

# 公告本

年 93 月 19 日  
修正 本

年 月 日 修正

申請日期：92-02-07	IPC分類	591882
申請案號：92102475	H02P 6/00	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置
	英文	
二、 發明人 (共2人)	姓名 (中文)	1. 鄭光耀 2. 鄒應嶼
	姓名 (英文)	1. 2.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	1. 台北市民生東路五段206號11樓之3 2. 新竹市武陵路173號18樓之6
	住居所 (英文)	1. 2.
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 國立交通大學
	名稱或姓名 (英文)	1.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW
	住居所 (營業所) (中文)	1. 新竹市大學路1001號 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1.
	代表人 (中文)	1. 張俊彥
代表人 (英文)	1.	



無 月 日  
修正 3/19 本

案號 92102475

年 月 日

修正

## 一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
------------	------	----	------------------

無

二、主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張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

日期：

四、有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 四、中文發明摘要 (發明名稱：無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置)

本發明係揭露一種無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置，其係無需透過位置感測器回授，僅需利用量測三相無刷直流馬達任何一相之線電壓與功率級換流器之直流鏈電流作為回授訊號，利用軟體方式即時估算出馬達之旋轉速度及所連接負載之變動情形，並與根據該直流鏈電流所估算出的輸入功率進行比較，透過驅動相角補償器自動調整驅動相角。因此，本發明除了可使馬達運轉效能提高之外，同時亦可達到最佳效率及最大扭矩輸出之無感測驅動控制。

(一)、本案代表圖為：第一圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

10 驅動相角自動調整裝置

12 換相控制器

16 速度估算器

20 輸入功率估算器

14 反抗電動勢估算器

18 干擾扭矩觀測器

22 驅動相角補償器

## 六、英文發明摘要 (發明名稱：)



四、中文發明摘要 (發明名稱：無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置)

30 功率級換流器

32 功率電晶體

40 無刷直流馬達

六、英文發明摘要 (發明名稱：)



## 五、發明說明 (1)

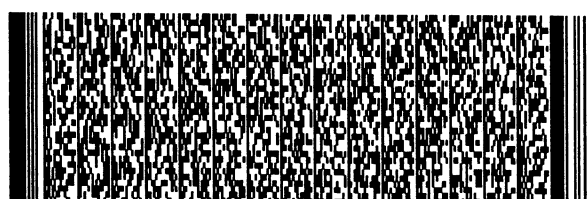
## 一、【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種三相無刷直流馬達 (Three-Phase Brushless DC Motors) 之無感測器驅動技術，特別是關於一種應用於三相無刷直流馬達無感測器驅動控制之驅動相角自動調整裝置 (Commutation Phase Auto-Corrector)。

## 二、【先前技術】

按，微小無刷直流馬達的應用相當廣泛，舉凡一般小型資訊設備如相機鏡頭自動對焦的壓電馬達、光碟機讀取頭的音圈馬達、光碟機的主軸馬達、影像掃描器的驅動馬達，其他如電動玩具、汽車(兩刷、電動天線、側視鏡等)或醫療器材等等，且隨著未來資訊家電的發展，無刷直流馬達將具有龐大的市場發展潛力，其中以無感測無刷直流馬達將成為市場主流。

由於無感測器之無刷直流馬達在無刷直流馬達應用產業中之發展相當受到重視，遂有許多相關之技術已申請在先，例如我國專利公告第398113號之無感測器而可檢測換向位置之無刷馬達的運轉控制方法及其裝置、專利公告第423206號之無感測器之三相無刷式DC馬達驅動電路、專利公告第423205號之無感測器馬達驅動器以及專利公告第466822號之無感測器之三相無刷直流馬達的整流電路等專利前案；但在這些應用於無刷直流馬達之無感測器驅動等習知技術中，由於其在穩態操作時可能會因為負載的變動而造成驅動相角的偏差，導致功率損失，進而使得整體驅



## 五、發明說明 (2)

動的效率降低，同時無法達到最大扭矩輸出的效果。

另一方面，習知應用在無刷直流馬達的驅動相角調整技術都僅能應用在具有位置感測器回授之驅動裝置中，如我國專利公告第322655號之驅動相角自動調整器，此類之驅動相角調整技術對於無感測器回授之無刷直流馬達驅動器皆無法使用。

因此，本發明係在針對上述之困擾，提出一種可應用於無刷直流馬達無感測器驅動控制之驅動相角自動調整裝置，使驅動相角調整技術可廣泛應用在無感測器回授之無刷直流馬達驅動器中，以有效解決習知之缺失者。

## 三、【發明內容】

本發明之主要目的係在提供一種無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置，其係利用估算得到的干擾負載扭矩及輸入功率，結合最佳化的概念，在穩態操作時，能夠估算得到適當的驅動相角，以提升馬達運轉效率以及產生最大輸出扭矩的控制，並解決習知因驅動相角調整技術無法應用在無感測器回授之無刷直流馬達驅動器之該等缺失者。

本發明之另一目的係在提供一種無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置，其係不需要增加額外的硬體成本，即可在穩態操作時，有效提升馬達扭矩輸出、提高馬達運轉性能，以節省整體系統消耗功率。

本發明之再一目的係提供一種無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置，其係在不同馬達轉速下，都可獲致最佳效率的驅動相角。



## 五、發明說明(3)

為達到上述之目的，本發明係應用在一三相無刷直流馬達之無感測驅動器上，並利用回授馬達任何一相之線電壓與換流器之直流鏈電流，自動調整輸出之驅動相角，此驅動相角自動調整裝置係包括一反抗電動勢估算器，連接至該馬達之任何一相，以估算該馬達旋轉所產生的一反抗電動勢電壓；一速度估算器係根據該反抗電動勢估算器之反抗電動勢電壓估算出一馬達旋轉轉速；並有一干擾扭矩觀測器係連接功率級換流器與速度估算器，以根據該直流鏈電流與馬達旋轉轉速估算出干擾扭矩的變動情形；且該功率級換流器亦連接一輸入功率估算器，以估算輸入至該馬達之輸入功率大小；另有一驅動相角補償器係根據輸入功率估算器及干擾扭矩觀測器的輸出，產生相對應之馬達相角補償量傳送給一換相控制器，使其根據該馬達相角補償量而產生開關訊號來控制功率級換流器之六個功率電晶體。

底下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

## 四、【實施方式】

本發明係在沒有任何磁極感測器的回授下，僅需藉由回授三相無刷直流馬達之任何一相端電壓與直流鏈電流治本發明所提出之驅動相角自動調整裝置，即可產生相對應的開關訊號至功率級換流器使馬達旋轉，同時亦可根據所估算的馬達轉速與輸出扭矩而得到輸出功率，再與利用直流鏈電流所估算出之輸入功率比較，藉由相角自動調整裝

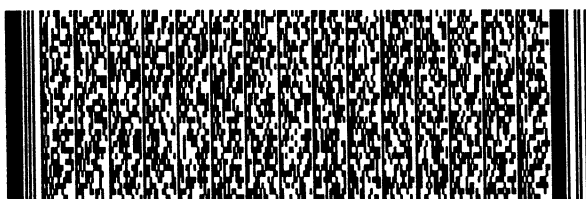


## 五、發明說明(4)

置使馬達運轉效率提升，以解決習知無刷直流馬達無感測驅動技術對於負載變動時造成驅動向角的誤差，導致功率損失及較差的扭矩輸出與速度控制響應等之缺失。

第一圖為本發明之結構方塊示意圖，如圖所示，一驅動相角自動調整裝置10係應用在一三相無刷直流馬達之無感測驅動器上，且此驅動相角自動調整裝置10係同時連接一功率級換流器30及一無刷直流馬達(Brushless DC Motor) 40，該三相無刷直流馬達40係為一可控制速度之馬達；其中該功率級換流器30係由六個功率電晶體32所組成，且每一功率電晶體32亦與該無刷直流馬達40形成電性相接。

該驅動相角自動調整裝置10係包括一換相控制器(commutation controller) 12，其係連接至功率級換流器30，用以產生開關訊號來控制此功率級換流器30之功率電晶體32，並可接收一外部控制訊號(Duty)；一反抗電動勢估算器(Back-EMF Estimator) 14係連接至無刷直流馬達40之其中一相，以根據無刷直流馬達40的線電壓( $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$ )估算出無刷直流馬達40旋轉時所產生的反抗電動勢電壓( $e_k$ )；並有一速度估算器(Speed Estimator) 16連接至反抗電動勢估算器14，其係根據該反抗電動勢電壓估算出馬達旋轉轉速( $\omega_r$ )；一干擾扭矩觀測器(Disturbance Torque Observer) 18係同時連接至該功率級換流器30與速度估算器16，以根據功率級換流器30輸出之直流鏈電流( $i_{DC}$ )與速度估算器16輸出之馬達旋轉轉速( $\omega_r$ )，進而估算干擾扭矩的變動情形( $T_D$ )；





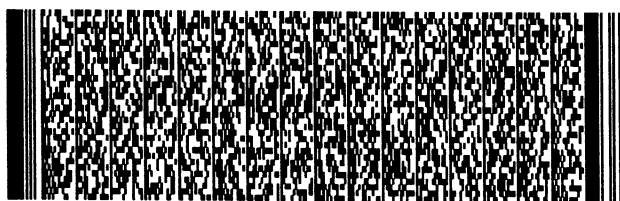
## 五、發明說明 (5)

