



(21)申請案號：101137598

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 10 月 12 日

(51)Int. Cl. : H02P6/08 (2006.01)

G05B11/28 (2006.01)

(71)申請人：國立臺灣科技大學(中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

臺北市大安區基隆路 4 段 43 號

(72)發明人：劉添華 LIU, TIAN HUA (TW)；魏銘彥 WEI, MING YEN (TW)

(74)代理人：莊世超

(56)參考文獻：

TW 200740102A

US 6822417B2

陳建安、蘇建彰等等，” 同步磁阻馬達智慧型速度驅動之研究”，國家科學委員會補助專題研究計畫，2007。

Seog-Joo Kang , Jung-Ik Ha and Seung-Ki Sul, "Position controlled synchronous reluctance motor without rotational transducer", Industry Applications Conference, 1998. Thirty-Third IAS Annual Meeting. The 1998 IEEE (Volume:1)。

審查人員：涂公遠

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：13 共 33 頁

(54)名稱

同步磁阻電動機的控制方法

A CONTROLLING METHOD OF SYNCHRONOUS RELUCTANCE MOTOR

(57)摘要

一種同步磁阻電動機的控制方法，該同步磁阻電動機包括一定子、一轉軸、一直軸及一交軸，轉軸具有一位置及一速度，該同步磁阻電動機的控制方法包括：提供一位置控制程式、一速度控制程式及一電流控制程式；選擇執行位置控制程式或執行速度控制程式以產生一交軸電流；執行電流控制程式；偵測同步磁阻電動機，以得到第一相電流、第二相電流及第三相電流，並將三相電流轉換為一數位訊號；利用三相電流及交軸電流計算出一直軸電流；將交軸電流及直軸電流轉換為直軸電壓命令及交軸電壓命令；將直軸電壓命令及交軸電壓命令執行脈波寬度調變，得到一觸發訊號來控制同步磁阻電動機。此控制方法係利用適應性估測方法及非線性規劃最佳化技術來控制同步磁阻電動機的電流、位置及速度，以有效提升同步磁阻電動機的性能。

A controlling method of synchronous reluctance motor, synchronous reluctance motor includes a stator, a rotor, a direct axis and a quadrant axis, and the rotor has position and speed. The controlling method of synchronous reluctance motor includes: Providing a position control program, a speed control program and a current control program; Executing the position control program or the speed control program to produce quadrant axis current; Executing the current control program; Detecting the synchronous reluctance motor to obtain the first phase current, the second phase current and the third phase current, and convert three-phase current to digital signals; Using three-phase current and the quadrant axis current to calculate a direct axis current; Converting the direct axis current and the quadrant axis current to a direct axis voltage command

and a quadrant axis voltage command; The direct axis voltage command and quadrant axis voltage command execute pulse width modulation, and get a trigger signal to control synchronous reluctance motor. This control method is using adaptive estimation method and nonlinear programming optimization technique to control the current, position and speed of synchronous reluctance motor, in order to enhance the performance of the synchronous reluctance motor.

