



(21) 申請案號：105119854

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 06 月 24 日

(51) Int. Cl. : **H02P27/08 (2006.01)**(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市東區大學路 1001 號

(72) 發明人：胡竹生 HU, JWU-SHENG (TW)；陳鏗元 CHEN, KENG-YUAN (TW)

(74) 代理人：高玉駿；楊祺雄

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：13 共 38 頁

(54) 名稱

切換方法、多相馬達系統及其控制器與驅動裝置

SWITCHING METHOD, MULTIPHASE MOTOR SYSTEM, CONTROLLER AND DRIVER DEVICE THEREOF

(57) 摘要

一種切換方法，由一控制器執行以產生多個脈波調變信號，用以控制一多相電力產生器來驅動一馬達，每一脈波調變信號具有一責任時間值，且該方法包含：(A) 根據多個責任時間值產生一序列集合，序列集合包括多個依序排列的狀態向量；(B) 從狀態向量中選擇一個並將其所對應的狀態停留時間切分成至少二段；(C) 將切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合；(D) 從序列集合中選擇其中之一者，並據以產生脈波調變信號；藉此，該控制器選擇出最佳的序列集合，以產生諧波失真最小的脈波調變信號。

A controller-implemented switching method is proposed to generate a plurality of pulse modulation signals for control of a multi-phase power generator, which is configured as a motor driver. Each pulse modulation signal has a duty cycle value. The method comprises: (A) generating, based on the duty cycle values, a sequence set which includes a plurality of status vectors arranged sequentially; (B) selecting one of the status vectors whose status dwelling time is to be divided into two time periods; (C) rearranging the time-divided vectors with unselected status vectors to produce a plurality of sequence sets; (D) selecting one of the sequence sets to generate corresponding pulse modulation signals. By doing so, the controller selects an optimal sequence set to generate pulse modulation signals that lead to minimum harmonic distortion.

指定代表圖：

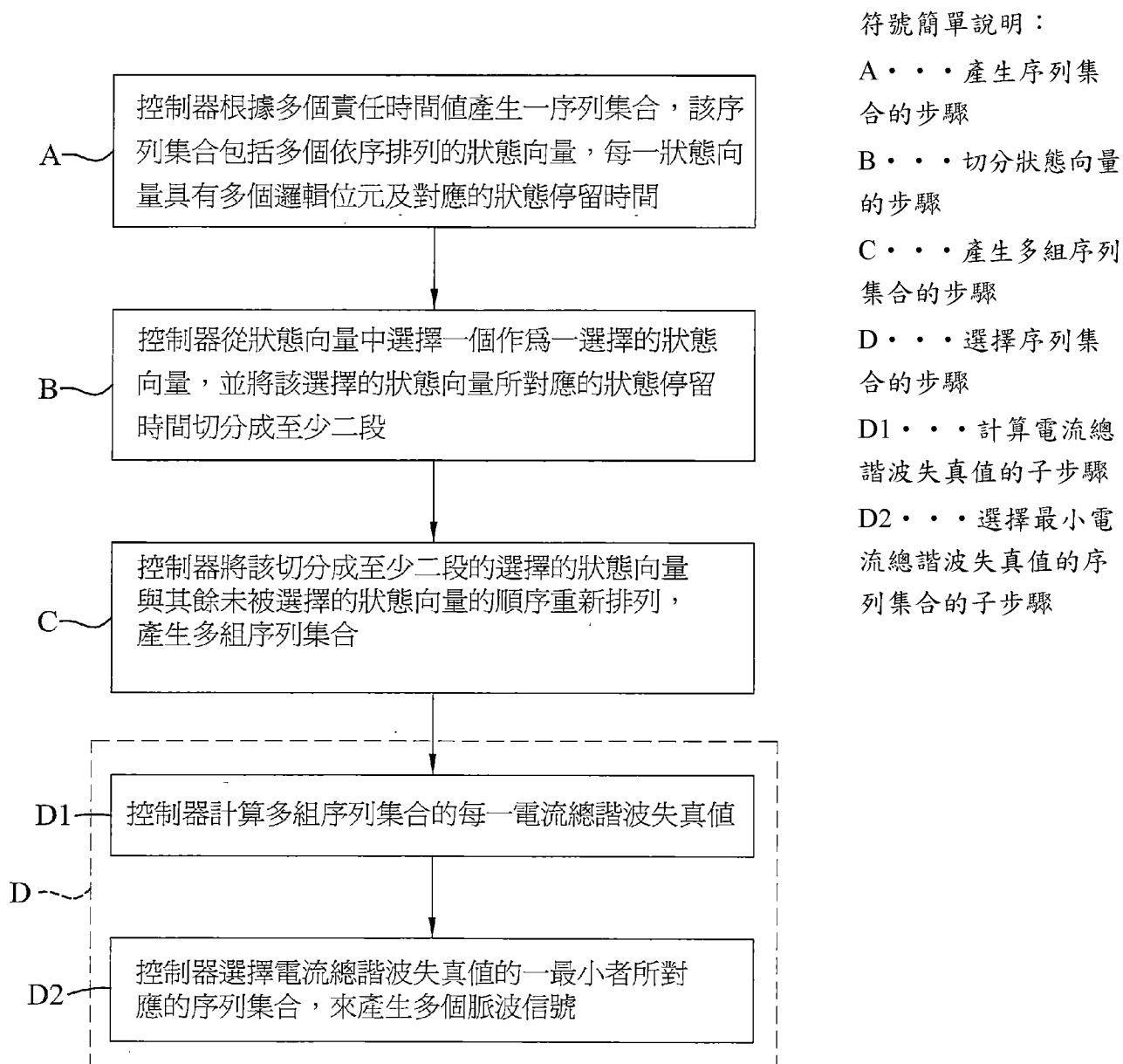


圖5



201801466

【發明摘要】

【中文發明名稱】 切換方法、多相馬達系統及其控制器與驅動裝置

【英文發明名稱】 Switching Method, Multiphase Motor System, Controller and Driver Device thereof

【中文】

一種切換方法，由一控制器執行以產生多個脈波調變信號，用以控制一多相電力產生器來驅動一馬達，每一脈波調變信號具有一責任時間值，且該方法包含：(A)根據多個責任時間值產生一序列集合，序列集合包括多個依序排列的狀態向量；(B)從狀態向量中選擇一個並將其所對應的狀態停留時間切分成至少二段；(C)將切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合；(D)從序列集合中選擇其中之一者，並據以產生脈波調變信號；藉此，該控制器選擇出最佳的序列集合，以產生諧波失真最小的脈波調變信號。

【英文】

A controller-implemented switching method is proposed to generate a plurality of pulse modulation signals for control of a multi-phase power generator, which is configured as a motor driver. Each pulse modulation signal has a duty cycle value. The method comprises: (A) generating, based on the duty cycle values, a sequence set which includes a plurality of status vectors arranged sequentially; (B) selecting one of the status vectors whose status dwelling time is to be divided into two time periods; (C) rearranging the time-divided vectors with unselected status vectors to produce a

plurality of sequence sets; (D) selecting one of the sequence sets to generate corresponding pulse modulation signals. By doing so, the controller selects an optimal sequence set to generate pulse modulation signals that lead to minimum harmonic distortion.

【指定代表圖】：圖（5）。

【代表圖之符號簡單說明】

- | | | | |
|----|----------------|----|-----------------------|
| A | 產生序列集合的步驟 | B | 切分狀態向量的步驟 |
| C | 產生多組序列集合的步驟 | D | 選擇序列集合的步驟 |
| D1 | 計算電流總諧波失真值的子步驟 | D2 | 選擇最小電流總諧波失真值的序列集合的子步驟 |

【發明說明書】

【中文發明名稱】 切換方法、多相馬達系統及其控制器與驅動裝置

【英文發明名稱】 Switching Method, Multiphase Motor System, Controller and
Driver Device thereof

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種產生電力的方法及裝置，特別是指一種產生可驅動馬達之電力的切換方法及驅動裝置。

【先前技術】

【0002】 近年來，隨著馬達變頻技術的蓬勃發展，交流馬達在工商業的用途上日趨重要，從工具機、電動車輛，到家用的變頻冷氣都需要採用交流馬達的驅動控制技術，雖然目前所應用之交流馬達為三相居多，然而五相馬達或更多相之馬達因驅動效率高、且具容錯特性，因此未來於中高功率之應用不容忽視。

【0003】 現有的五相交流馬達驅動，可利用一五相直流交流轉換器來驅動，該五相直流交流轉換器利用十個開關相互交替導通與截止而產生適當的五相驅動電流，其中，該五相直流交流轉換器的開關控制方式，目前主要以正弦脈寬調變（Sinusoidal Pulse-Width Modulation，簡稱SPWM）及空間向量脈寬調變

(Space Vector Pulse-Width Modulation, 簡稱SVPWM) 這兩種技術為主流, 其操作原理均以脈波寬度調變技術為基礎, 利用五相弦波的電壓與一三角載波作比較, 並依據其差異產生五個不同的脈波調變信號, 藉以控制該五相直流交流轉換器的開關進行切換, 以產生該五相驅動電流。

【0004】 其中, 因為該三角載波的週期與該脈波調變信號的週期相同, 故當該三角載波的頻率固定之後, 該脈波調變信號的週期即固定, 以致該五相直流交流轉換器的開關切換次數被固定。然而, 該五相驅動電流的總諧波失真 (total harmonic distortion, THD) 與開關切換次數之間存在取捨的關係, 亦即欲降低電流總諧波失真, 必須提高載波頻率, 但同時也將增加開關切換次數和較高的切換損失, 造成該五相直流交流轉換器的效率無法提升。因此, 如何取得電流總諧波失真與開關切換次數之間的平衡, 一直是馬達驅動技術的重要課題。

【發明內容】

【0005】 因此, 本發明之目的, 即在提供一種在相同開關切換次數之下, 可以降低馬達之驅動電流總諧波失真的切換方法。

【0006】 於是, 本發明切換方法, 由一控制器執行以產生多個脈波調變信號, 該多個脈波調變信號用以控制一多相電力產生器產

生一多相電力，該多相電力用以驅動一馬達，每一脈波調變信號具有一切換於一第一邏輯狀態及一第二邏輯狀態的準位，每一脈波調變信號的一責任時間(duty cycle)值是其處於該第一邏輯狀態的時間值，包含一步驟(A)、一步驟(B)、一步驟(C)，及一步驟(D)。