另有一輸入功率估算器 (Input Power Estimator) 20, 其亦連接至功率級換流器30, 以根據該直流鏈電流 ( $i_{DC}$ ) 估算輸入到無刷直流馬達40之輸入功率大小 ( $P_I$ ); 以及一驅動相角補償器 (Phase Compensator) 22同時連接至該干擾扭矩觀測器18與輸入功率估算器20, 使驅動相角補償器22根據干擾扭矩觀測器18所輸出的馬達旋轉轉速 ( $\omega_r$ ) 與輸出扭矩 ( $T_D$ ) 而得到一輸出功率, 再與輸入功率估算器20輸出之輸入功率 ( $P_I$ ) 進行比較, 即可產生相對應之馬達相角補償量 ( $H_A, H_B, H_C$ ), 並將其傳送給換相控制器12, 使換相控制器12可根據該馬達相角補償量產生相對應之六個開關訊號來分別控制六個功率電晶體32, 進而控制無刷直流馬達40之運轉。

其中, 上述之驅動相角自動調整裝置係可藉由軟體方式實現, 以利用類比/數位轉換器將電壓及電流訊號轉換成數位訊號, 並藉由該馬達之微控制器或數位訊號處理器來完成上述之作動者。

在說明完本發明之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置之各元件的連接關係與信號傳遞過程之後, 為使本發明之技術內容更加明確, 底下係分別詳細說明上述各元件之特徵與運作流程。

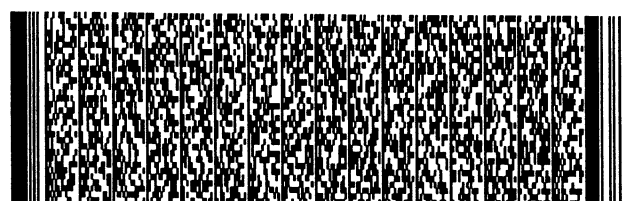
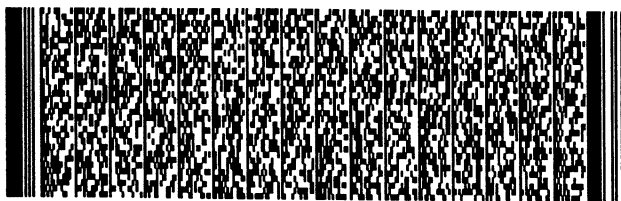
首先就第一圖中之反抗電動勢估算器14來加以說明。請參閱第二圖所示, 其係為無刷直流馬達理想之三相端電壓與換相角度關係圖, 藉由馬達三個端電壓回授可估算得到未激發相之反抗電動勢, 然而在換相的過程中, 假使未激發相之電流不為零時, 所估算得到的反抗電動勢存在一



## 五、發明說明 (6)

個錯誤的突波訊號，如第三圖所示，因此在本裝置中設計了一個延遲取樣器 (Delay Sampler)，透過此一方式可得到一個新的反抗電動勢估算訊號，如第四圖所示；此外，由於此突波的寬度會與工作電流的大小有關，因此在本裝置中的延遲取樣時間會根據直流鏈電流回授的大小進行自動調整。關於此一裝置之詳細軟體實施流程如第五圖所示，當此反抗電動勢估算器開始運作時，如步驟S10量測馬達三相端電壓 ( $V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$ )；接著如步驟S12及S14所示估算未激發相之反抗電動勢電壓訊號 ( $e_k$ ) 及量測直流鏈電流 ( $i_{DC}$ )，而後進入步驟S18，此時會同時如步驟S16所示輸入系統與馬達參數至步驟S18，以便計算延遲取樣器所需要的延遲時間；如步驟S20所示會開始計算計數累加，並如步驟S22判斷其值是否大於等於延遲時間，若否回到S20繼續計數，若是則繼續進行步驟S24，即可取樣得到延遲後的未激發相反抗電動勢電壓訊號 ( $e'_k$ )，進而結束整個作動。

就本發明之速度估算器而言，在先前技術中所使用的速度估算方式都是利用計算兩次換相訊號間的時間來估算得到馬達轉速，然而此一方式無法適用於低轉速運作的情況，也就是在下次換相訊號發生之前無法得知馬達轉速。本發明提出之速度估算器可藉由所估算之反抗電動勢訊號的斜率變化，進而估算出馬達轉速，且利用此速度估算器可在任何時刻都可得到速度估算回授，提供準確的速度回授訊號以便完成閉迴路控制，如第六圖之未激發相反抗電動勢波形與第七圖所示之此速度估算器的軟體實施流



民國 81 年 3 月 19 日

案號 92102475

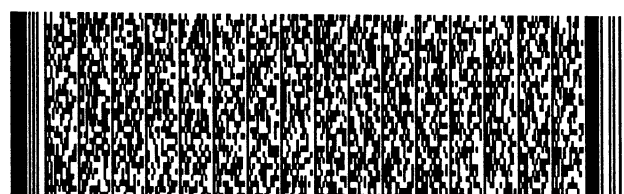
年 月 日

修正

## 五、發明說明(7)

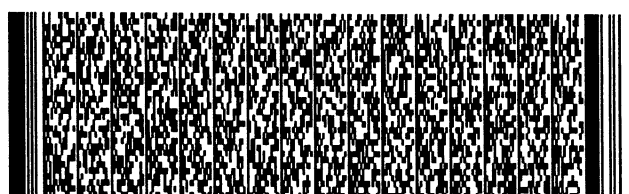
程圖。如第七圖所示，當此速度估算器開始運作時，如步驟S30所示先計算估算得到的未激發相反抗電動勢變化量，並根據此變化量如步驟S32判斷是否發生換相，若否，即進入步驟S34估測馬達轉速，若發生換相，則進入步驟S40先更新利用兩次換相之間的時間所估算的速度資訊 ( $\omega_r$ )，然後再進行步驟S34，並利用估算出來的馬達轉速提供步驟S38的頻率產生器來產生相對之頻率，而在進行步驟S34、S40及S38之時，同時會有如步驟S36所示輸入系統與馬達參數至這三個步驟，以供計算，如此即可完成整個作動。

就本發明之輸入功率估算器與驅動相角補償器而言，由於功率級換流器的直流鏈電壓變化較小，因此可以只藉由直流鏈電流回授來估算出輸入功率，同時為了得到穩態的平均功率，利用一個低通濾波器將高頻訊號濾除掉，此一低通濾波器的設計可根據系統規格要求來決定。而所設計的驅動相角補償器，則是先根據取樣得到的未激發相反抗電動勢訊號的正負變化，來得到零交越訊號，再根據零交越訊號來控制兩個內建的計數器，以產生實際的換相控制訊號，詳細工作原理說明如下：當反抗電動勢訊號為正電壓時，零交越訊號輸出為正，此時正計數器開始以  $r_i$  的變化量持續累加，當反抗電動勢訊號由正電壓變為負電壓時，零交越訊號輸出亦由正變為負，此時正計數器開始以  $r_d$  的變化量持續遞減，直到減至零為止，此時便輸出一個換相控制訊號；而負計數器的工作原理剛好相反，當反抗電動勢訊號為負電壓時開始累加，而為正電壓時開始遞



## 五、發明說明(8)

減，如第八圖所示之此驅動相角補償器的工作原理圖。藉由改變 $r_i$ 與 $r_d$ 的比例關係可以得到不同的驅動相角，如第九圖所示之關係圖。本發明所提出的驅動相角補償裝置即是可根據所估算之輸入功率的大小來調整 $r_i$ 與 $r_d$ 的比例值，直到在穩態時得到最小輸入功率為止，此時即為最佳效率工作點，同時在閉迴路的速度控制之下，此工作點亦為最大扭矩輸出工作點。第十圖為此驅動相角補償器詳細之軟體實施流程圖，如此圖所示，當此驅動相角補償器開始運作時，如步驟S50所示量測反抗電動勢估算器所估算之未激發相反抗電動勢訊號( $e_k$ )以及直流鏈電流訊號( $i_{dc}$ )；再如步驟S52根據反抗電動勢電壓訊號的正負變化並藉由比較器來得到未激發相反抗電動勢之零交越訊號( $z$ )；接著判斷零交越訊號的訊號變化，如步驟S54，若是零交越訊號為正訊號，則如步驟S56所示正計數器( $cp$ )開始以 $r_i$ 的變化量持續累加，而負計數器( $cn$ )則以 $r_d$ 的變化量持續遞減，當反抗電動勢訊號由正電壓變為負電壓時，零交越訊號輸出亦由正變為負，此時如步驟S58之正計數器( $cp$ )開始以 $r_d$ 的變化量持續遞減，而負計數器( $cn$ )則以 $r_i$ 的變化量持續累加；若是正計數器或是負計數器遞減至小於零的數，如步驟S60所示，則會如步驟S62產生相對應的換相訊號 $h$ ，若否則結束整個流程；再如步驟S64所示，藉由所量測之直流鏈電流與所操作的直流鏈電壓以及步驟S66提供之輸入系統參數，可估算出輸入功率的大小( $P_{in}$ )；如步驟S68，再藉由低通濾波的技巧得到平均輸入功率的大小；近如步驟S70，利用梯度最佳化的方法調