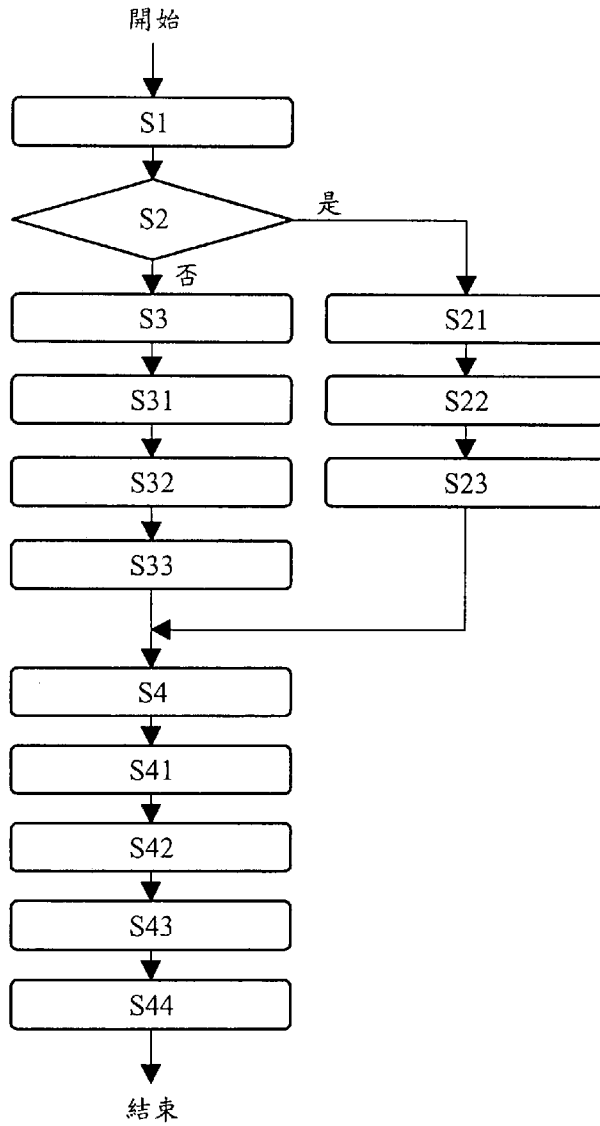


圖 3



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：101137598

※ 申請日：101.10.12

※ IPC 分類：H02P 6/08 (2006.01)

G05B 11/28 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

同步磁阻電動機的控制方法/A Controlling Method of Synchronous Reluctance Motor

二、中文發明摘要：

一種同步磁阻電動機的控制方法，該同步磁阻電動機包括一定子、一轉軸、一直軸及一交軸，轉軸具有一位置及一速度，該同步磁阻電動機的控制方法包括：提供一位置控制程式、一速度控制程式及一電流控制程式；選擇執行位置控制程式或執行速度控制程式以產生一交軸電流；執行電流控制程式；偵測同步磁阻電動機，以得到第一相電流、第二相電流及第三相電流，並將三相電流轉換為一數位訊號；利用三相電流及交軸電流計算出一直軸電流；將交軸電流及直軸電流轉換為直軸電壓命令及交軸電壓命令；將直軸電壓命令及交軸電壓命令執行脈波寬度調變，得到一觸發訊號來控制同步磁阻電動機。此控制方法係利用適應性估測方法及非線性規劃最佳化技術來控制同步磁阻電動機的電流、位置及速度，以有效提升同步磁阻電動機的性能。

三、英文發明摘要：

A controlling method of synchronous reluctance motor,

synchronous reluctance motor includes a stator, a rotor, a direct axis and a quadrant axis, and the rotor has position and speed. The controlling method of synchronous reluctance motor includes: Providing a position control program, a speed control program and a current control program; Executing the position control program or the speed control program to produce quadrant axis current; Executing the current control program; Detecting the synchronous reluctance motor to obtain the first phase current, the second phase current and the third phase current, and convert three-phase current to digital signals; Using three-phase current and the quadrant axis current to calculate a direct axis current; Converting the direct axis current and the quadrant axis current to a direct axis voltage command and a quadrant axis voltage command; The direct axis voltage command and quadrant axis voltage command execute pulse width modulation, and get a trigger signal to control synchronous reluctance motor. This control method is using adaptive estimation method and nonlinear programming optimization technique to control the current, position and speed of synchronous reluctance motor, in order to enhance the performance of the synchronous reluctance motor.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係與一種控制電動機之方法有關，特別係與一種適應性控制同步磁阻電動機之方法有關。

【先前技術】

在傳統產業或高科技產業中，電動機為不可或缺的裝置。雖然電動機具有轉子慣量小、起動性能好、散熱易等優點，但是控制電動機的數學模式是一複雜的非線性系統，因此需要用更複雜的控制技術來完成相關的驅動與控制。