【0007】 該步驟(A)是該控制器根據多個責任時間值產生一序列集合，該序列集合包括多個依序排列的狀態向量，每一狀態向量具有多個邏輯位元及一對應的狀態停留時間，於該對應的狀態停留時間內，該多個邏輯位元分別對應於該多個脈波調變信號的準位。

【0008】 該步驟(B)是該控制器從該多個狀態向量中選擇一個作為一選擇的狀態向量，並將該選擇的狀態向量所對應的狀態停留時間切分成至少二段，該選擇的狀態向量所對應的該序列集合的原先順序是非最先順序及非最後順序。

【0009】 該步驟(C)是該控制器將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合。

【0010】 該步驟(D)是該控制器從該多組序列集合中選擇其中之一者，並據以產生該等脈波調變信號。

【0011】 此外，本發明之另一目的，即在提供一種可以降低馬達之驅動電流總諧波失真的多相馬達系統。

【0012】 於是，本發明多相馬達系統，包含一馬達，及一驅動裝置。

【0013】 該驅動裝置包括一多相電力產生器，及一控制器。

【0014】 該多相電力產生器電連接該馬達，受多個脈波調變信號控制以產生一多相電力來驅動該馬達，其中，每一脈波調變信號具有一切換於第一邏輯狀態及一第二邏輯狀態的準位，每一脈波調變信號的一責任時間值是其處於該第一邏輯狀態的時間值。

【0015】 該控制器電連接該多相電力產生器，且包括一序列產生器、一選擇器，及一脈波信號產生器。

【0016】 該序列產生器根據該多個責任時間值產生一序列集合，該序列集合包括多個依序排列的狀態向量，每一狀態向量具有多個邏輯位元及一對應的狀態停留時間，於該對應的狀態停留時間內，該多個邏輯位元分別對應於該多個脈波調變信號的該準位，該序列產生器從該多個狀態向量中選擇一個作為一選擇的狀態向量，並將該選擇的狀態向量所對應的狀態停留時間切分成至少二段，該選擇的狀態向量於該序列集合的原先順序是非最先順序及非最後順序，該序列產生器將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合。

【0017】 該選擇器電連接該序列產生器以接收來自該序列產生器的該多組序列集合，並從該多組序列集合中選擇其中之一者輸出。

【0018】 該脈波信號產生器電連接該序列產生器以接收來自該序列產生器所輸出的該序列集合，且根據該序列集合的多個狀態向量分別產生該多個脈波調變信號。

【0019】 本發明之功效在於：該控制器基於該等責任時間值計算出最佳的序列集合，以產生諧波失真最小的脈波調變信號，因而在開關切換次數不變的情形下，確保電流總諧波失真達到最低。

【圖式簡單說明】

【0020】 本發明之其他的特徵及功效，將於參照圖式的實施方式中清楚地呈現，其中：

圖 1 是一電路方塊圖，說明本發明驅動裝置的一實施例；

圖 2 是一電路圖，說明該驅動裝置的一多相電力產生器；

圖 3 是一電路方塊圖，說明該驅動裝置的一控制器；

圖 4 是一方塊圖，輔助圖 3 說明該驅動裝置的控制器；

圖 5 是一流程圖，說明本發明序列切換方法的一實施例；

圖 6 是一時序圖，說明執行該序列切換方法得到的一個序列集合；

圖 7 是一序列示意圖，輔助圖 6 說明該序列集合的狀態向量在前半週期時間中之排列順序；

圖 8 是一時序圖，說明執行該序列切換方法得到的一個序列集合；

圖 9 是一序列示意圖，輔助圖 8 說明該序列集合的狀態向量在前半週期時間中之排列順序；

圖 10 是一序列示意圖，說明執行該序列切換方法得到的其他不同的序列集合；

圖 11 是一實驗結果圖，說明圖 6 的該序列集合所對應的脈波調變信號被用於驅動馬達時，馬達的相電流的頻譜分析結果；

圖 12 是一實驗結果圖，說明圖 8 的該序列集合所對應的脈波調變信號被用於驅動馬達時，馬達的相電流的頻譜分析結果；及

圖 13 是一實驗結果圖，說明圖 6 及圖 8 的該等序列集合所分別對應的電流總諧波失真值與多相電力有效值之間的變化關係。

【實施方式】

【0021】 參閱圖 1，本發明多相馬達系統包括一馬達 100 及一驅動裝置 10。該驅動裝置 10 適於驅動該馬達 100，且該驅動裝置 10

的一實施例包含一多相電力產生器，及一控制器2。以下為方便說明，該多相電力產生器是以五相電力產生器1為例，但是其實施態樣也可以是、七相、九相…等，並不以此為限。

【0022】 參閱圖2，該五相電力產生器1受五個脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 控制以產生一五相電力，該五相電力用以驅動該馬達100。該馬達100不限任何形式，較佳為五相Y-型馬達或 Δ -型馬達。該五相電力產生器1為一五相直流交流轉換器，包括五個分別具有兩個開關的反向器（inverter）11~15，且該五個反向器11~15分別跨接於一直流電源 V_{dc} ，該直流電源 V_{dc} 的正端為40伏特、負端為接地，該五個反相器11~15的輸出端電壓分別為 V_a 、 V_b 、 V_c 、 V_d 及 V_e ，分別為正電壓40伏特或地，進而對應產生該五相電力為五個線電壓(line-to-line voltage) V_{ab} 、 V_{bc} 、 V_{cd} 、 V_{de} 及 V_{ea} ，及五個相電流 i_{aN} 、 i_{bN} 、 i_{cN} 、 i_{dN} 及 i_{eN} ，該等線電壓及相電流為振幅相同且彼此相位相差72度的正弦信號。每一脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 具有一切換於一第一邏輯狀態及一第二邏輯狀態間的準位。該第一邏輯狀態例如為邏輯值1，該第二邏輯狀態例如為邏輯值0。

【0023】 在任一個反向器11~15中，為了避免其上、下兩個開關發生同時關閉之短路現象或同時開啓之浮接現象，因此每一個反向器11~15同一時間只能有一種狀態：上導通（開關111、121、131、141或151為ON）或下導通（112、122、132、142或152

爲ON)，也就是說，每一個反向器11~15的上、下兩個開關的作動需彼此相反，以避免發生兩者同時開啓或關閉之現象。因此五個反向器11~15總共會產生32種開關狀態，而每一種開關狀態皆會對應不同的五個線電壓 $V_{ab} \sim V_{ea}$ ，其中， $V_{ab} = V_a - V_b$ ，當所有的反向器11~15的開關狀態均爲上導通(或下導通)時，該等反相器11~15的輸出端電壓 $V_a \sim V_e$ 均是40伏特(或0伏特)，因此所對應的線電壓 V_{ab} 爲0伏特，同理其他線電壓以此類推也都是0伏特，此時，該等反相器11~15產生的相電流均爲0安培。當反相器11的開關狀態爲上導通，其餘皆爲下導通時，所對應的線電壓除了 V_{ab} 及 V_{ea} 分別爲40伏特、-40伏特，其餘皆爲0伏特，故反相器11、12、15會產生相電流 i_{aN} 、 i_{bN} 及 i_{eN} 。

【0024】 因爲每一個反向器11~15的兩個開關的作動需彼此相反，所以僅需得到該等反向器11~15中上方開關111、121、131、141、151的開關狀態，再將其邏輯狀態反相即可得到下方開關112、122、132、142或152的開關狀態。故在本實施例中，僅說明該等用於控制上方開關的脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的邏輯狀態，下方開關的脈波調變信號 $\overline{\gamma_1} \sim \overline{\gamma_5}$ 的邏輯狀態相反，均不作贅述。其中，當任一脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的準位處於該第一邏輯狀態，即邏輯1時，表示所對應的反相器11~15的狀態爲上導通，當任一脈波調變

信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的準位處於該第二邏輯狀態，即邏輯0時，表示所對應的反相器11~15的狀態為非上導通，亦即下導通。

【0025】 參閱圖3及圖4，該控制器2電連接該五相電力產生器1，並包括一參考相電壓產生器21、一零向量注入器22、五個加法器23、一序列產生器24、一選擇器25，及一控制信號產生器26。該參考相電壓產生器21、該零向量注入器22及該等加法器23相配合用以產生五個責任週期值 (duty cycle) $d_1 \sim d_5$ 。該選擇器25電連接該序列產生器24，並包括一電流諧波預測單元251，及一比較單元252。有關該控制器2之元件的功能及作動將配合以下的步驟流程進行更詳細的說明。

【0026】 參閱圖4及圖5，該控制器2執行一種序列切換方法，以根據該等責任時間值 $d_1 \sim d_5$ ，產生可降低諧波失真的該等脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 。該序列切換方法包括下列步驟。

【0027】 首先，在步驟(A)中，該控制器2的序列產生器24根據五個責任時間值 $d_1 \sim d_5$ 產生一序列集合，其中，每一脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 對應的一責任時間值 $d_1 \sim d_5$ 是在一週期時間T其處於該第一邏輯狀態的時間值。例如脈波調變信號 γ_1 的責任時間值為 $0.7T$ ，表示在該週期時間T中，其準位處於該第一邏輯狀態的時間值為70%的週期時間T。本實施例中所述的週期時間，是指脈波寬度調變技術之三角載波的週期時間。

【0028】 在本實施例中，為方便說明，舉每一脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的前半週期時間 $t=0 \sim T/2$ 內的序列集合作為討論，而後半週期時間 $t=T/2 \sim T$ 內的序列集合則是對稱前半週期時間 $t=0 \sim T/2$ ，該序列集合包括六個依序排列的狀態向量 $\vec{V}_1 \sim \vec{V}_6$ ，每一狀態向量 $\vec{V}_1 \sim \vec{V}_6$ 具有五個邏輯位元及一對應的狀態停留時間 $T_1 \sim T_6$ ，於該對應的狀態停留時間 $T_1 \sim T_6$ 內，該五個邏輯位元分別相關於該五個脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的該準位，這些狀態向量的狀態停留時間 $T_1 \sim T_6$ 的加總是該等脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的該週期時間 T 的二分之一。