## 五、發明說明(9)

整驅動相角 ( $r_i$  與  $r_d$  的比例值) 來得到最佳效率或最大扭矩; 在進行步驟S74之前, 先藉由步驟S72由速度估算器所估算得到的速度訊號 ( $\omega_r$ ) 來判斷目前馬達運轉是否已經進入穩態操作, 如步驟S74, 若是在穩態操作狀況下則可以更新步驟S56及S58中的  $r_i$  與  $r_d$  的比例值, 以達到驅動相角自動調整的目的。值得注意的是, 為了提高換相控制的精準度, 以及避免反抗電動勢電壓在零交越點附近的雜訊干擾, 此零交越訊號產生器應由一磁滯比較器與一數位濾波器組合而成。

就本發明之換相控制器而言, 根據驅動相角補償器輸出的換相控制訊號 ( $H_A$ 、 $H_B$ 、 $H_C$ ) 可以得到相對應電晶體的開關訊號, 再利用所輸入的脈寬調變訊號 (Duty) 來產生所需要的控制電壓, 表一為所採用的換相控制表, 值得注意的是在任何一瞬間只會有一個電晶體進行脈寬調變控制, 可有效節省電晶體的切換損失。

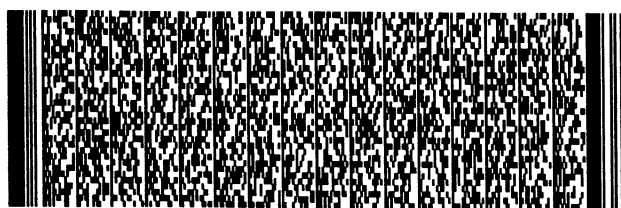
表一 換相控制表



## 五、發明說明 (10)

輸入			輸出					
H <sub>A</sub>	H <sub>B</sub>	H <sub>C</sub>	G1	G2	G3	G4	G5	G6
0	1	0	0	Duty	1	0	0	0
0	1	1	0	Duty	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	Duty	1	0
1	0	1	1	0	0	Duty	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	Duty
1	1	0	0	0	1	0	0	Duty

第十一圖為本發明之具體應用實施例示意圖，如圖所示，將三相端電壓經過類比濾波器後送至本發明之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置10時，即可產生最佳驅動相角，同時可提供準確的速度回授訊號給微控制器42進行閉迴路速度控制，第十二圖所示為經過計算後得到的A相相電壓訊號與其零交越訊號，由此可驗證所設計之反抗電動勢估算器與零交越估算器的可行性，第十三所示則為根據第十一圖所設計的閉迴路速度控制響應，其係利用輸入弦波速度命令來測試無感測換相控制的有效性；此外，第十四圖所示則為在穩態操作的情況下，利用本發明來調



## 五、發明說明 (11)

整無刷直流馬達換相驅動角度，以得到最小輸入功率，即最佳效率操作點，同時在控制速度維持不變的情況下，即可得到此操作點的最大扭矩輸出，以滿足本發明之目的。

由於本發明係根據該輸入功率估算器及干擾扭矩觀測器的輸出改變補償相角，使該無感測驅動器在不同馬達轉速下時都可獲致最大輸出扭矩及最佳效率的驅動相角，以提升馬達運轉效率以及產生最大輸出扭矩的控制，並解決習知因驅動相角調整技術無法應用在無感測器回授之無刷直流馬達驅動器之該等缺失者。因此，本發明係在不增加額外的硬體成本之前提下，即可在穩態操作時，有效提升馬達扭矩輸出、提高馬達運轉性能，以節省整體系統消耗功率。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。



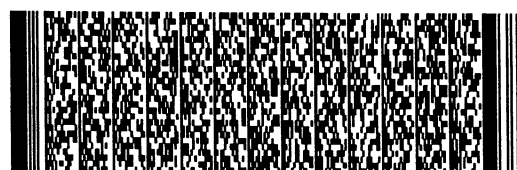
## 圖式簡單說明

## 圖式說明：

- 第一圖為本發明之結構方塊示意圖。
- 第二圖為本發明之無刷直流馬達理想的三相端電壓與換相角度關係圖。
- 第三圖為未激發相反抗電動勢估算示意圖。
- 第四圖為本發明運用延遲取樣器之反抗電動勢估算波形。
- 第五圖為本發明之反抗電動勢估算器軟體實施流程圖。
- 第六圖為未激發相反抗電動勢波形示意圖。
- 第七圖為本發明之速度估算器的軟體實施流程圖。
- 第八圖為本發明之驅動相角補償器之工作原理圖。
- 第九圖為 $r_i$ 與 $r_d$ 之比例值與驅動相角補償角度關係圖。
- 第十圖為本發明之驅動相角補償器之軟體實施流程圖。
- 第十一圖為本發明之具體應用實施例示意圖。
- 第十二圖為反抗電動勢估算器與零交越偵測器實驗結果。
- 第十三圖為本發明之閉迴路控制之無感測弦波速度控制響應。
- 第十四圖為本發明在穩態操作下之無感測驅動相角最佳效率控制結果示意圖。

## 圖號說明：

- |    |            |    |          |
|----|------------|----|----------|
| 10 | 驅動相角自動調整裝置 |    |          |
| 12 | 換相控制器      | 14 | 反抗電動勢估算器 |
| 16 | 速度估算器      | 18 | 干擾扭矩觀測器  |
| 20 | 輸入功率估算器    | 22 | 驅動相角補償器  |
| 30 | 功率級換流器     | 32 | 功率電晶體    |
| 40 | 無刷直流馬達     | 42 | 微控制器     |





## 六、申請專利範圍

1、一種無感測器之三相無刷直流馬達驅動相角自動調整裝置，其係應用在一三相無刷直流馬達之無感測驅動器上，並利用回授馬達任何一相之線電壓與換流器之直流鏈電流，自動調整輸出之驅動相角，該驅動相角自動調整裝置係包括：

一反抗電動勢估算器，連接至該三相無刷直流馬達之任何一相，用以估算該馬達旋轉所產生的一反抗電動勢電壓；

一速度估算器，連接該反抗電動勢估算器，以利用該反抗電動勢電壓估算出一馬達旋轉轉速；

一干擾扭矩觀測器，其係連接功率級之換流器與該速度估算器，以根據該直流鏈電流與該馬達旋轉轉速而估算干擾扭矩的變動情形；

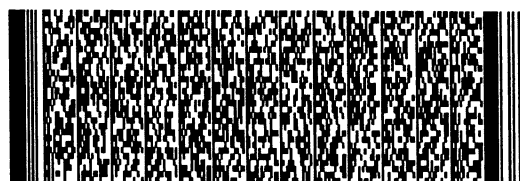
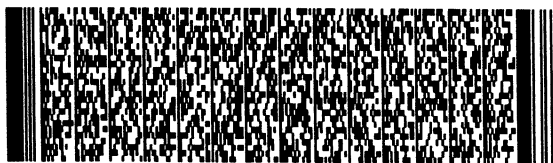
一輸入功率估算器，連接至該換流器，用以估算輸入至該馬達之輸入功率大小；

一驅動相角補償器，其係根據該輸入功率估算器及干擾扭矩觀測器的輸出，產生相對應之馬達相角補償量；及

一換相控制器，連接該功率級換流器，以根據該馬達相角補償量而產生開關訊號來控制該功率級換流器。

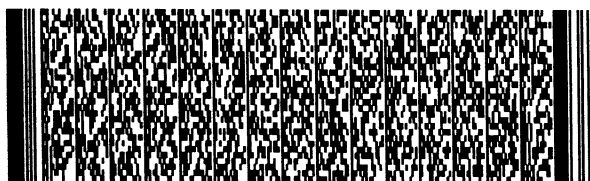
2、如申請專利範圍第1項所述之驅動相角自動調整裝置，其中該三相無刷直流馬達係為一可控制速度之馬達。