目前工業界最常使用的控制方法是比例-積分-微分控制器（一般稱為PID控制器），雖然其構造簡單且穩定性高，但是PID控制器的參數值均為固定，必須倚靠經驗或試誤法找出相關的控制器參數，並在現場以人工調節。當電動機受到外部干擾，尤其是非線性干擾時，PID控制器在調節時須考慮的變數便相對增加，所以在設計電動機的控制系統時，很難由一組控制參數來達到很好的響應。另一方面，控制系統也會因環境的影響而使待控系統的參數變動，造成控制性能的劣化。雖然目前有很多高等控制理論用在電動機的控制系統的設計上，來改善控制系統性能，但相對的複雜度提高。

因此，如何提供一種複雜度較低的適應性控制架構，讓控制參數可以隨命令或環境的改變而隨時調整來控制電動機，為本技術領域亟欲解決之問題。

【發明內容】

本發明之一的目的在於提供一種同步磁阻電動機之轉軸速度、轉軸位置及電流的控制方法。

本發明之另一目的在於提供一種複雜度低且具有即時自我調整的適應性控制方法。

為了達成上述之目的，本發明提供一種同步磁阻電動機的控制方法，該同步磁阻電動機包括一定子、一轉軸、一直軸及一交軸，轉軸具有一位置及一速度，且直軸及交軸係隨著轉軸旋轉，該同步磁阻電動機的控制方法包括：提供一轉軸的位置控制程式、一轉軸的速度控制程式及一定子的電流控制程式；選擇執行位置控制程式或行該速度控制程式兩者中之一者，以產生一交軸電流；執行電流控制程式；偵測該同步磁阻電動機，以產生一第一相電流、一第二相電流及一第三相電流；將第一相電流、第二相電流及第三相電流轉換為一數位訊號；利用第一相電流、第二相電流、第三相電流及交軸電流計算出一直軸電流；將交軸電流及直軸電流轉換為一直軸電壓命令及一交軸電壓命令；以及將直軸電壓命令及交軸電壓命令執行脈波寬度調變，得到一觸發訊號來控制同步磁阻電動機。

在一實施例中，第一相電流、第二相電流及第三相電流，係相互夾成一120度之夾角，同時第一相電流及第二相電流係直接以儀器量測而得到，而第三相電流係由第一相電流與第二相電流之量測結果，再進行計算而得到。

在一實施例中，執行位置控制程式之步驟，更包括產生一轉軸位置命令；以及讀取一轉軸位置並計算出一轉軸速度。

在一實施例中，執行速度控制程式之步驟，更包括產生一轉軸速度命令；以及讀取一轉軸位置並計算出一轉軸速度。

在一實施例中，同步磁阻電動機的控制方法，更包括：提供一期望輸出電流及一實際輸出電流，應用最小平方演算法並配合非線性規劃最佳化，使該期望輸出電流及該實際輸出電流之間的誤差值收斂為零。

在一實施例中，提供一期望轉軸速度及一實際轉軸速度，應用最小平方演算法並配合非線性規劃最佳化，使該期望轉軸速度及該實際轉軸速度之間的誤差值收斂為零。

在一實施例中，提供一期望轉軸位置及一實際轉軸位置，應用最小平方演算法並配合非線性規劃最佳化，使該期望轉軸位置及該實際轉軸位置之間的誤差值收斂為零。

此同步磁阻電動機的控制方法為係使用最小平方演算法來線上調整適應性模型及適應性控制模組之控制參數。此外，利用非線性規劃最佳化技術來動態調整控制器中權重值的收斂率，以提升控制器的性能。此控制方法可控制同步磁阻電動機之電流、速度及位置。因此可以有效的提升同步磁阻電動機驅動系統的性能。

【實施方式】

有關本發明之前述及其他技術內容、特點與功效，在以下

配合參考圖式之一較佳實施例的詳細說明中，將可清楚的呈現。以下實施例中所提到的方向用語，例如：上、下、左、右、前或後等，僅是用於參照隨附圖式的方向。因此，該等方向用語僅是用於說明並非是用於限制本發明。