【0029】 復參閱圖3，每一脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的責任時間值 $d_1 \sim d_5$ 的產生技術如下：該控制器2的參考相電壓產生器21產生五相弦波的電壓 $r_1 \sim r_5$ ，該零向量注入器22根據這五相弦波的電壓 $r_1 \sim r_5$ 的值，比出其中的最小及最大值，以求出一零向量電壓 V_{nN} ，該零向量電壓 V_{nN} 的計算方式可為 $(1 - \text{最大值} + 0.5)$ 、 $(-1 - \text{最小值} + 0.5)$ 或是 $0.5(-\text{最小值} - \text{最大值}) + 0.5$ 等，此為熟知電路技藝的人士能輕易變更達成，於此不再贅述。該五個加法器23分別將該五相弦波的電壓值 $r_1 \sim r_5$ 加上該零向量電壓 V_{nN} 的值，即得到每一脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 的責任時間值 $d_1 \sim d_5$ 。

【0030】 參閱圖6及圖7，圖6例示該序列集合的一種可能態樣，該序列集合的產生方式是藉由將該等責任週期值 $d_1 \sim d_5$ 由大到小排列，以此例而言為 $d_1 > d_2 > d_5 > d_3 > d_4$ ，並依此大小關係依序產生前

半週期時間 $t=0\sim T/2$ 的該等狀態向量 $\vec{V}_1=[00000]$ 、 $\vec{V}_2=[10000]$ 、 $\vec{V}_3=[11000]$ 、 $\vec{V}_4=[11001]$ 、 $\vec{V}_5=[11101]$ 及 $\vec{V}_6=[11111]$ ，在此說明 $\vec{V}_1=[00000]$ 是指在所對應的狀態停留時間 T_1 內，該五個脈波調變信號 $\gamma_1\sim\gamma_5$ 的準位皆處於該第二邏輯狀態，而 $\vec{V}_2=[10000]$ 是指在所對應的狀態停留時間 T_2 內，只有脈波調變信號 γ_1 的準位處於該第一邏輯狀態而剩餘的四個脈波調變信號 $\gamma_2\sim\gamma_5$ 的準位皆處於該第二邏輯狀態， $\vec{V}_6=[11111]$ 是指在所對應的狀態停留時間 T_6 內，該五個脈波調變信號 $\gamma_1\sim\gamma_5$ 的準位皆處於該第一邏輯狀態，其他狀態向量 $\vec{V}_3\sim\vec{V}_5$ 則依此類推，。每一狀態向量 $\vec{V}_1\sim\vec{V}_6$ 所對應的狀態停留時間 $T_1\sim T_6$ 關係如下： $T_1=\frac{T-d_1}{2}$ 、 $T_2=\frac{d_1-d_2}{2}$ 、 $T_3=\frac{d_2-d_3}{2}$ 、 $T_4=\frac{d_3-d_4}{2}$ 、 $T_5=\frac{d_4-d_5}{2}$ 、 $T_6=\frac{d_5-d_6}{2}$ 。

【0031】 以上為在前半週期時間 $t=0\sim T/2$ 中，該序列集合的該等狀態向量 $\vec{V}_1\sim\vec{V}_6$ 的排列順序。因為在後半週期時間 $t=T/2\sim T$ 中，該等狀態向量 $\vec{V}_1\sim\vec{V}_6$ 的排列順序為與在前半週期時間 $t=0\sim T/2$ 成鏡像對稱，亦即從 \vec{V}_6 排到 \vec{V}_1 ，因此該序列集合所對應的該等脈波調變信號 $\gamma_1\sim\gamma_5$ 即如圖6所示，可以看出每一脈波調變信號 $\gamma_1\sim\gamma_5$ 的準位處於該第一邏輯狀態的時間在該週期時間 T 中呈現中央集中的趨勢。

圖7是該序列集合的簡化表示，為將該等狀態向量 $\vec{V}_1\sim\vec{V}_6$ 從二進位制轉換為十進位制，例如將 $\vec{V}_2=[10000]$ 改為16，並僅繪示出前半週期時間 $t=0\sim t=T/2$ 的狀態向量 $\vec{V}_1\sim\vec{V}_6$ ，以此類推，該序列集合可表示

為 $\{0, 16, 24, 25, 29, 31\}$ 。對於步驟(A)中的該序列集合而言，無論是對於在該前半週期時間 $t=0\sim T/2$ 或在該後半週期時間 $t=T/2\sim T$ ，該等狀態向量 $\vec{V}_1\sim\vec{V}_6$ 的最先順序及最後順序者恆為狀態向量 \vec{V}_1 及狀態向量 \vec{V}_6 這兩個向量的其中一者。並且因為狀態向量 \vec{V}_1 及狀態向量 \vec{V}_6 所對應的該五個脈波調變信號 $\gamma_1\sim\gamma_5$ 的邏輯狀態，分別會使圖2中的該等反相器11~15的開關狀態全為上導通及全為下導通，而不產生相電流，故狀態向量 \vec{V}_1 及狀態向量 \vec{V}_6 又稱零向量。

【0032】 復參閱圖4及圖5，接著，在步驟(B)中，該控制器2的序列產生器24從四個狀態向量 $\vec{V}_2\sim\vec{V}_5$ 中選擇一個作為一選擇的狀態向量，並將該選擇的狀態向量所對應的狀態停留時間切分成至少二段，該選擇的狀態向量所對應的該序列集合的原先順序是非最先順序（例如圖7的狀態向量 \vec{V}_1 ），及非最後順序（例如圖7的狀態向量 \vec{V}_6 ），亦即非零向量。在本例中，該選擇的狀態向量是以狀態向量 \vec{V}_4 來進行說明。

【0033】 接著，在步驟(C)中，該控制器2的序列產生器24將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量，與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合。該多組序列集合的其中之一者是將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量連續排列，以本實施例而言，如圖7所示，將該選擇的狀態向量 \vec{V}_4 所對應的狀態停留時

間 T_4 切成兩段之後，並將該兩段的狀態向量 \vec{V}_4 連續排列，而使該序列集合的六個狀態向量 $\vec{V}_1 \sim \vec{V}_6$ 分別為 $\{0, 16, 24, 25, 29, 31\}$ 。

【0034】 參閱圖8及圖9，該多組序列集合的剩餘部份是該切分成至少二段的該選擇的狀態向量非連續排列。在本實施例中，該控制器2的序列產生器24是將其餘未被選擇的狀態向量 \vec{V}_2 、 \vec{V}_3 、 \vec{V}_5 之其中一者，排列於該切分成至少二段的該選擇的狀態向量 \vec{V}_4 的中間，來產生該多組序列集合的剩餘部分。舉例來說，該控制器2的序列產生器24從步驟(A)的該序列集合 $\{0, 16, 24, 25, 29, 31\}$ 中選擇狀態向量 \vec{V}_4 ，並將該選擇的狀態向量 \vec{V}_4 所對應的狀態停留時間 T_4 從中間分為兩段，切分成二段的該選擇的狀態向量 \vec{V}_4' 的每一狀態停留時間 $T_4' = T_4/2$ ，該控制器2並將未被選擇的其中一個狀態向量 \vec{V}_5 排列於該切分成至少二段的該選擇的狀態向量 \vec{V}_4' 的中間，並且該控制器2將步驟(A)中的兩個零向量 \vec{V}_1 、 \vec{V}_6 所對應的狀態停留時間加總並只保留狀態向量 \vec{V}_1 ，且其所對應的狀態停留時間為 $T_1' = T_1 + T_6$ ，藉此來產生該等一個新的序列集合 $\{0, 16, 24, 25, 29, 25\}$ ，如圖9所示。因為原來的零向量 \vec{V}_6 被移除，因此原來在步驟(A)中，脈波調變信號 γ_4 的準位是最後從該第二邏輯狀態轉變成該第一邏輯狀態，在該新的序列集合中，恆維持在該第二邏輯狀態，以致反相器14的開關恆保持下導通。而因為狀態向量 \vec{V}_5 移到該切分的狀態向量 \vec{V}_4' 中間，因此造成反相器13的開關先從上導通轉為

下導通，經過該狀態停留時間 T_5 之後再從下導通轉為上導通。比較圖6與圖8可以看出，相當於反相器14的開關不切換，反相器13的開關多切換兩次，因此總開關切換次數不變。

【0035】 參閱圖10，同理，可以得到另外三個新的序列集合，其中，序列集合 $\{24, 16, 24, 25, 29, 31\}$ 為將該選擇的狀態向量 \vec{V}_3 的狀態停留時間 T_3 切分為二段狀態向量 \vec{V}_3' ，並將其餘未被選擇的其中一個狀態向量 \vec{V}_2 置於該二段狀態向量 \vec{V}_3' 的中間，並且去除狀態向量 \vec{V}_1 ，僅保留該狀態向量 \vec{V}_6' ，且其所對應的狀態停留時間為 $T_6' = T_1 + T_6$ 。序列集合 $\{16, 0, 16, 24, 25, 29\}$ 為將該選擇的狀態向量 \vec{V}_2 的狀態停留時間 T_2 切分為二段狀態向量 \vec{V}_2' ，並將其餘未被選擇的其中一個狀態向量 \vec{V}_1 置於該二段狀態向量 \vec{V}_2' 的中間，並且去除狀態向量 \vec{V}_6 ，僅保留該狀態向量 \vec{V}_1' ，且其所對應的狀態停留時間為 $T_1' = T_1 + T_6$ 。序列集合 $\{16, 24, 25, 29, 31, 29\}$ 為將該選擇的狀態向量 \vec{V}_5 的狀態停留時間 T_5 切分為二段狀態向量 \vec{V}_5' ，並將其餘未被選擇的其中一個狀態向量 \vec{V}_6 置於該二段狀態向量 \vec{V}_5' 的中間，並且去除狀態向量 \vec{V}_1 ，僅保留該狀態向量 \vec{V}_6' ，且其所對應的狀態停留時間為 $T_6' = T_1 + T_6$ 。依此方式，仍可以得到許多新的序列集合，而不以此所列舉者為限。