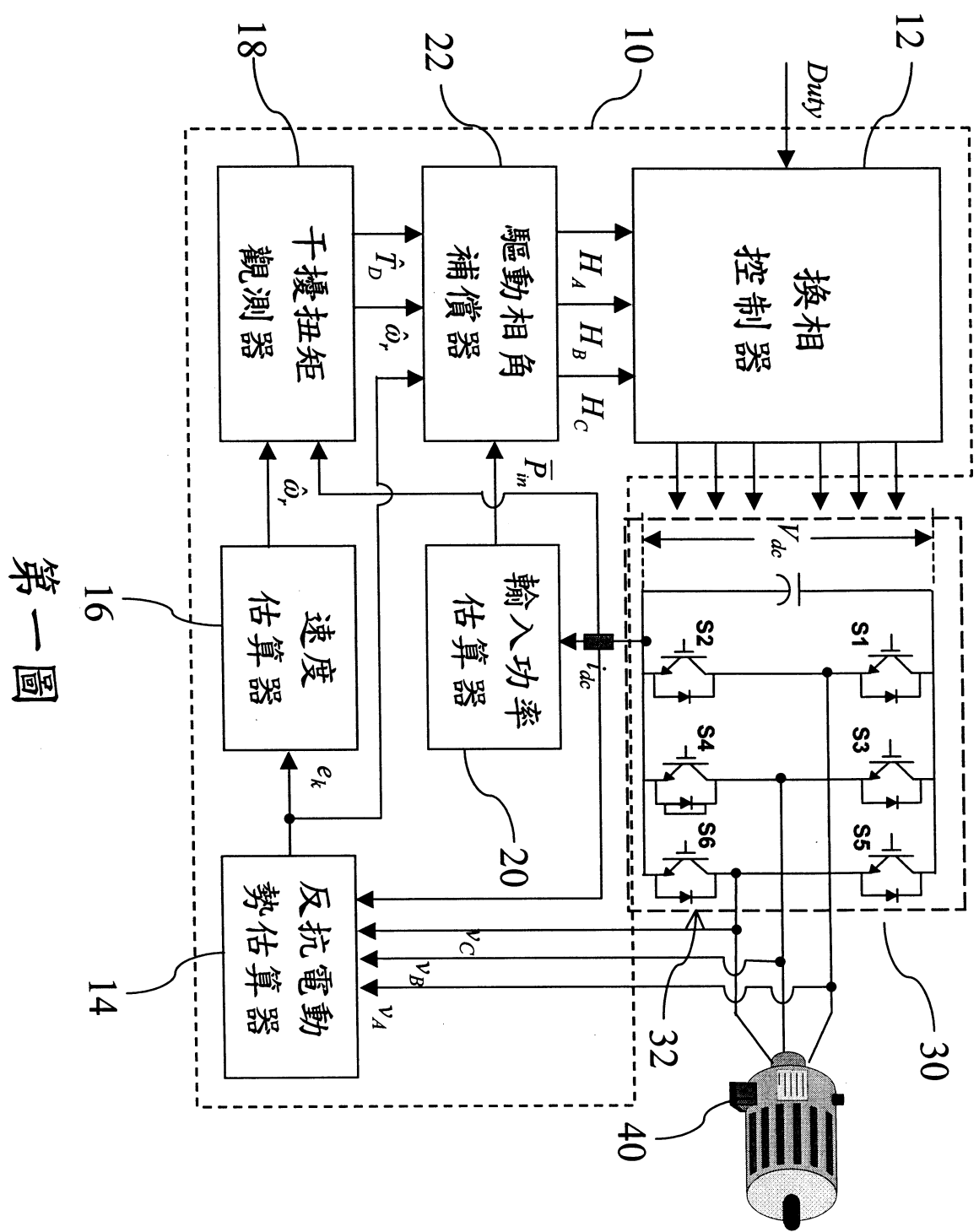
3、如申請專利範圍第1項所述之驅動相角自動調整裝置，其中該換相控制器係產生六個開關訊號來控制該功率級換流器之六個功率電晶體。



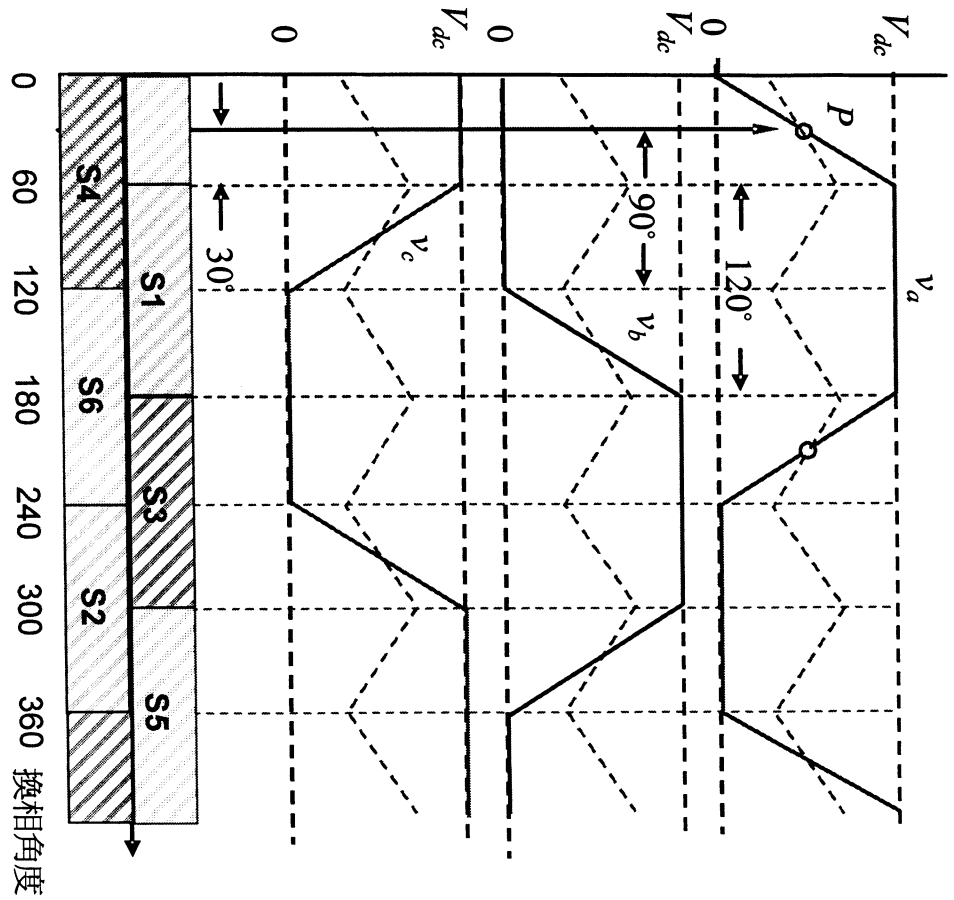
## 六、申請專利範圍

- 4、如申請專利範圍第1項所述之驅動相角自動調整裝置，其中該換相控制器係根據一外部控制訊號來產生該開關訊號。
- 5、如申請專利範圍第1項所述之驅動相角自動調整裝置，其係以軟體方式實現，以利用類比/數位轉換器將電壓及電流訊號轉換數位訊號，並藉由該馬達之微控制器或數位訊號處理器來完成者。
- 6、如申請專利範圍第1項所述之驅動相角自動調整裝置，其中該驅動相角補償器係根據該輸入功率估算器及干擾扭矩觀測器的輸出改變補償相角，使該無感測驅動器在不同馬達轉速下時都可具有最大輸出扭矩的驅動相角。