請參閱圖 1，其係為本發明之一實施例的同步磁阻電動機 1 及控制該同步磁阻電動機 1 的系統的方塊圖。控制同步磁阻電動機 1 的系統包括一電流感測器 2、一類比數位轉換器 3、一變頻器 4、一脈波寬度調變 5、一偵測器 6、一計數器 7 及一數位訊號處理器 8。數位訊號處理器 8 內部之操作方法包括一第一座標軸轉換 9a、一第二座標軸轉換 9b、一適應性模型 10、一適應性控制模組 11 及一差分器 12。

如圖 2，其係為本發明之一實施例的同步磁阻電動機 1，同步磁阻電動機 1 包括一定子 110、一轉軸 120、一直軸 121 及一交軸 122。偵測同步磁阻電動機 1 可以得到一第一相電流 i_{as} 、一第二相電流 i_{bs} 及第三相電流 i_{cs} ，其中第一相電流 i_{as} 、第二相電流 i_{bs} 及第三相電流 i_{cs} 係相互夾成一 120 度之夾角，同時第一相電流 i_{as} 及第二相電流係 i_{bs} 直接以電流感測器 2 量測而得到，而第三相電流 i_{cs} 係由第一相電流 i_{as} 與第二相電流 i_{bs} 之量測結果，再進行計算而得到。第三相電流 i_{cs} 亦可利用電流感測器 2 直接量測而得到，於本實施例中係為了減少一顆電流感測器 2 的成本而採用計算之方式來求得。轉軸 120 具有一速度及一位置，直軸 121 及交軸 122 係隨著轉軸 120 旋轉，

而將第一相電流 i_{as} 、第二相電流 i_{bs} 及第三相電流 i_{cs} ，投影至直軸 121 及交軸 122 便可產生交軸電流 i_{qs} 及直軸電流 i_{ds} 。

如圖 3，其係為本發明之一實施例的同步磁阻電動機的控制方法流程圖。該同步磁阻電動機的控制方法包括以下步驟：

步驟(S1)：對數位訊號處理器 8 內部之參數設定一初始值。

步驟(S2)：選擇是否執行轉軸之位置控制程式，若是，則執行步驟(S21)，執行位置控制程式之方塊圖可同時參照圖 4；若否，則執行步驟(S3)。

步驟(S21)：產生一轉軸位置命令 θ_{rm}^* 。

步驟(S22)：偵測器 6 讀取轉軸位置 θ_{rm} ，並將轉軸位置 θ_{rm} 運用差分器 12 計算出轉軸速度 ω_{rm} 。

步驟(S23)：計算出交軸電流 i_{qs} 。

步驟(S3)：執行轉軸之速度控制程式，執行速度控制程式之方塊圖可同時參考圖 5。

步驟(S31)：產生一轉軸速度命令 ω_{rm}^* 。

步驟(S32)：偵測器 6 讀取轉軸位置 θ_{rm} ，並將轉軸位置 θ_{rm} 運用差分器 12 計算出轉軸速度 ω_{rm} 。

步驟(S33)：計算出交軸電流 i_{qs} 。

步驟(S4)：執行電流控制程式，執行電流控制程式之方塊圖可同時參考圖 6，電流感測器 2 偵測同步磁阻電動機 1 的第一相電流 i_{as} 及第二相電流 i_{bs} 。

步驟(S41)：利用第一相電流 i_{as} 及第二相電流 i_{bs} 計算出第

三相電流 i_{cs} ，並以類比數位轉換器 3 將第一相電流 i_{as} 、第二相電流 i_{bs} 及第三相電流 i_{cs} 轉換為數位訊號。同步磁阻電動機具有一中性點，即第一相電流 i_{as} 、第二相電流 i_{bs} 及第三相電流 i_{cs} 相加等於零，因此第三相電流 i_{cs} 可利用 $i_{cs} = -(i_{as} + i_{bs})$ 計算而得到，且其結果與實際量測之值為相同。