【0036】 復參閱圖4及圖5，接著，在步驟（D）中，該控制器2的選擇器25從該多組序列集合中選擇其中之一者，並據以產生該等脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 。詳細來說，該步驟（D）包括以下子步驟。

【0037】 在子步驟（D1），該選擇器25的電流諧波預測單元251計算於該步驟（A）的序列集合的電流總諧波失真值，以及該步驟（C）的該多組序列集合的每一電流總諧波失真值。該電流諧波預測單元251接收來自該脈波寬度調變單元21的該五相弦波的電壓 $r_1 \sim r_5$ ，並根據該五相弦波的電壓 $r_1 \sim r_5$ 與所要計算的該序列集合進行電流總諧波失真運算。此計算方式為針對該序列集合的狀態向量 $\vec{V}_1 \sim \vec{V}_6$ 在所對應的狀態停留時間 $T_1 \sim T_6$ 中，分別與該五相弦波的電壓 $r_1 \sim r_5$ 相電壓誤差行積分運算，並將得到的結果加總得到該序列集合所對應的電流總諧波失真值。例如以圖9的該序列集合 $\{0, 16, 24, 25, 29, 25\}$ 為例，其電流總諧波失真的計算方式為：

$$i_{err1} = \frac{1}{L} \int_{T1} V_{err1}^2 = \frac{1}{L} \int_{T1} \|[00000] - [r_1 r_2 r_3 r_4 r_5]\|_2^2 \cdots \cdots (1) \text{式}$$

$$i_{err2} = \frac{1}{L} \int_{T2} V_{err2}^2 = \frac{1}{L} \int_{T2} \|[10000] - [r_1 r_2 r_3 r_4 r_5]\|_2^2 \cdots \cdots (2) \text{式}$$

$$i_{err3} = \frac{1}{L} \int_{T3} V_{err3}^2 = \frac{1}{L} \int_{T3} \|[11000] - [r_1 r_2 r_3 r_4 r_5]\|_2^2 \cdots \cdots (3) \text{式}$$

$$i_{err4} = \frac{1}{L} \int_{T4/2} V_{err4}^2 = \frac{1}{L} \int_{T4/2} \|[11001] - [r_1 r_2 r_3 r_4 r_5]\|_2^2 \cdots \cdots (4) \text{式}$$

$$i_{err5} = \frac{1}{L} \int_{T5} V_{err5}^2 = \frac{1}{L} \int_{T5} \|[11101] - [r_1 r_2 r_3 r_4 r_5]\|_2^2 \cdots \cdots (5) \text{式}$$

$$i_{err6} = \frac{1}{L} \int_{T4/2} V_{err6}^2 = \frac{1}{L} \int_{T4/2} \|[11001] - [r_1 r_2 r_3 r_4 r_5]\|_2^2 \cdots \cdots (6) \text{式}$$

其中，參數L為該馬達100的負載的電感量。接著將(1)式到(6)式得到的值加總，得到該序列集合{0, 16, 24, 25, 29, 25}的總諧波失真值：

$$THD\{0, 16, 24, 25, 29, 25\} = i_{err1} + i_{err2} + i_{err3} + i_{err4} + i_{err5} + i_{err6} \cdots \cdots (7) \text{式}$$

步驟(C)中的其他序列集合以此類推，該電流諧波預測單元251分別計算出所對應的電流總諧波失真值。

【0038】 在子步驟(D2)，該選擇器25的比較單元252選擇該電流總諧波失真值的一最小者所對應的序列集合輸出，該脈波信號產生器26接收來自該比較單元252所輸出的該序列集合，且根據該序列集合的多個狀態向量 $\vec{V}_1 \sim \vec{V}_6$ 分別產生該多個脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 。

【0039】 參閱圖11與圖12，圖11是說明圖6的該序列集合所對應的脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 被用於驅動馬達100時，該馬達100的其中一個相電流的頻譜分析結果。圖12是說明圖8的該序列集合所對應的脈波調變信號被用於驅動該馬達100時，該馬達100的其中一個相電流的頻譜分析結果。由這兩圖可以明顯看出，相電流在 $10^4 \sim 10^5$ Hz附近的載波諧波成分明顯降低。

【0040】 參閱圖13，圖13為使用圖6及圖8的該等序列集合所對應的脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ 來驅動該馬達100，並測試不同的五相電力有效值的大小所產生的脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ ，得到兩序列集合的

電流總諧波失真值與五相電力有效值之間進行實驗分析的變化關係。比較兩者的電流總諧波失真可知，圖8的序列集合可在五相電力有效值的大小為0.5時，可降低電流總諧波失真達到22%。

【0041】 綜上所述，本發明序列切換方法及驅動裝置10的優點在於，該控制器2基於該等責任時間值 $d_1 \sim d_5$ 產生多組序列集合，並根據電流諧波的計算結果，選擇具有電流總諧波失真最小值的序列集合來轉換成該等反相器11~15所對應的脈波調變信號 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ ，因此，可以在開關切換次數不變的情形下，確保電流總諧波失真達到最低，因此，確實可達到本發明之目的。

【0042】 惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，凡是依本發明申請專利範圍及專利說明書內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

【符號說明】

【0043】

10	驅動裝置	251	電流諧波預測單元
100	馬達	252	比較單元
1	五相電力產生器	26	脈波信號產生器
11~15	反相器	$\gamma_1 \sim \gamma_5$	脈波調變信號
111~112	開關	$\overline{\gamma_1} \sim \overline{\gamma_5}$	脈波調變信號
121~122	開關	V_{dc}	直流電壓
131~132	開關	$i_{aN} \sim i_{eN}$	相電流
141~142	開關	$V_a \sim V_e$	輸出端電壓
151~152	開關	$r_1 \sim r_5$	五相弦波的電壓
2	控制器	V_{nN}	零電壓
21	參考相電壓產生器	$d_1 \sim d_5$	責任時間值
22	零向量注入器	$\vec{V}_1 \sim \vec{V}_6$	狀態向量
23	加法器	$\vec{V}'_1 \sim \vec{V}'_6$	狀態向量
24	序列產生器	$T_1 \sim T_6$	狀態停留時間
25	選擇器	$T'_1 \sim T'_6$	狀態停留時間

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種序列切換方法，由一控制器執行以產生多個脈波調變信號，該多個脈波調變信號用以控制一多相電力產生器產生一多相電力，該多相電力用以驅動一馬達，每一脈波調變信號具有一切換於一第一邏輯狀態及一第二邏輯狀態間的準位，每一脈波調變信號的一責任時間值是其在一週期時間處於該第一邏輯狀態的時間值，且該序列切換方法包含：

(A) 該控制器根據多個責任時間值產生一序列集合，該序列集合包括多個依序排列的狀態向量，每一狀態向量具有多個邏輯位元及一對應的狀態停留時間，於該對應的狀態停留時間內，該多個邏輯位元分別對應於該多個脈波調變信號的準位；

(B) 該控制器從該多個狀態向量中選擇一個作為一選擇的狀態向量，並將該選擇的狀態向量所對應的狀態停留時間切分成至少二段，該選擇的狀態向量所對應的該序列集合的原先順序是非最先順序及非最後順序；

(C) 該控制器將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合；及

(D) 該控制器從該多組序列集合中選擇其中之一者，並據以產生該等脈波調變信號。

- 【第2項】 如請求項第1項所述的驅動方法，其中，在該步驟（C）中，該多組序列集合的一部份是該切分成至少二段的該選擇的狀態向量連續排列。
- 【第3項】 如請求項第1項所述的驅動方法，其中，在該步驟（C）中，該多組序列集合的剩餘部份是該切分成至少二段的該選擇的狀態向量非連續排列。
- 【第4項】 如請求項第1項所述的驅動方法，其中，在該步驟（A）中，該多個狀態向量所對應的狀態停留時間的加總為該脈波調變信號的該週期時間的一半。
- 【第5項】 如請求項第1項所述的驅動方法，其中，該步驟（D）包括
- （D1）該控制器計算於該步驟（C）的該多組序列集合的每一電流總諧波失真值，及
 - （D2）該控制器選擇該等電流總諧波失真值的一最小者所對應的序列集合，來產生該多個脈波調變信號。
- 【第6項】 一種驅動裝置，電連接一馬達，且包含：
- 一多相電力產生器，電連接該馬達，受多個脈波調變信號控制以產生一多相電力來驅動該馬達，其中，每一脈波調變信號具有一切換於第一邏輯狀態及一第二邏輯狀態的準位，每一脈波調變信號的一責任時間值是其處於該第一邏輯狀態的時間值；及
 - 一控制器，電連接該多相電力產生器，且包括
 - 一序列產生器，根據該多個責任時間值產生一序列集合，該序列集合包括多個依序排列的狀態向量，每一狀態向量具有多個邏輯位元及一對應的狀態停留時間，於

第2頁，共6頁(發明申請專利範圍)

該對應的狀態停留時間內，該多個邏輯位元分別對應於該多個脈波調變信號的該準位，

該序列產生器從該多個狀態向量中選擇一個作為一選擇的狀態向量，並將該選擇的狀態向量所對應的狀態停留時間切分成至少二段，該選擇的狀態向量於該序列集合的原先順序是非最先順序及非最後順序，

該序列產生器將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合，

一選擇器，電連接該序列產生器以接收來自該序列產生器的該多組序列集合，並從該多組序列集合中選擇其中之一者輸出，及

一脈波信號產生器，電連接該序列產生器以接收來自該選擇器所輸出的該序列集合，且根據該序列集合的多個狀態向量分別產生該多個脈波調變信號。

【第7項】 如請求項第6項所述的驅動裝置，其中，該選擇器包括

一電流諧波計算單元，計算該多組序列集合的每一電流總諧波失真值，及

一比較單元，選擇出該等電流總諧波失真值的一最小者所對應的序列集合並輸出。

【第8項】 一種多相馬達系統，包含：

一馬達；

一多相電力產生器，電連接該馬達，且受多個脈波調變信號控制以產生一多相電力來驅動該馬達，其中，每一

脈波調變信號具有一切換於第一邏輯狀態及一第二邏輯狀態的準位，每一脈波調變信號的一責任時間值是其處於該第一邏輯狀態的時間值；

一控制器，電連接該多相電力產生器，且包括

一序列產生器，根據該多個責任時間值產生一序列集合，該序列集合包括多個依序排列的狀態向量，每一狀態向量具有多個邏輯位元及一對應的狀態停留時間，於該對應的狀態停留時間內，該多個邏輯位元分別對應於該多個脈波調變信號的該準位，