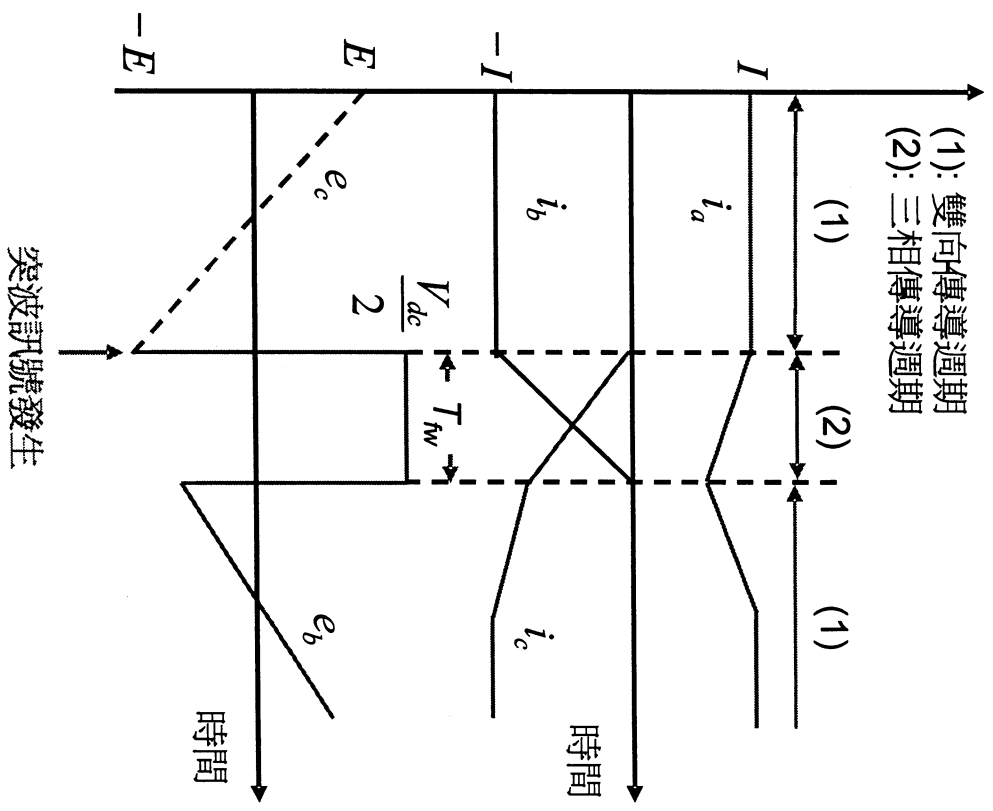




第一圖

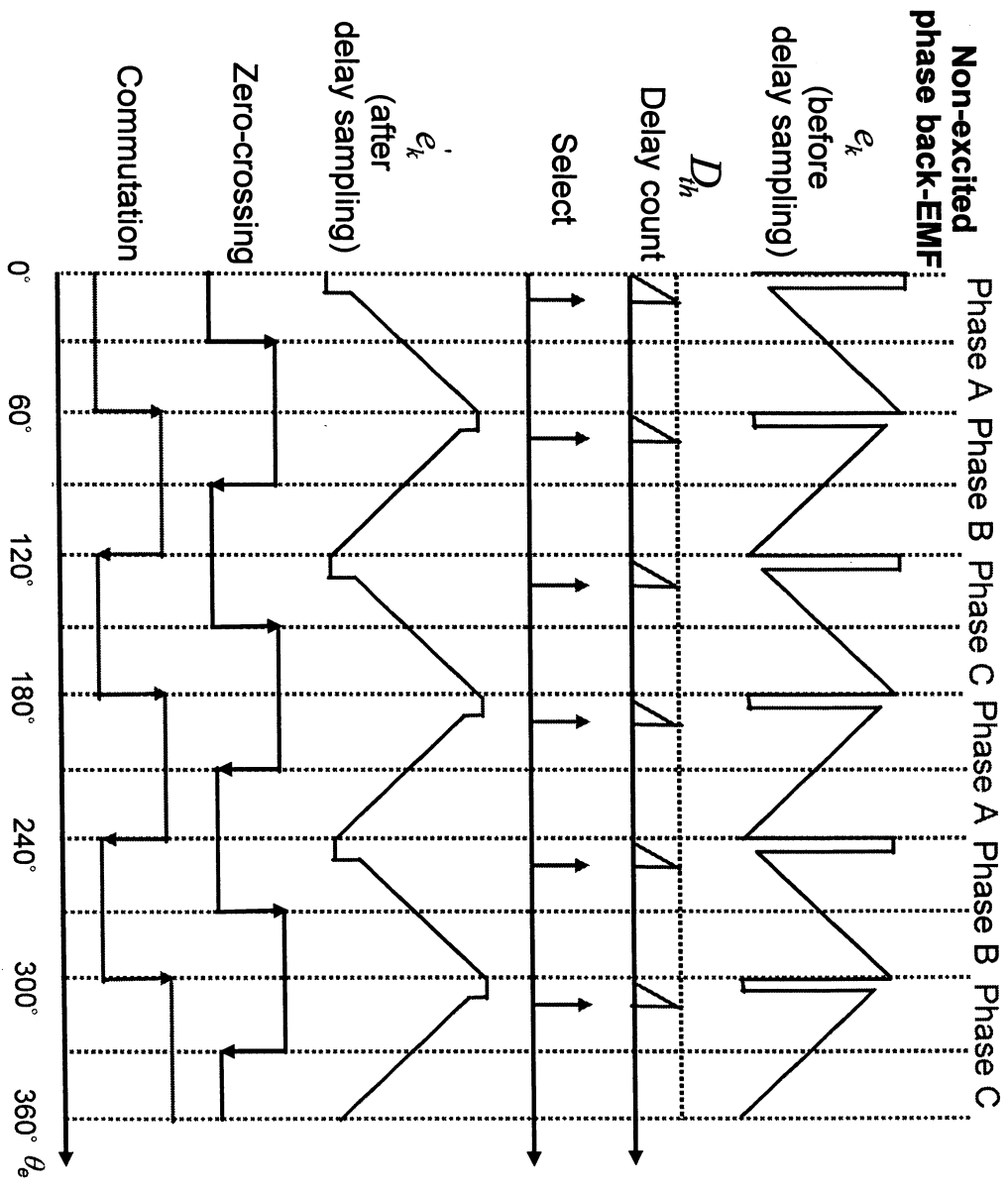


第二圖

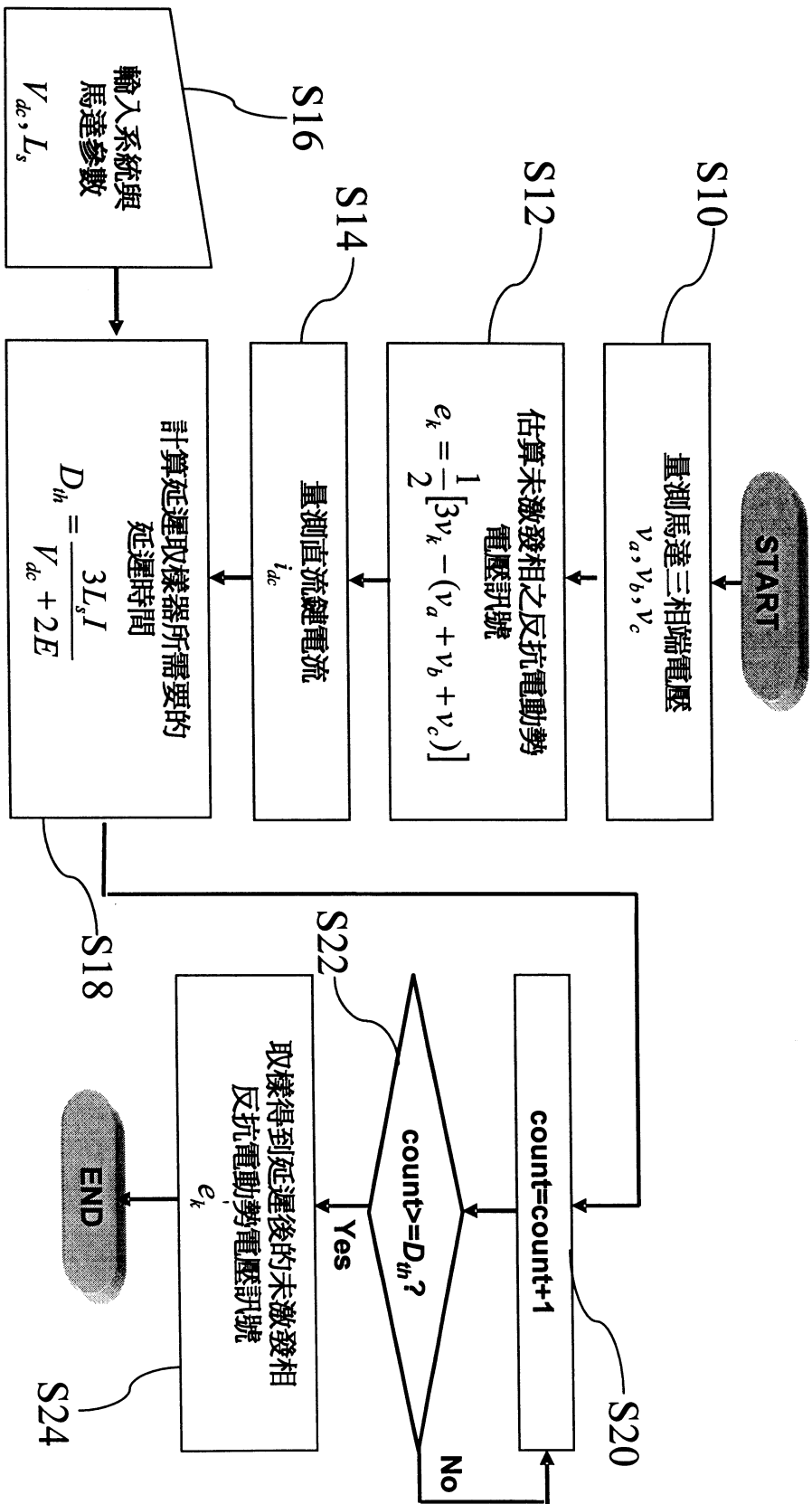
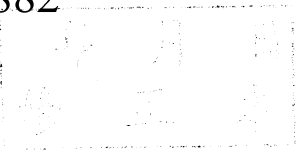