步驟(S42)：將第一相電流 i_{as} 、第二相電流 i_{bs} 及第三相電流 i_{cs} 進行第一座標軸轉換 9a，並利用已知的交軸電流 i_{qs} 以產生直軸電流 i_{ds} 。其中第一座標軸轉換 9a 公式為：

$$\begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{rm}) & \cos(\theta_{rm} - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_{rm} + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin(\theta_{rm}) & -\sin(\theta_{rm} - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_{rm} + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix}$$

步驟(S43)：將交軸電流 i_{qs} 以及直軸電流 i_{ds} 轉換以輸出直軸電壓命令 v_{ds}^* 及交軸電壓命令 v_{qs}^* 。

步驟(S44)：將直軸電壓命令 v_{ds}^* 及交軸電壓命令 v_{qs}^* 進行第二座標軸轉換 9b，以產生 α 軸電壓命令 v_{α}^* 及 β 軸電壓命令 v_{β}^* ，最後將 α 軸電壓命令 v_{α}^* 及 β 軸電壓命令 v_{β}^* 執行脈波寬度調變 5 以得到一觸發訊號來控制同步磁阻電動機 1。其中座標軸轉換 9b 公式為：

$$\begin{bmatrix} v_{\alpha}^* \\ v_{\beta}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{rm}) & -\sin(\theta_{rm}) \\ \sin(\theta_{rm}) & \cos(\theta_{rm}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{ds}^* \\ v_{qs}^* \end{bmatrix}$$

如圖 4，其係為本發明之一實施例的位置控制程式架構圖。 $P_{\theta}(Z)$ 為轉軸位置 θ_{rm} 的受控系統，迴路 1a 為一種位置的適應性控制方法，其包括建立一位置適應性模型以及建立一位

置的估測模型 $\hat{P}_\theta(Z)$ 。迴路 1a 中利用轉軸位置 θ_{rm} 建立位置適應性模型，而後由估測模型 $\hat{P}_\theta(Z)$ 估測位置適應性模型並輸出估測的轉軸位置 θ_{rm_p} ，並以最小平方演算法計算出轉軸位置 θ_{rm} 以及估測的轉軸位置 θ_{rm_p} 之間的誤差值 $e_{\theta m}$ ，根據誤差值 $e_{\theta m}$ 調整位置適應性模型中的參數，以達到迴路 1a 中誤差值 $e_{\theta m}$ 逐漸收斂的效果。當誤差值 $e_{\theta m}$ 收斂為零時，估測模型 $\hat{P}_\theta(Z)$ 估測的轉軸位置 θ_{rm_p} 及受控系統 $P_\theta(Z)$ 實際輸出的轉軸位置 θ_{rm} 為相同，則完成迴路 1a 位置的適應性控制。

請繼續參照圖 4，迴路 2a 為轉軸的位置控制器 $\hat{C}_\theta(Z)$ 的控制方法，其包括一位置適應性控制程式。 $R_\theta(Z)$ 為轉軸位置命令 θ_{rm}^* 的參考模型，轉軸位置命令 θ_{rm}^* 經過參考模型 $R_\theta(Z)$ 後，得到一個平滑的轉軸位置命令 θ_f^* 。將迴路 1a 的估測模型 $\hat{P}_\theta(Z)$ 複製到迴路 2a 中，計算出轉軸位置 θ_{rm} 與轉軸位置命令 θ_f^* 之間的誤差值 $e_{\theta c}$ ，位置適應性控制程式根據誤差值 $e_{\theta c}$ 運用最小平方演算法來調整位置控制器 $\hat{C}_\theta(Z)$ 中的參數。當迴路 2a 中的誤差值 $e_{\theta c}$ 收斂為零時，即表示此時受控系統 $P_\theta(Z)$ 輸出的轉軸位置 θ_{rm} 在位置控制器 $\hat{C}_\theta(Z)$ 的控制下，可以更接近轉軸位置命令 θ_f^* ，來完成迴路 2a 中位置控制器 $\hat{C}_\theta(Z)$ 的控制方法。