該序列產生器從該多個狀態向量中選擇一個作為一選擇的狀態向量，並將該選擇的狀態向量所對應的狀態停留時間切分成至少二段，該選擇的狀態向量於該序列集合的原先順序是非最先順序及非最後順序，

該序列產生器將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合，

一選擇器，電連接該序列產生器以接收來自該序列產生器的該多組序列集合，並從該多組序列集合中選擇其中之一者輸出，及

一脈波信號產生器，電連接該序列產生器以接收來自該序列產生器所輸出的該序列集合，且根據該序列集合的多個狀態向量分別產生該多個脈波調變信號。

【第9項】 如請求項第8項所述的多相馬達系統，其中，該選擇器包括

一電流諧波計算單元，計算該多組序列集合的每一電流總諧波失真值，及

一比較單元，選擇出該等電流總諧波失真值的一最小者所對應的序列集合並輸出。

【第10項】一種控制器，電連接一多相電力產生器，該多相電力產生器電連接一馬達，且受多個脈波調變信號控制以產生一多相電力來驅動該馬達，其中，每一脈波調變信號具有一切換於第一邏輯狀態及一第二邏輯狀態的準位，每一脈波調變信號的一責任時間值是其處於該第一邏輯狀態的時間值，該控制器包含：

一序列產生器，根據該多個責任時間值產生一序列集合，該序列集合包括多個依序排列的狀態向量，每一狀態向量具有多個邏輯位元及一對應的狀態停留時間，於該對應的狀態停留時間內，該多個邏輯位元分別對應於該多個脈波調變信號的該準位，

該序列產生器從該多個狀態向量中選擇一個作為一選擇的狀態向量，並將該選擇的狀態向量所對應的狀態停留時間切分成至少二段，該選擇的狀態向量於該序列集合的原先順序是非最先順序及非最後順序，

