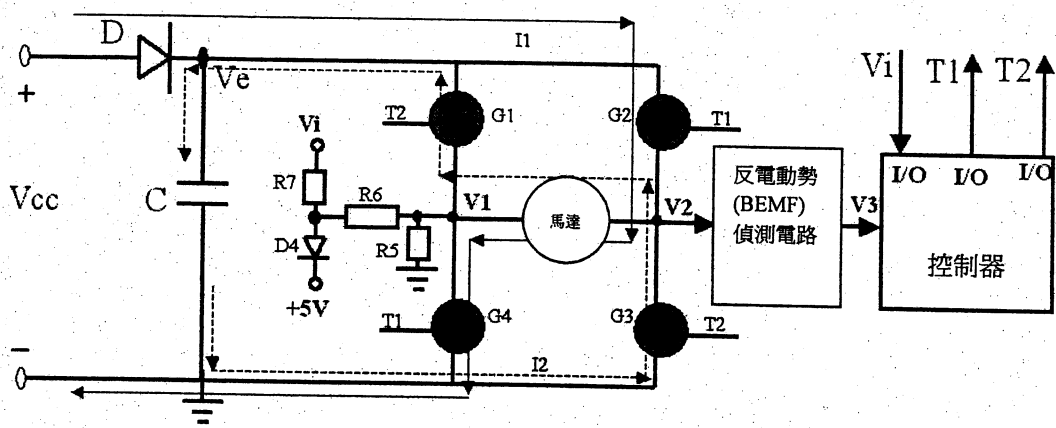
第七圖



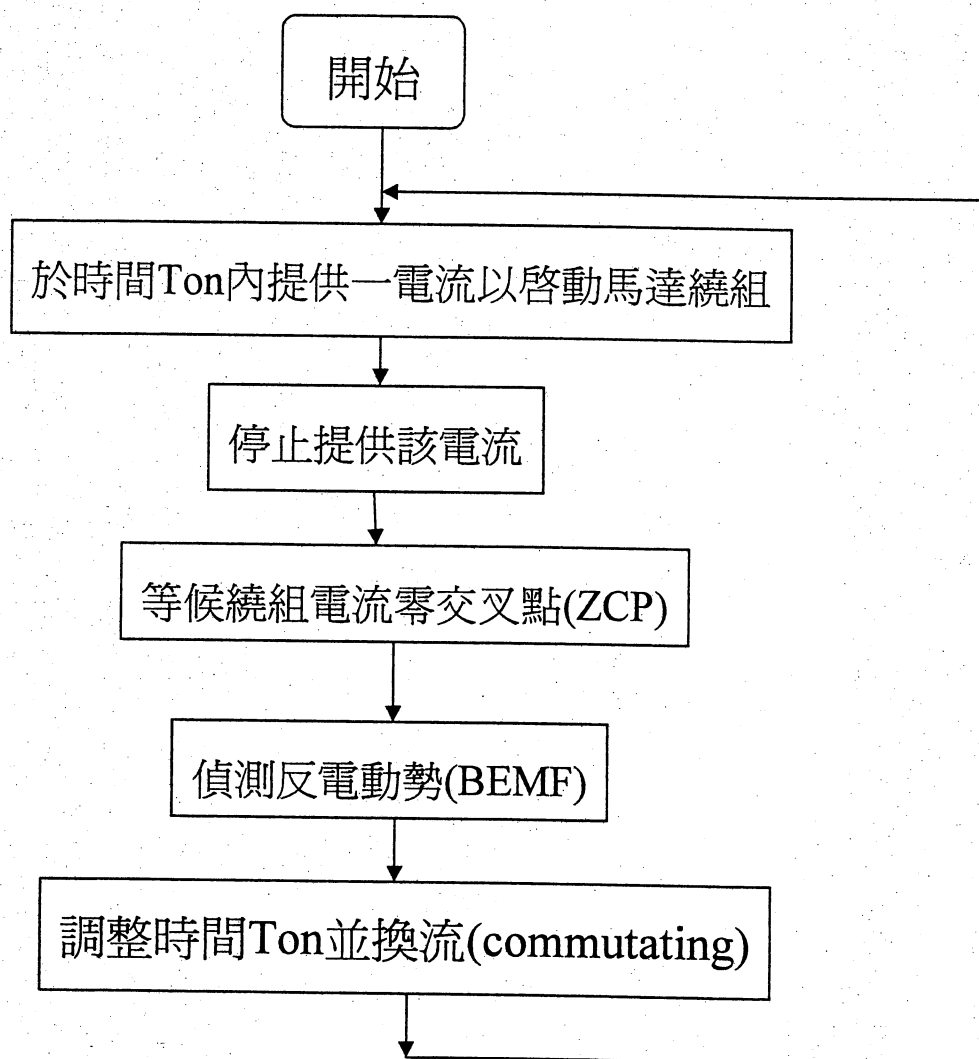
第八圖



第九圖



第十圖



第十一圖

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第六圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

Vcc 電源供應電壓

D 二極體

C 電容

R1~R3 電阻

Ve、Vi、V1~V3 節點電壓

G1~G4 開關

T1、T2 控制信號