如圖 5，其係為本發明之一實施例的速度控制程式架構圖。 $P_\omega(Z)$ 為轉軸速度 ω_{rm} 的受控系統，其中受控系統 $P_\omega(Z)$ 存

在外加干擾量 $T_{LD}(K)$ ，迴路 1b 為一種速度的適應性控制方法，其包括建立一速度適應性模型以及建立一速度的估測模型 $\hat{P}_\omega(Z)$ 。迴路 1b 中利用轉軸速度 ω_{rm} 建立速度適應性模型，而後由估測模型 $\hat{P}_\omega(Z)$ 估測速度適應性模型並輸出估測的轉軸速度 ω_{rm_p} ，並以最小平方演算法計算出轉軸速度 ω_{rm} 以及估測的轉軸速度 ω_{rm_p} 之間的誤差值 $e_{\omega m}$ ，根據誤差值 $e_{\omega m}$ 調整速度適應性模型中的參數，以達到迴路 1b 中誤差值 $e_{\omega m}$ 逐漸收斂的效果。當誤差值 $e_{\omega m}$ 收斂為零時，估測模型 $\hat{P}_\omega(Z)$ 估測的轉軸速度 ω_{rm_p} 及受控系統 $P_\omega(Z)$ 實際輸出的轉軸速度 ω_{rm} 為相同，則完成迴路 1b 速度的適應性控制。

請繼續參照圖 5，迴路 2b 為轉軸的速度控制器 $\hat{C}_\omega(Z)$ 的控制方法，其包括一速度適應性控制程式。 $R_\omega(Z)$ 為轉軸速度命令 ω_{rm}^* 的參考模型，轉軸速度命令 ω_{rm}^* 經過參考模型 $R_\omega(Z)$ 後，得到一個平滑的轉軸位置命令 ω_f^* 。將迴路 1b 的估測模型 $\hat{P}_\omega(Z)$ 複製到迴路 2b 中，計算出轉軸速度 ω_{rm} 與轉軸速度命令 ω_f^* 之間的誤差值 $e_{\omega c}$ ，速度適應性控制程式根據誤差值 $e_{\omega c}$ 運用最小平方演算法來調整速度控制器 $\hat{C}_\omega(Z)$ 中的參數。當迴路 2a 中的誤差值 $e_{\omega c}$ 收斂為零時，即表示此時受控系統 $P_\omega(Z)$ 輸出的轉軸速度 ω_{rm} 在速度控制器 $\hat{C}_\omega(Z)$ 的控制下，可以更接近轉軸速度命令 ω_f^* ，來完成迴路 2a 中速度控制器 $\hat{C}_\omega(Z)$ 的控制方法。

如圖 6，其係為本發明之一實施例的電流控制程式架構圖。 $P_c(Z)$ 為直軸電流 i_{ds} 與交軸電流 i_{qs} 的受控系統，迴路 1c 為電流的適應性控制方法，其包括建立一電流適應性模型以及建立一電流的估測模型 $\hat{P}_c(Z)$ 。迴路 1c 中利用直軸電流 i_{ds} 與交軸電流 i_{qs} 建立電流適應性模型，而後由估測模型 $\hat{P}_c(Z)$ 估測電流適應性模型並輸出估測的直軸電流 i_{ds_f} 與交軸電流 i_{qs_f} ，並以最小平方演算法計算出直軸電流 i_{ds} 與估測的直軸電流 i_{ds_f} 之間的誤差值 e_{dm} 以及交軸電流 i_{qs} 與估測得交軸電流 i_{qs_f} 之間的誤差值 e_{qm} ，根據誤差值 e_{dm} 及 e_{qm} 調整電流適應性模型中的參數，以達到迴路 1c 中誤差值 e_{dm} 及 e_{qm} 逐漸收斂的效果。當誤差值 e_{dm} 及 e_{qm} 收斂為零時，估測模型 $\hat{P}_c(Z)$ 估測的直軸電流 i_{ds_f} 與交軸電流 i_{qs_f} 以及受控系統 $P_c(Z)$ 實際輸出的直軸電流 i_{ds} 與交軸電流 i_{qs} 為相同，則完成迴路 1c 電流的適應性控制。