該序列產生器將該切分成至少二段的該選擇的狀態向量與其餘未被選擇的狀態向量的順序重新排列產生多組序列集合；

一選擇器，電連接該序列產生器以接收來自該序列產生器的該多組序列集合，並從該多組序列集合中選擇其中之一者輸出；及

一脈波信號產生器，電連接該序列產生器以接收來自該序列產生器所輸出的該序列集合，且根據該序列集合的多個狀態向量分別產生該多個脈波調變信號。

【發明圖式】

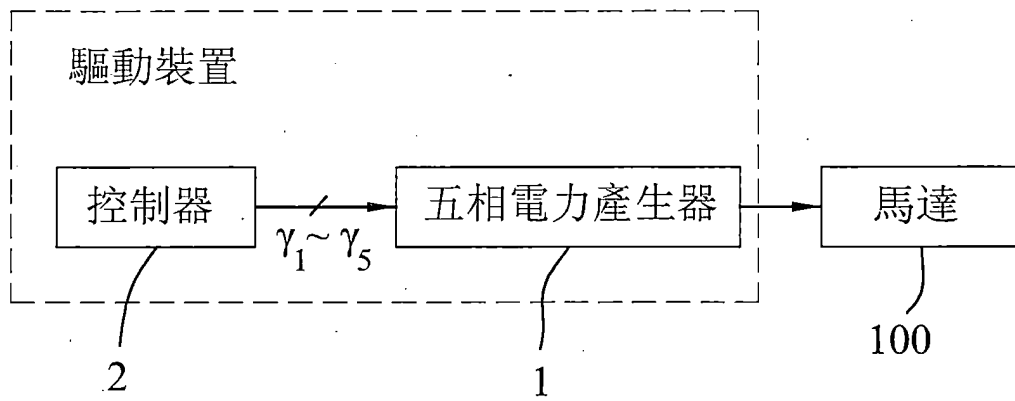


圖1

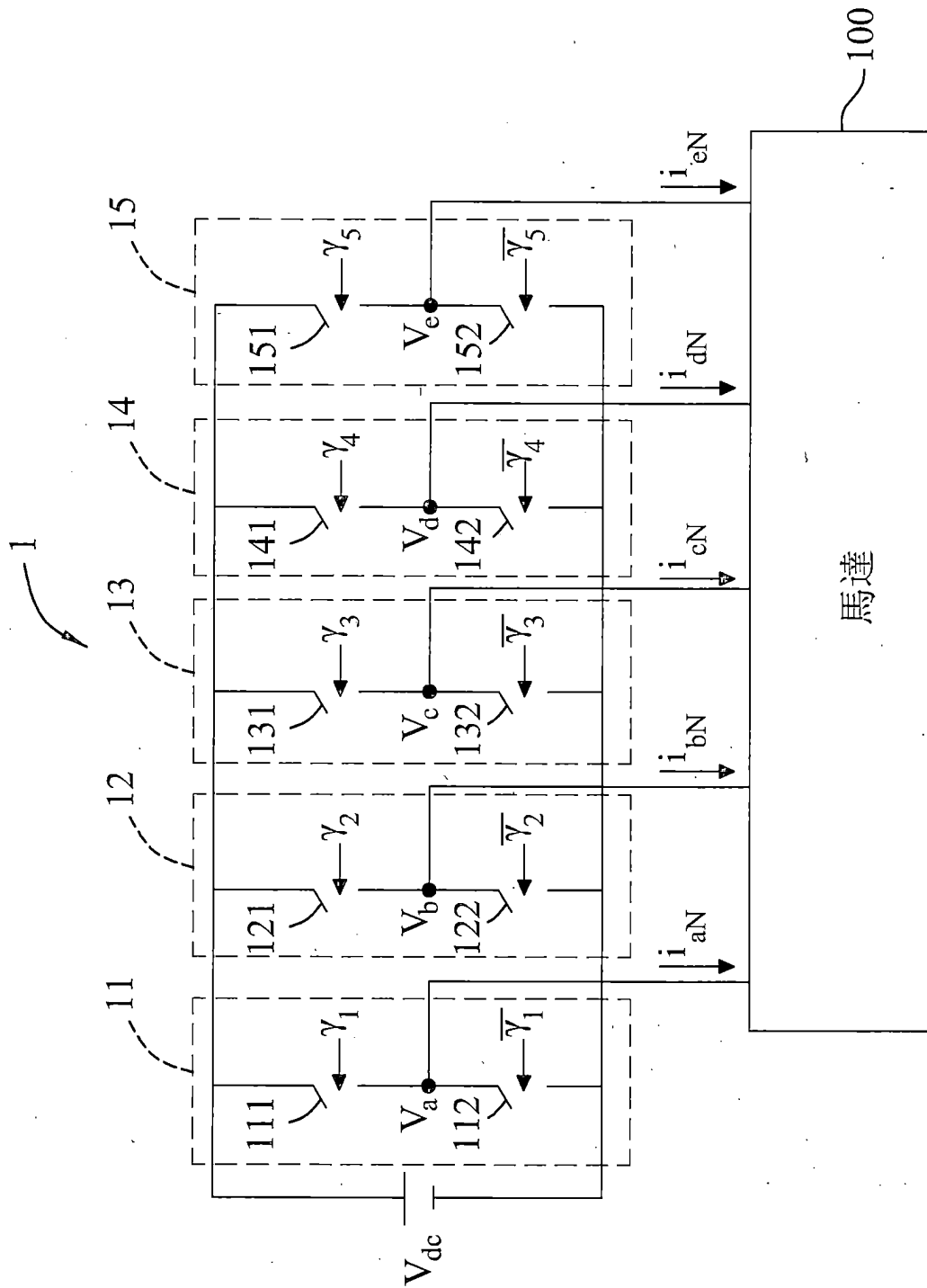