第三圖

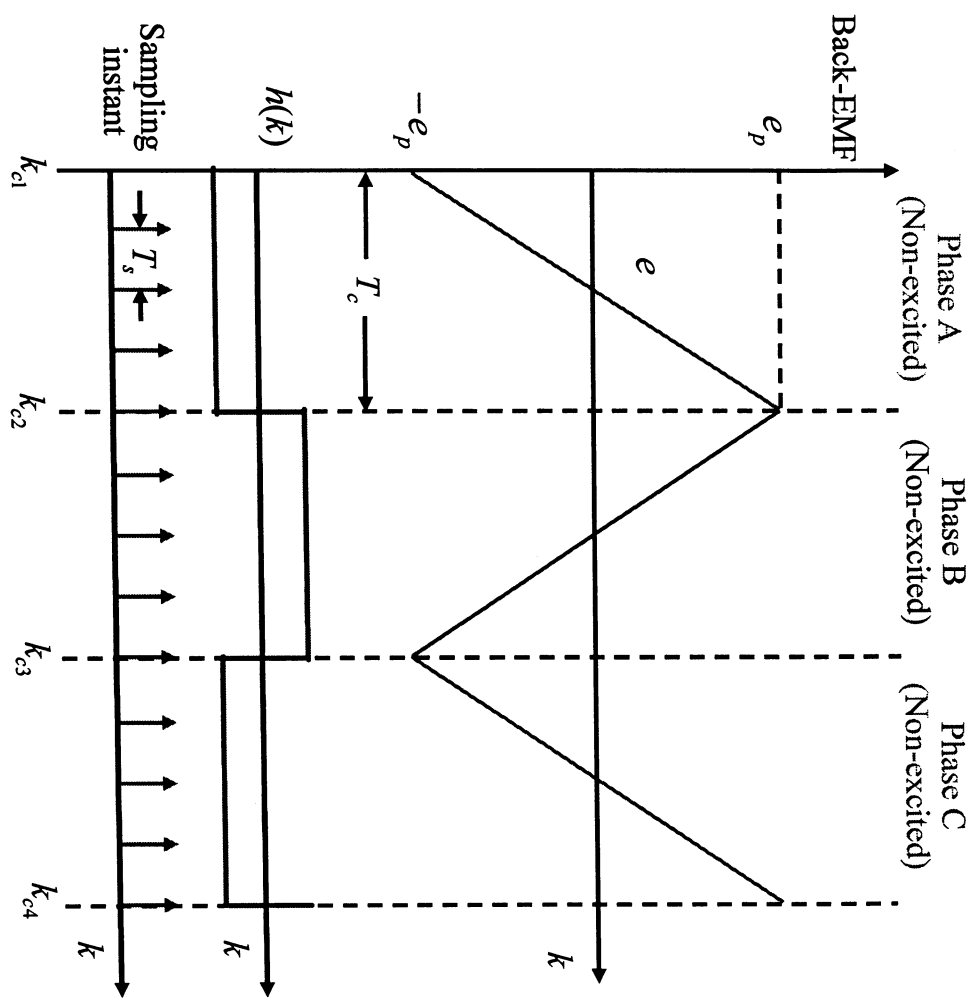
年 月 日  
修 正 本



第四圖

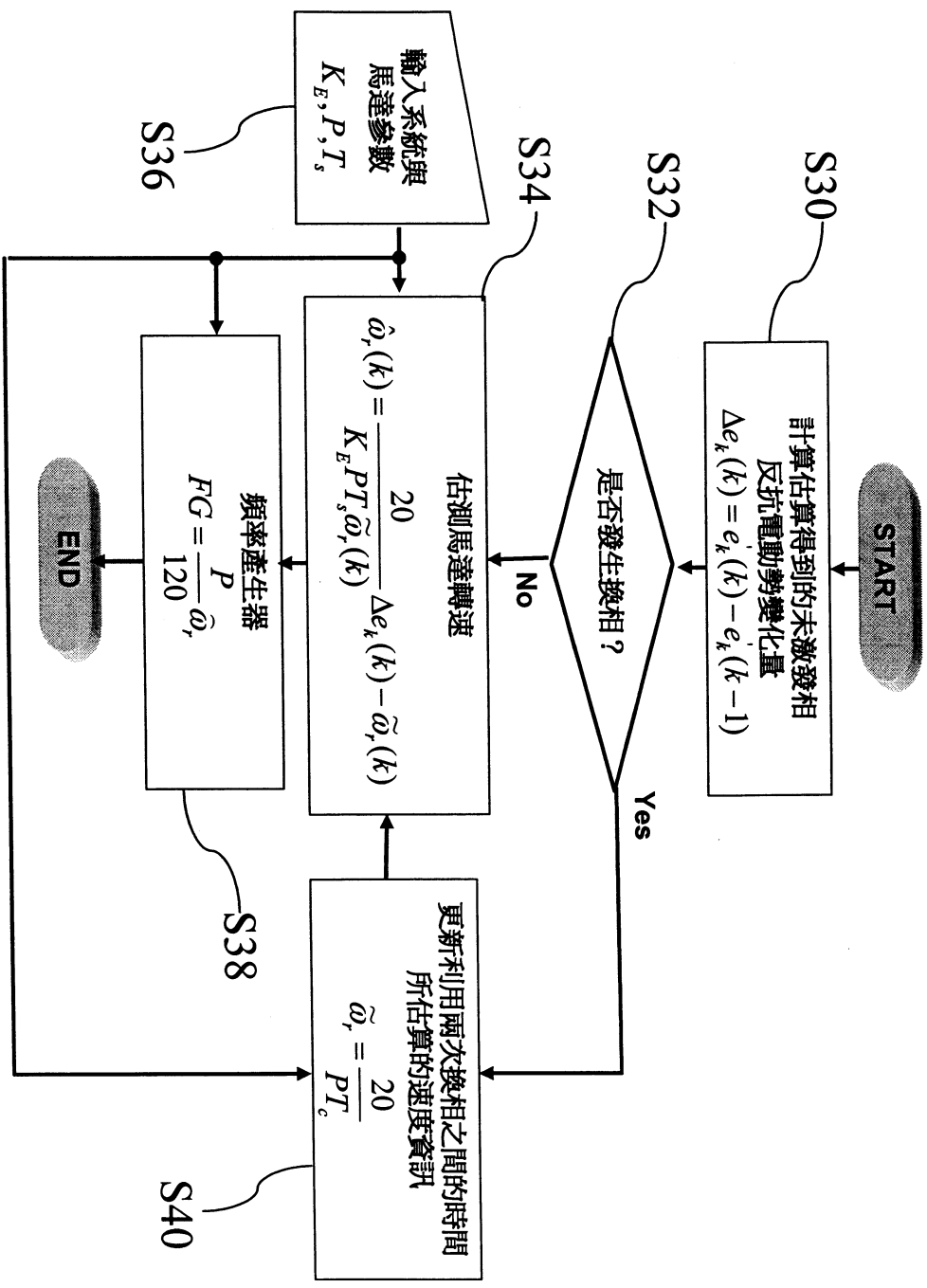


第五圖



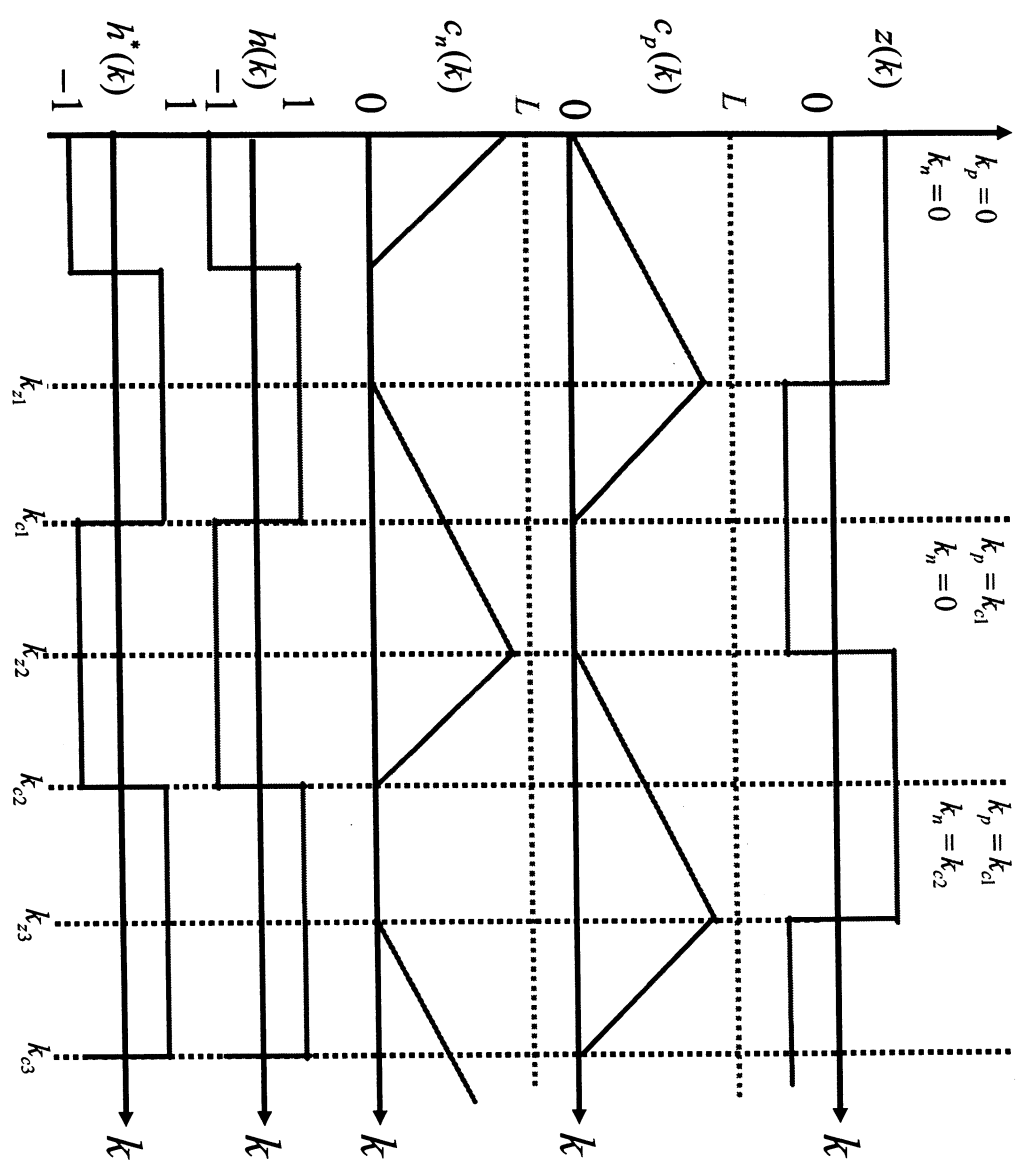
第六圖





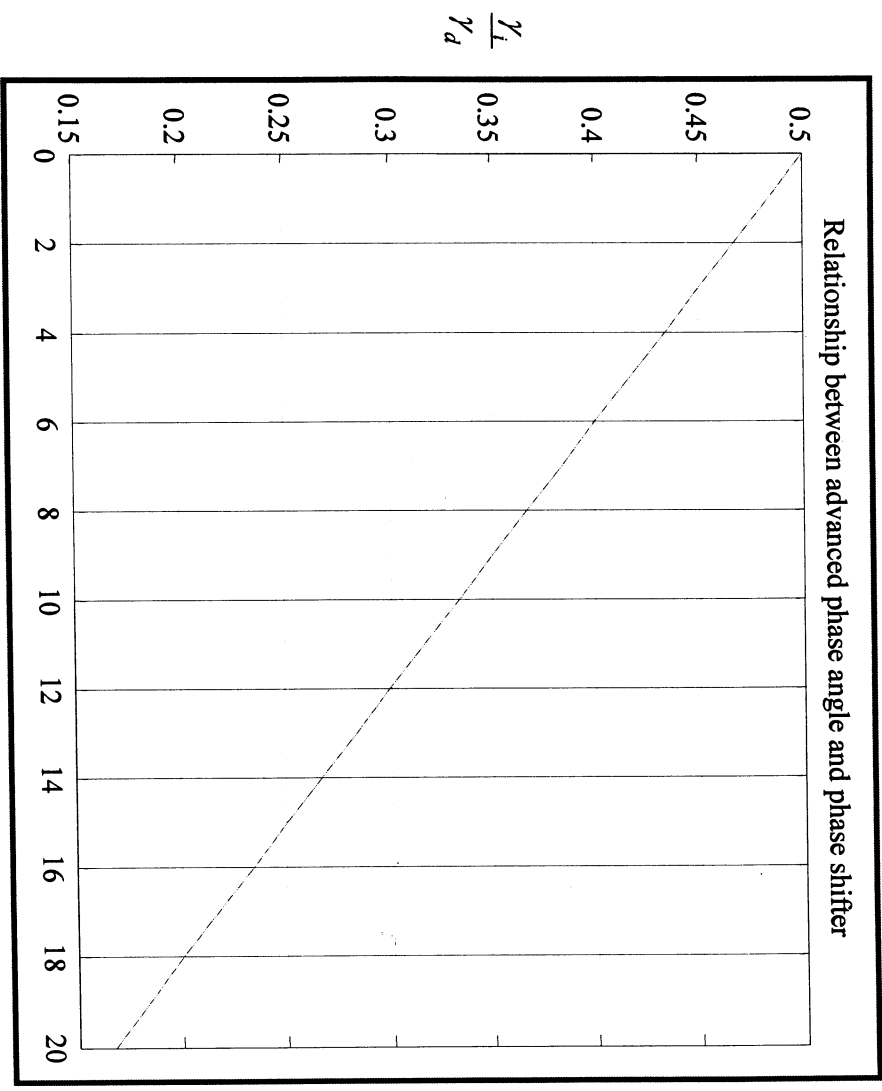
第七圖