請繼續參照圖 6，路 2c 為電流控制器 $\hat{C}_{dq}(Z)$ 的控制方法，其包括一電流適應性控制程式。 i_{ds}^* 為直軸電流命令而 i_{qs}^* 為交軸電流命令，將迴路 1c 的估測模型 $\hat{P}_c(Z)$ 複製到迴路 2c 中，計算出直軸電流命令 i_{ds}^* 與直軸電流 i_{ds} 間的誤差值 e_{dc} 以及交軸電流命令 i_{qs}^* 與交軸電流 i_{qs} 之間的誤差值 e_{qc} ，電流適應性控制程式根據誤差值 e_{dc} 及 e_{qc} 運用最小平方演算法來調整電流控制器 $\hat{C}_{dq}(Z)$ 中的參數。當迴路 2c 中的誤差值 e_{dc} 及 e_{qc} 收斂為零時，即表示此時受控系統 $P_c(Z)$ 輸出的直軸電流 i_{ds} 與交軸電

流 i_{qs} 在電流控制器 $\hat{C}_{dq}(Z)$ 的控制下，可以更接近直軸電流命令 i_{ds}^* 與交軸電流命令 i_{qs}^* ，來完成迴路 2c 中電流控制器 $\hat{C}_{dq}(Z)$ 的控制方法。

如圖 7，其係為本發明之一實施例的迴路 1a 及位置控制器的最小平方演算法的架構圖。 ω_{rm}^* 為速度命令，定義 k 為一取樣序列， $g_{\theta}(k)$ 為位置控制器的控制參數。 $\theta_{rm}(k)$ 為實際的轉軸位置，而 $\theta_{rm_p}(k)$ 為估測的轉軸位置，則 $e_{\theta m}(k)$ 為實際轉軸位置 $\theta_{rm}(k)$ 與估測的轉軸位置 $\theta_{rm_p}(k)$ 間的誤差。利用非線性規劃最佳化的方式動態地調整位置控制器的控制參數 $g_{\theta}(k)$ ，使得估測的轉軸位置 $\theta_{rm_p}(k)$ 可以更接近實際的轉軸位置 $\theta_{rm}(k)$ 。

如圖 8，其係為本發明之一實施例的迴路 1b 及速度控制器的最小平方演算法的架構圖。 i_{qs}^* 為交軸電流命令， k 為一取樣序列， $g_{\omega}(k)$ 為速度控制器的控制參數。 $\omega_{rm}(k)$ 為實際的轉軸速度，而 $\omega_{rm_p}(k)$ 為估測的轉軸速度，則 $e_{\omega m}(k)$ 為實際的轉軸速度 $\omega_{rm}(k)$ 與估測的轉軸速度 $\omega_{rm_p}(k)$ 間的誤差。利用非線性規劃最佳化的方式動態地調整速度控制器的參數 $g_{\omega}(k)$ ，使得估測的轉軸速度 $\omega_{rm_p}(k)$ 可以更接近實際的轉軸速度 $\omega_{rm}(k)$ 。

如圖 9，其係為本發明之一實施例的迴路 1c 及電流控制器的最小平方演算法的架構圖。 v_{ds}^* 為直軸電壓命令而 v_{qs}^* 為

交軸電壓命令， k 為一取樣序列， $G_{d1}(k)$ 、 $G_{d2}(k)$ 、 $G_{q1}(k)$ 及 $G_{q2}(k)$ 為電流控制器的控制參數。 $i_{ds}(k)$ 及 $i_{qs}(k)$ 分別為實際輸出的直軸電流與交軸電流，而 $y_d(k)$ 與 $y_q(k)$ 分別為估測的直軸電流與交軸電流，則 $e_{dm}(k)$ 為實際輸出的直軸電流 $i_{ds}(k)$ 與估測的直軸電流 $y_d(k)$ 間的誤差，而 $e_{qm}(k)$ 為實際輸出的交軸電流 $i_{qs}(k)$ 與估測的交軸電流 $y_q(k)$ 間的誤差。利用非線性規劃最佳化的方式動態調整電流控制器的控制參數 $G_{d1}(k)$ 、 $G_{d2}(k)$ 、 $G_{q1}(k)$ 及 $G_{q2}(k)$ ，使得估測的直軸電流 $y_d(k)$ 與交軸電流 $y_q(k)$ 可以更接近實際輸出的直軸電流 $i_{ds}(k)$ 與交軸電流 $i_{qs}(k)$ 。