圖2

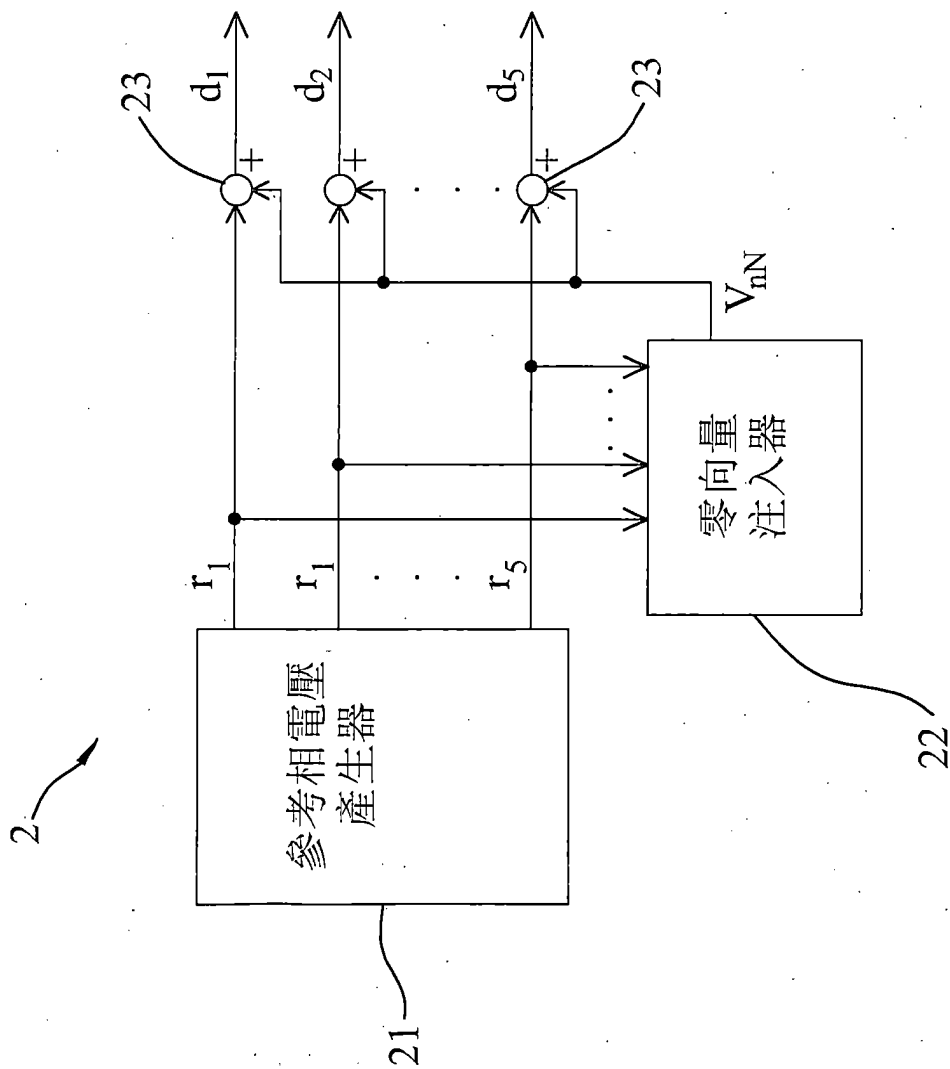


圖3

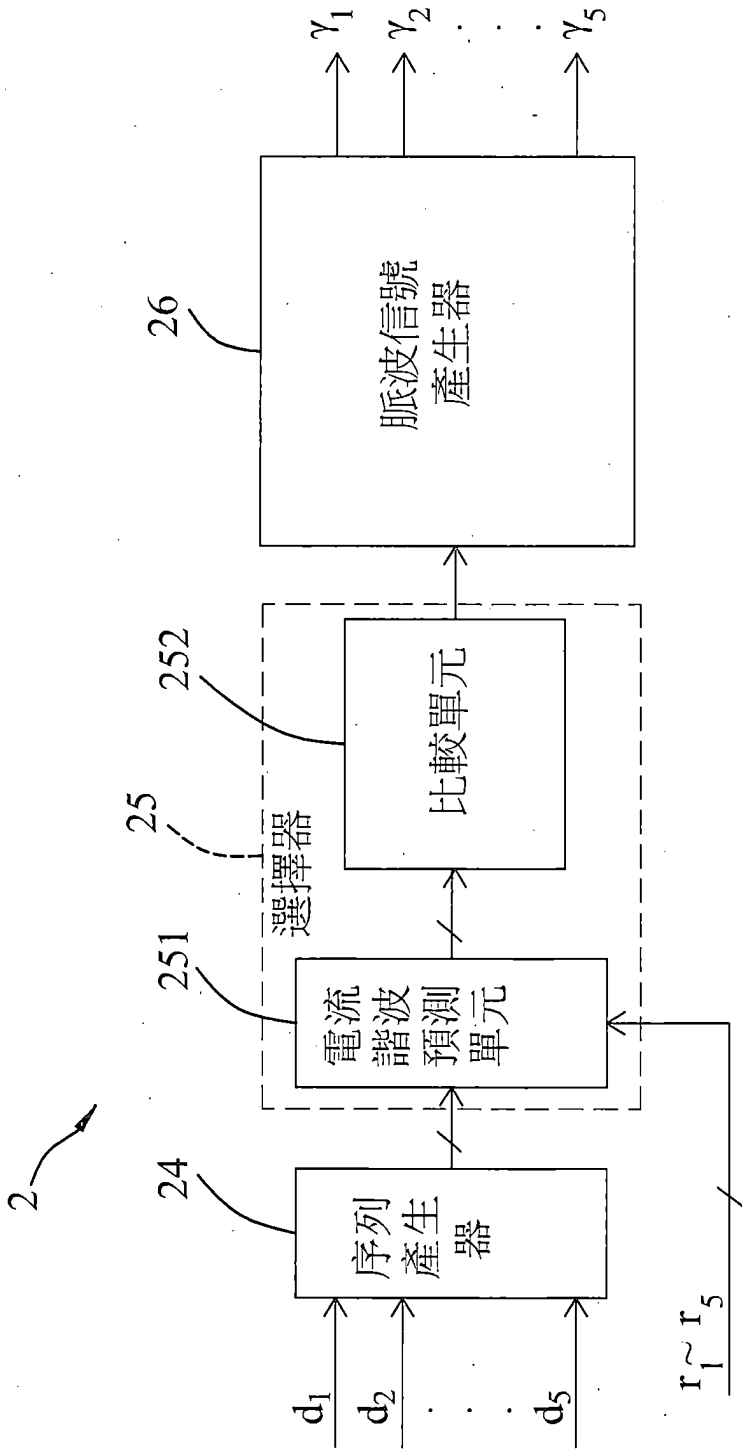


圖4

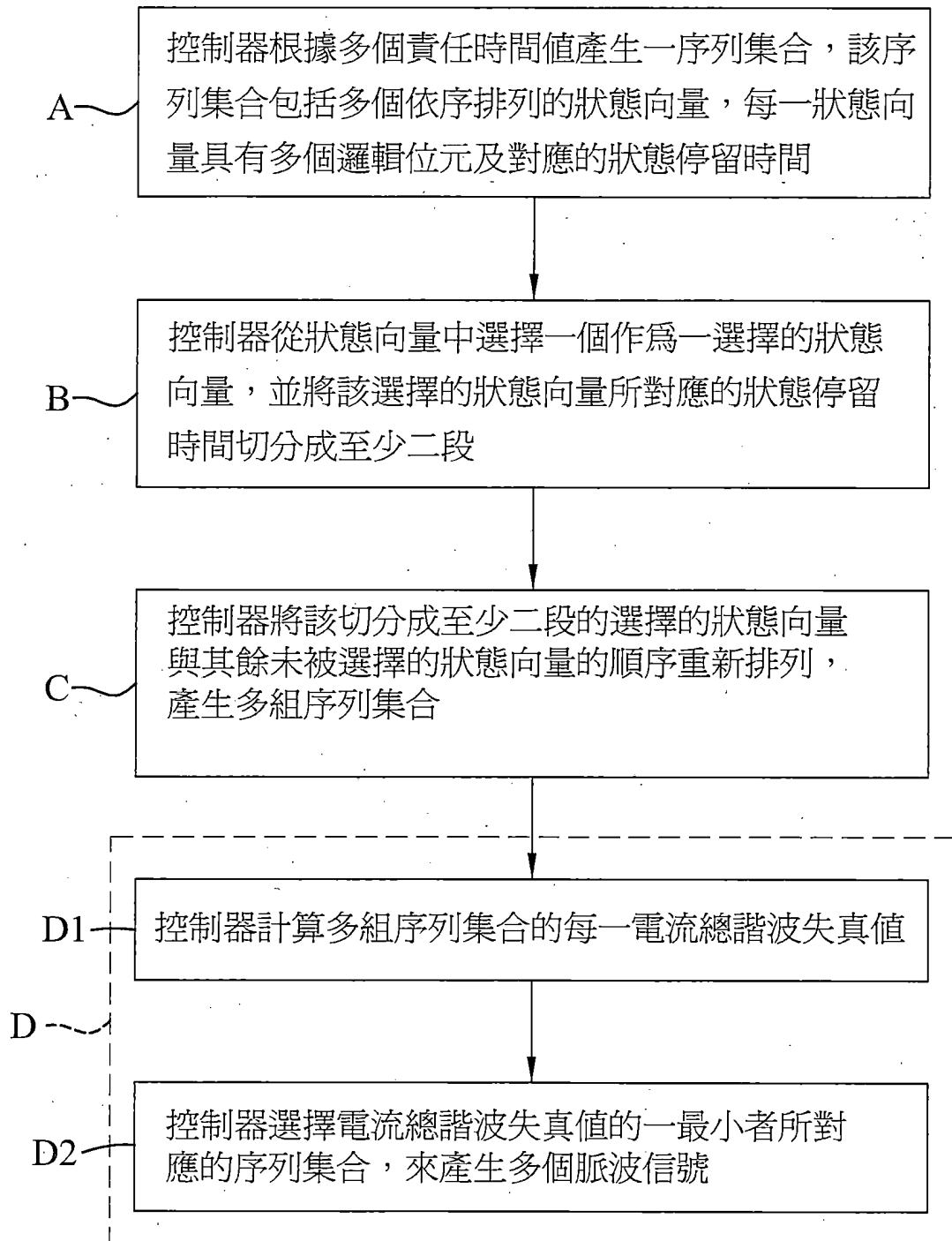


圖5

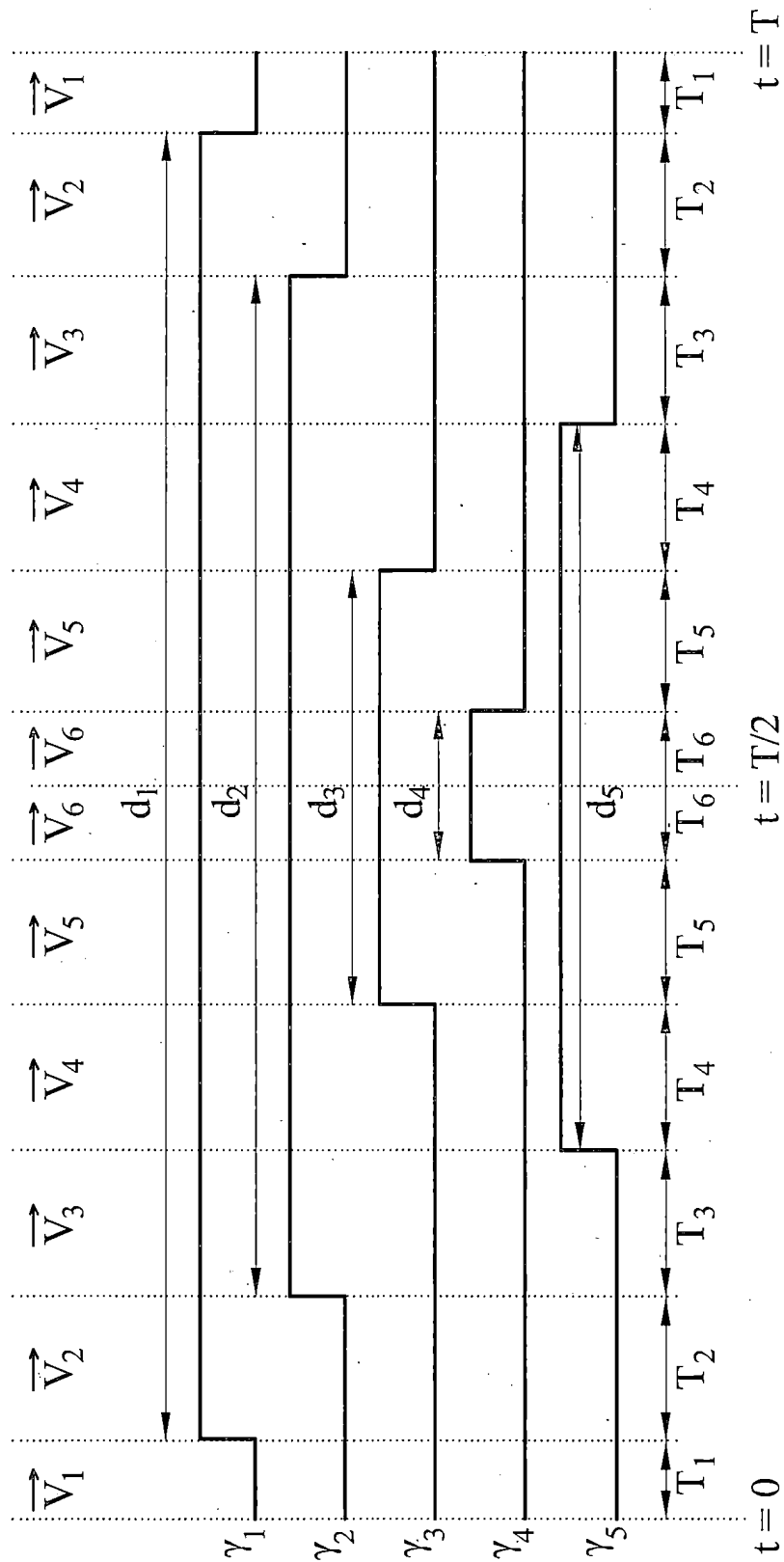


圖6

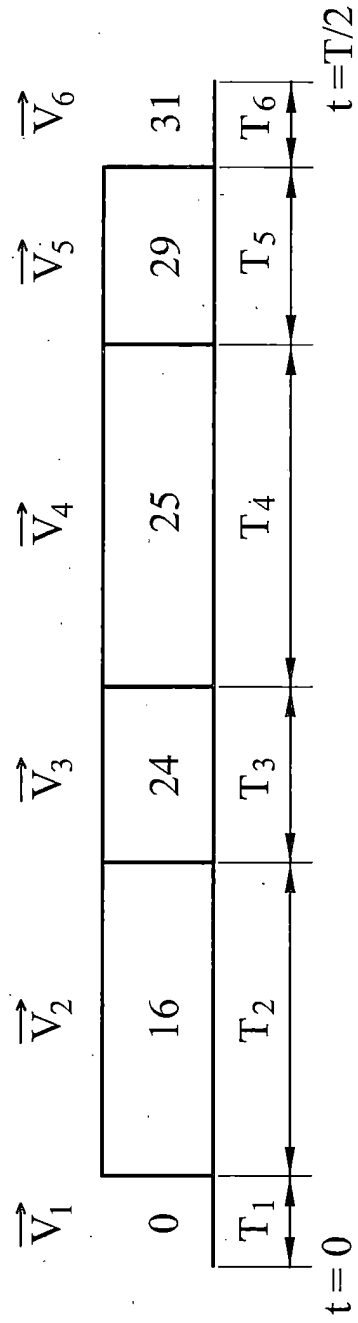


圖7