年 月 日  
修 正 本

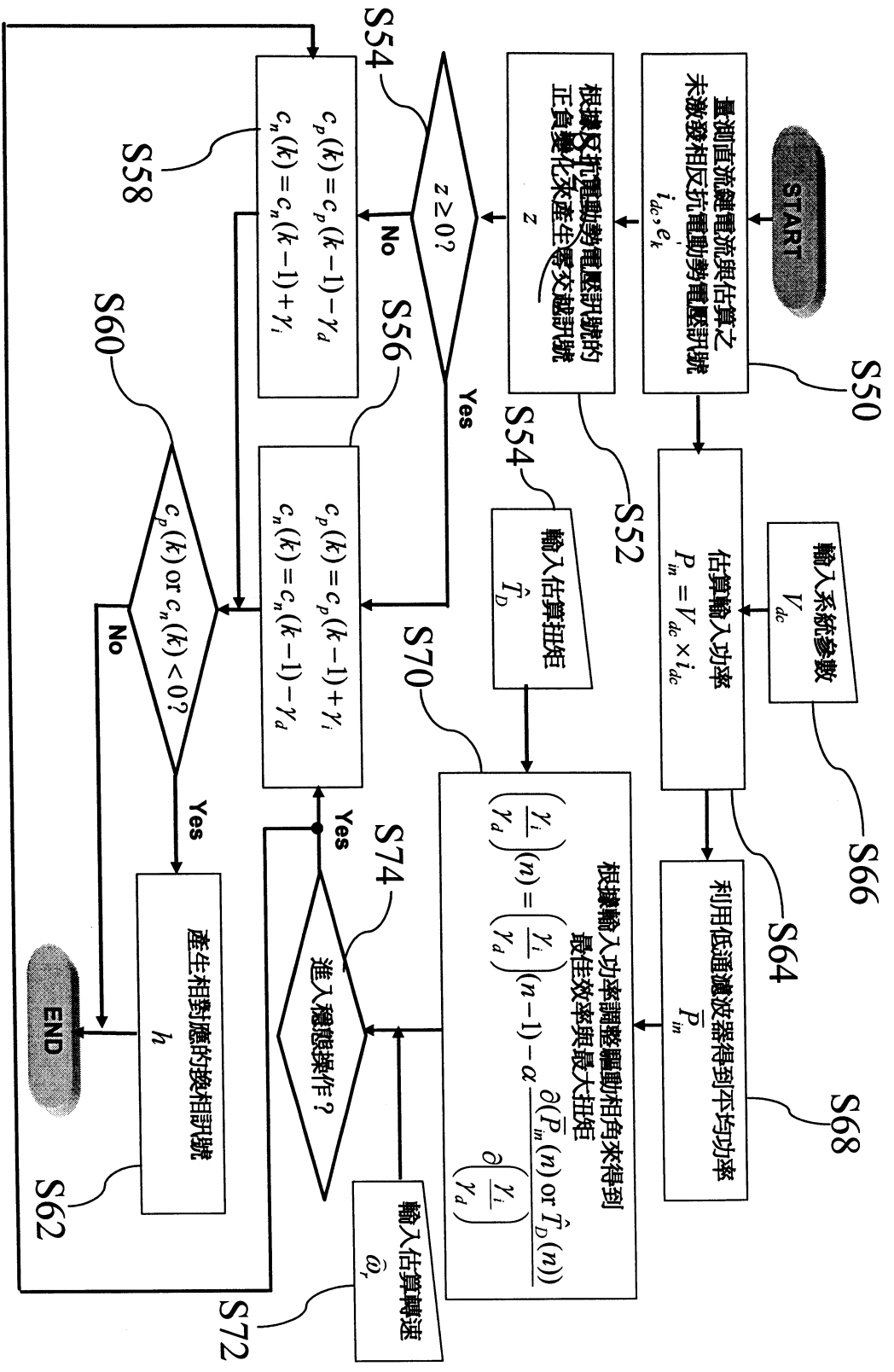


第八圖

93. 3. 19

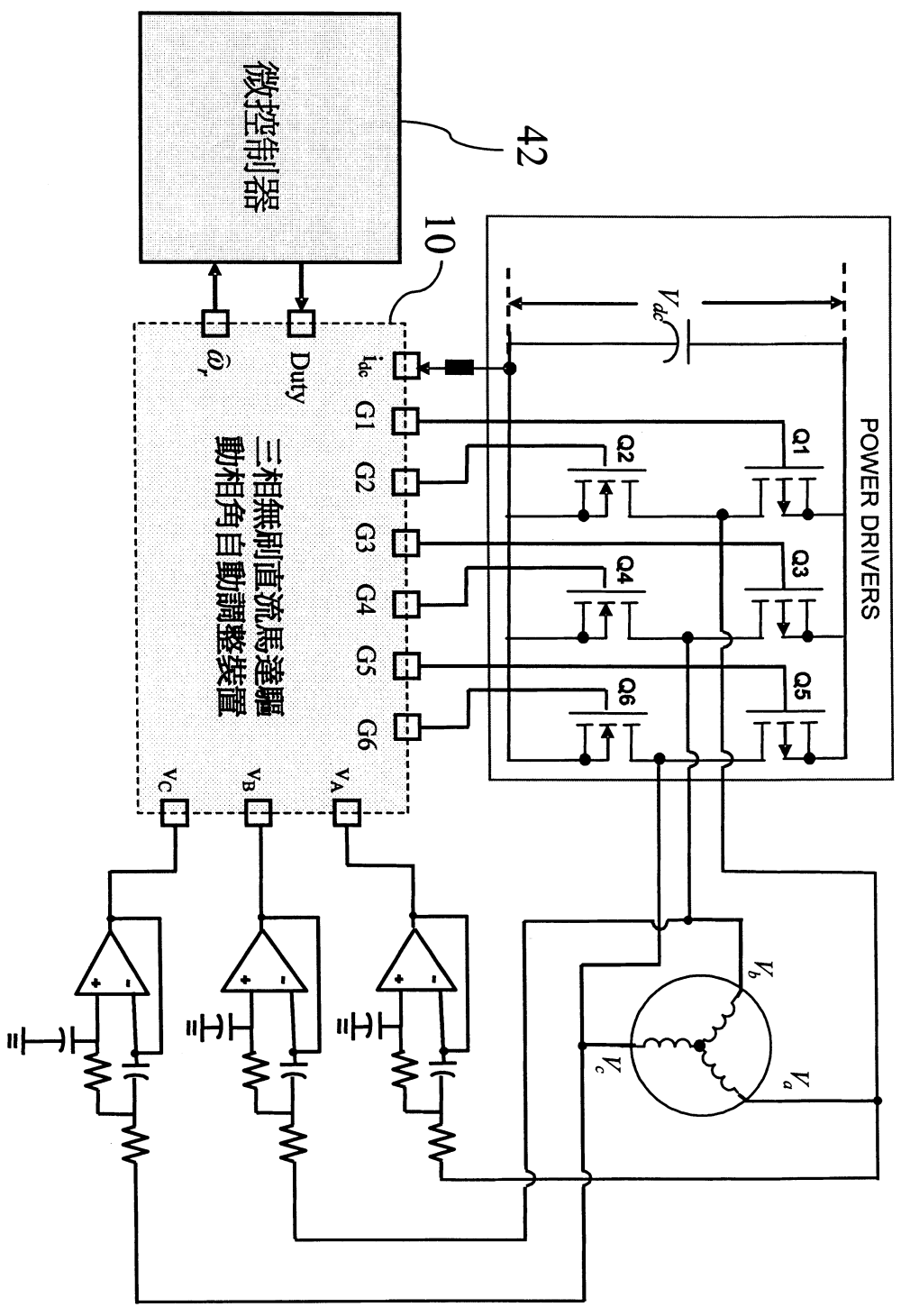


第九圖



第十圖

年 月 日  
修 正 本



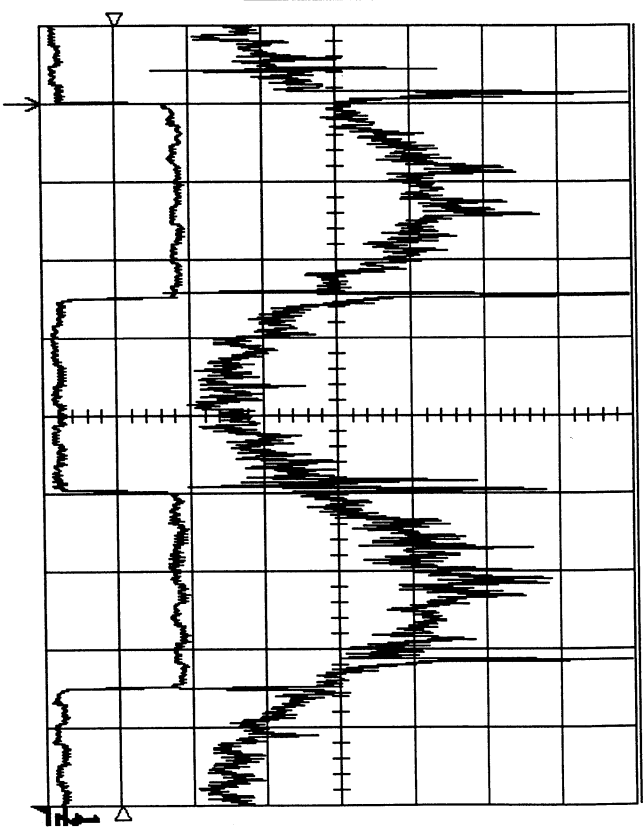
第十一圖

93. 3. 19

16-Apr-03  