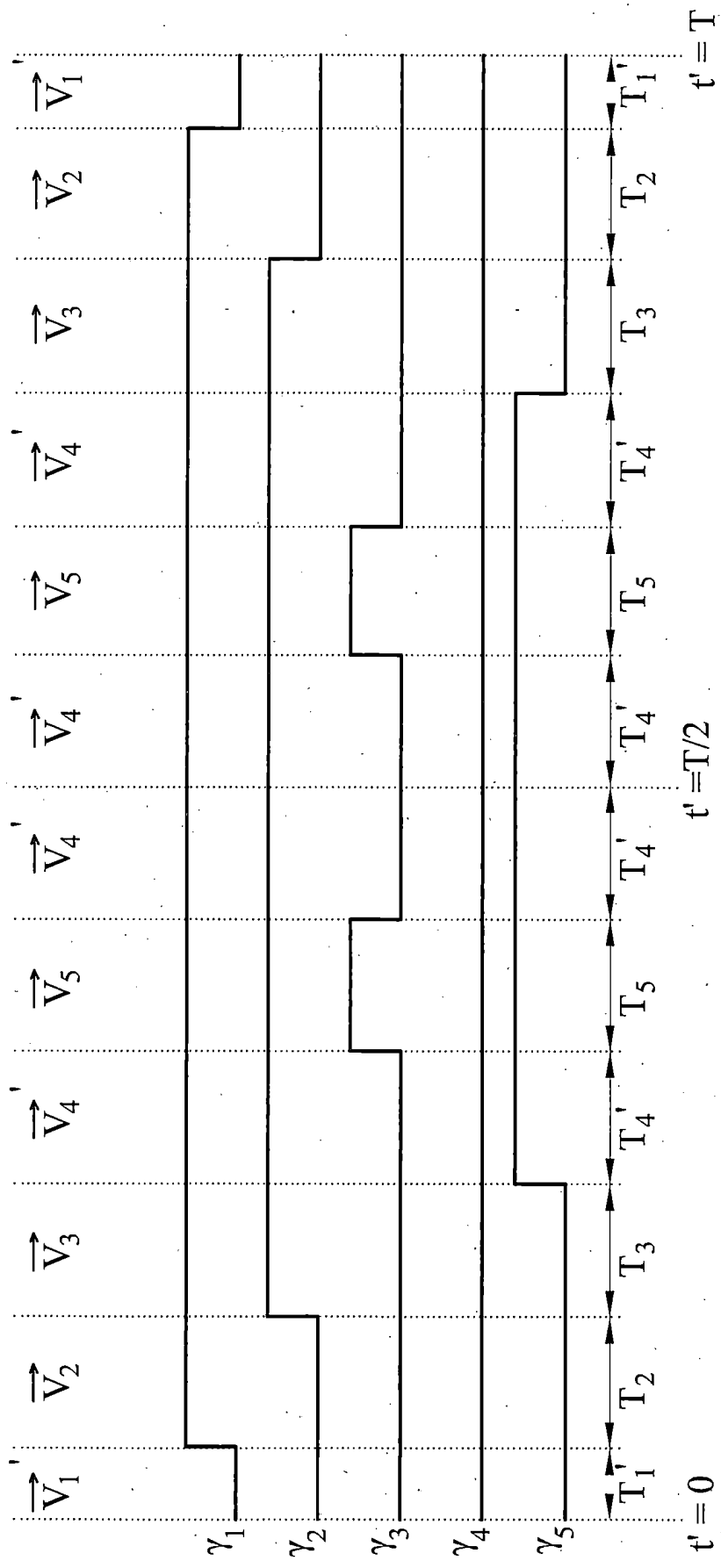


圖8

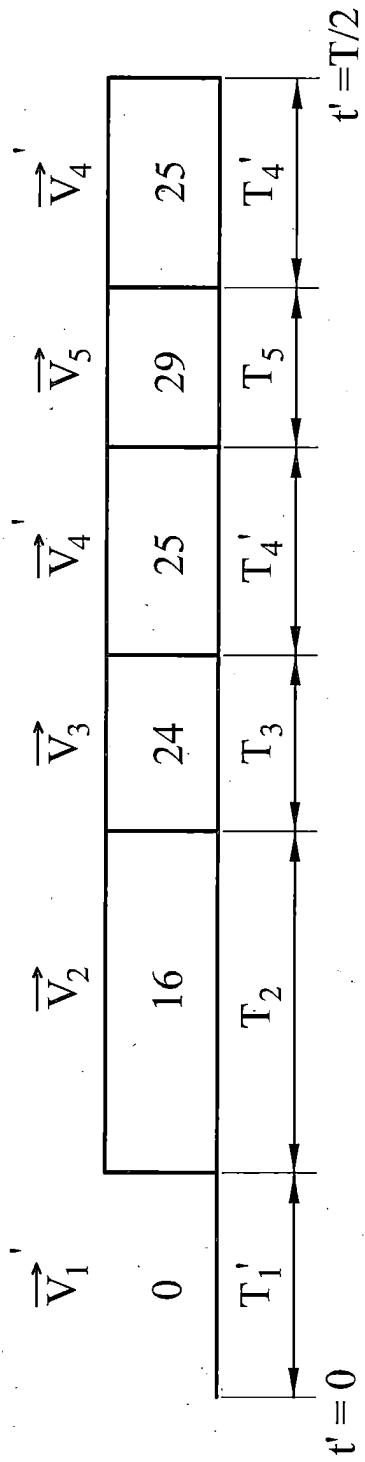


圖9

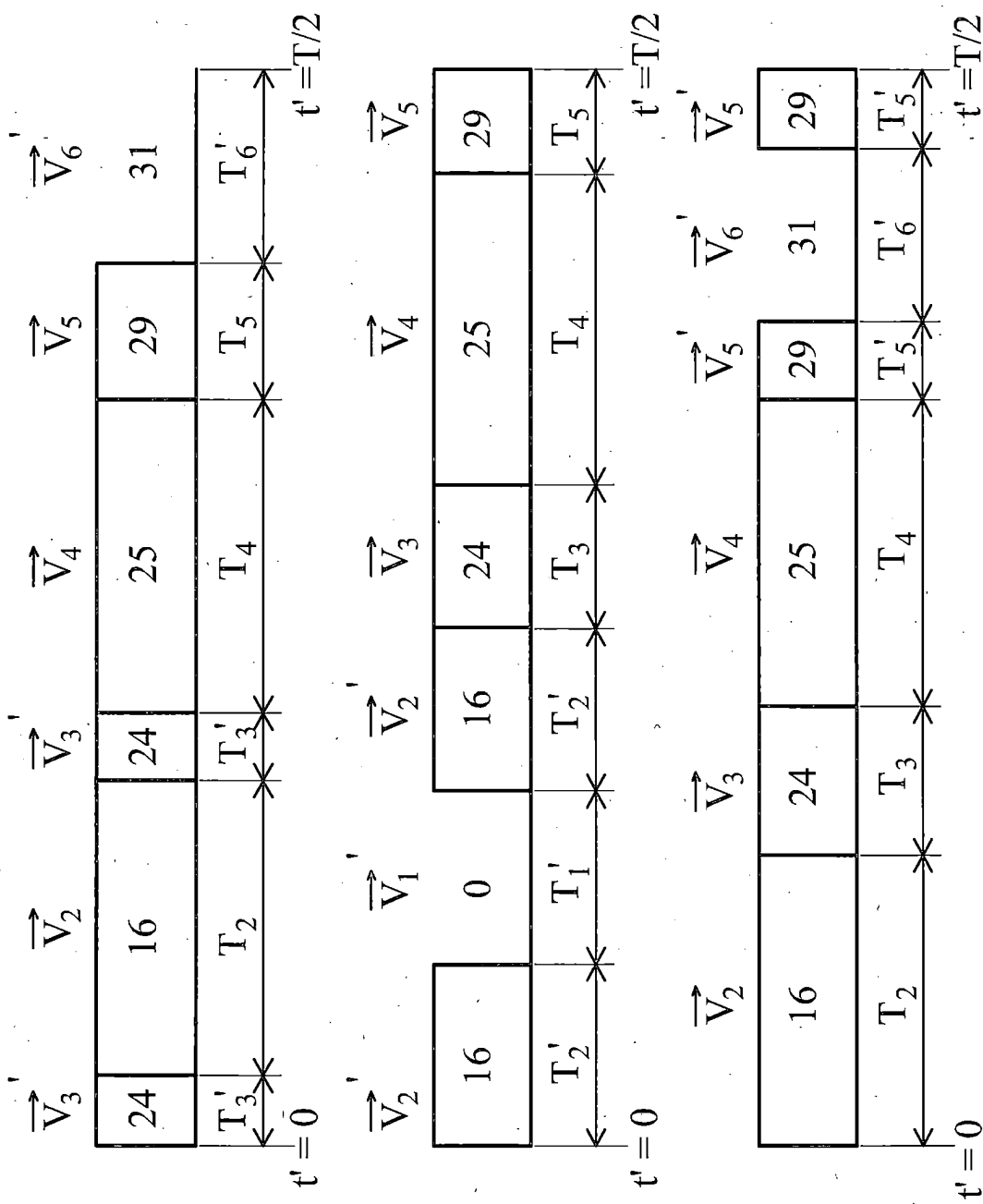


圖10

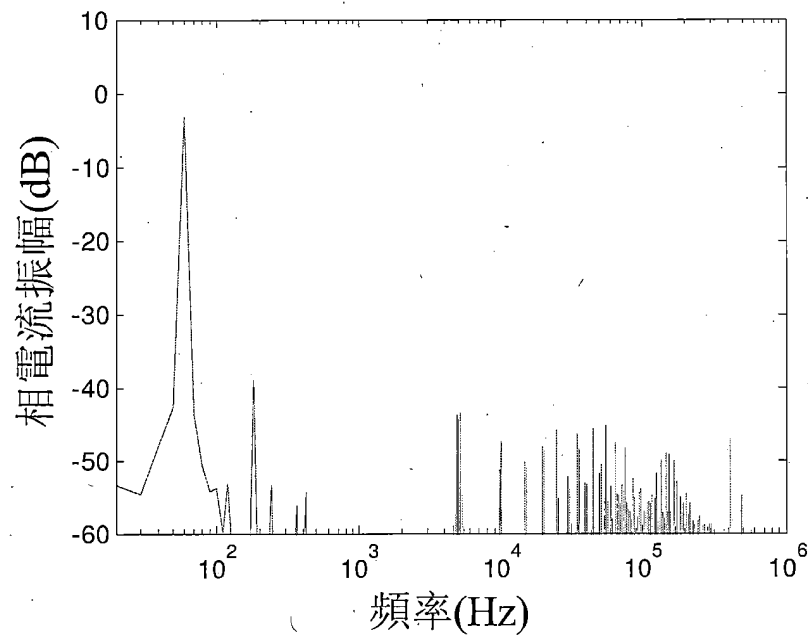


圖11

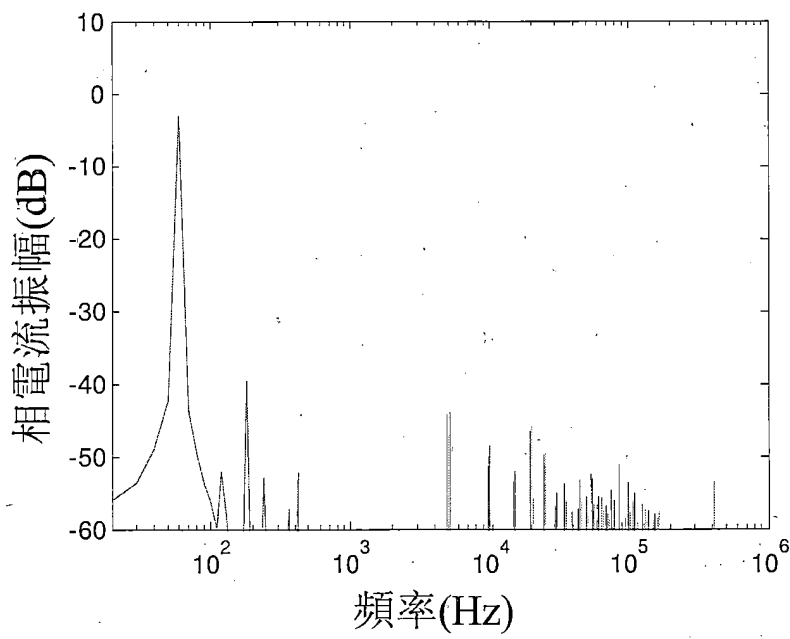


圖12

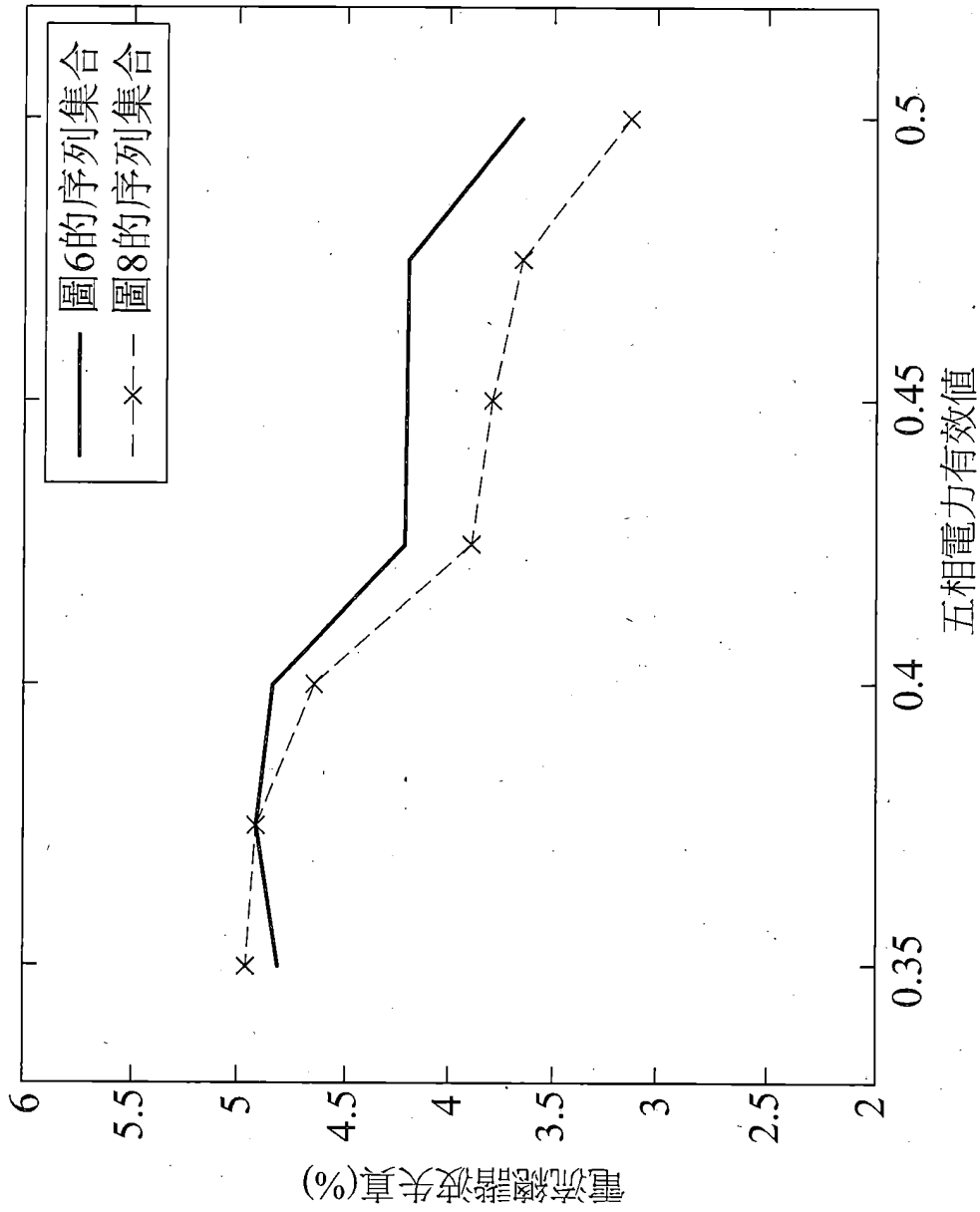


圖13