10:21:55

1  
2 MS  
2.00 V

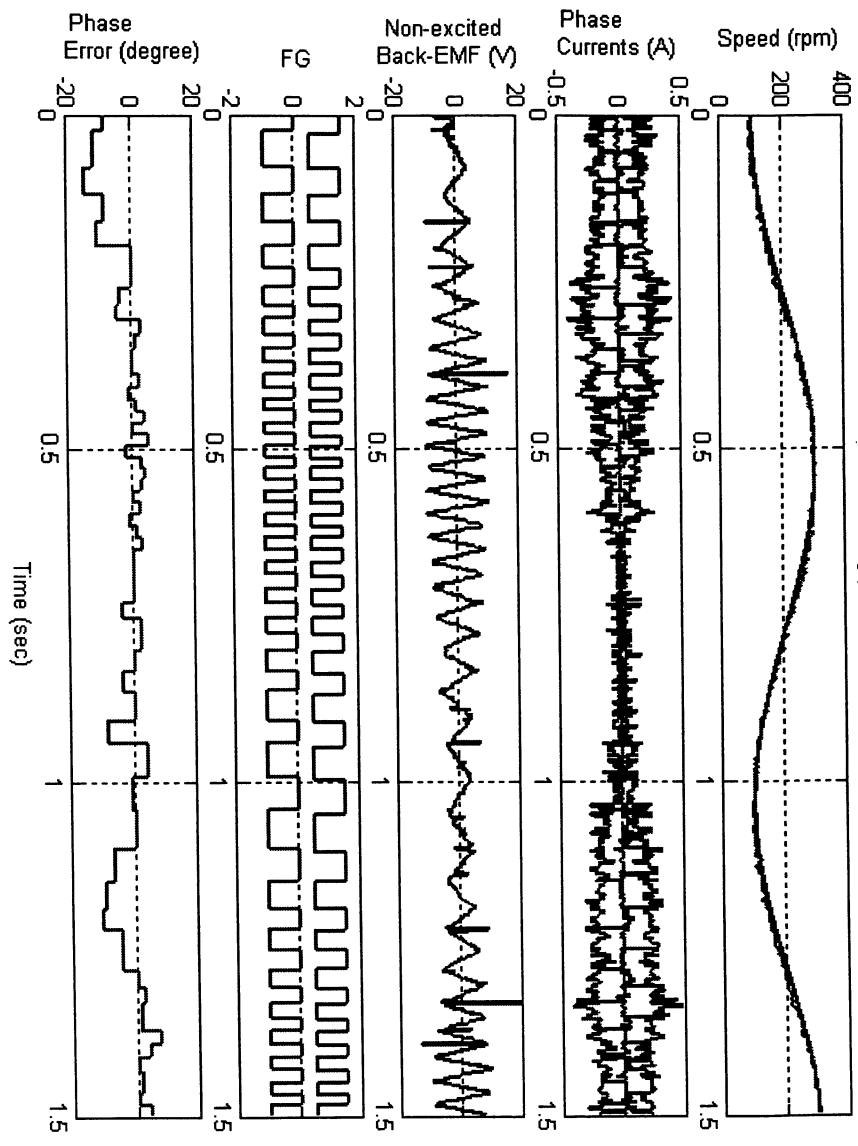
2  
2 MS  
100 mV



上圖：估測得到之A相相電壓  
 下圖：估測得到之A相之零交越訊號

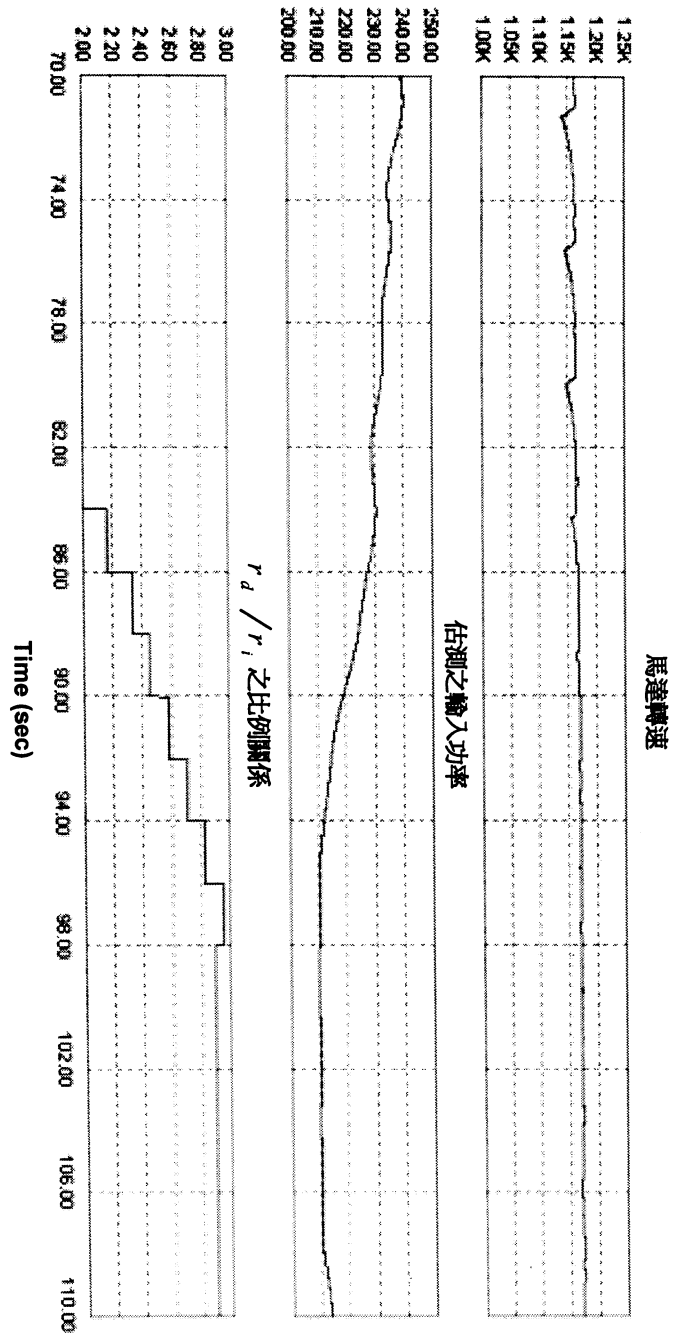
第十二圖

無感測之弦波速度命令追隨控制響應



第十三圖

年 月 日  
修 正 本



第十四圖