如圖 10，其係為本發明之一實施例的直軸電流 i_{ds} 與直軸電流命令 i_{ds}^* 的響應實測圖，其可配合圖 6 看出在電流控制程式的操作下，直軸電流命令 i_{ds}^* 與直軸電流 i_{ds} 之平均值接近相同。如圖 11，其係為本發明之一實施例的交軸電流 i_{qs} 與交軸電流命令 i_{qs}^* 的響應實測圖，其可配合圖 6 看出在電流控制程式的操作下，交軸電流命令 i_{qs}^* 與直軸電流 i_{qs} 已接近相同。如圖 12，其係為本發明之一實施例的轉軸速度 ω_{rm} 與轉軸速度命令 ω_{rm}^* 的響應實測圖，其可配合圖 5 看出在速度控制程式的操作下，轉軸速度命令 ω_{rm}^* 在響應 0.5 秒後即與轉軸速度 ω_{rm} 接近相同。如圖 13，其係為本發明之一實施例的轉軸位置 θ_{rm} 與轉軸位置命令 θ_{rm}^* 的響應實測圖，其可配合圖 4 看出在位置控制程式的操作下，轉軸位置命令 θ_{rm}^* 在響應 0.5 秒後即與

轉軸位置 θ_{rm} 接近相同。

於上述實施例中位置、速度及電流控制程式的設計，其亦可適用於低轉速至高轉速的驅動系統，在受控系統的參數變動及外加干擾量影響下，先取得受控系統精確的估測模型後，再進行控制器的設計。因此，所設計出來的電流、位置及速度的控制程式，對於驅動系統的變動仍然能確保良好的控制效能。

【圖式簡單說明】

圖 1，為本發明之一實施例的同步磁阻電動機及控制該同步磁阻電動機的系統的方塊圖。

圖 2，為本發明之一實施例的同步磁阻電動機。

圖 3，為本發明之一實施例的同步磁阻電動機的控制方法流程圖。

圖 4，為本發明之一實施例的位置控制程式架構圖。

圖 5，為本發明之一實施例的速度控制程式架構圖。

圖 6，為本發明之一實施例的電流控制程式架構圖。

圖 7，為本發明之一實施例的迴路 1a 及位置控制器的最小平方演算法的架構圖。

圖 8，為本發明之一實施例的迴路 1b 及速度控制器的最小平方演算法的架構圖。

圖 9，為本發明之一實施例的迴路 1c 及電流控制器的最小平方演算法的架構圖。

圖 10，為本發明之一的直軸電流與直軸電流命令的響應

實測圖。

圖 11，為本發明之一的交軸電流與交軸電流命令的響應實測圖。

圖 12，為本發明之一的轉軸速度與轉軸速度命令的響應實測圖。

圖 13，為本發明之一的轉軸位置與轉軸位置命令的響應實測圖。

【主要元件符號說明】

- 1 同步磁阻電動機
- 2 電流感測器
- 3 類比數位轉換器
- 4 變頻器
- 5 脈波寬度調變
- 6 偵測器
- 7 計數器
- 8 數位訊號處理器
- 9a 第一座標軸轉換
- 9b 第二座標軸轉換
- 10 適應性模型
- 11 適應性控制模組
- 12 差分器
- 110 定子

120 轉軸

121 直軸

122 交軸

七、申請專利範圍：

1. 一種同步磁阻電動機的控制方法，該同步磁阻電動機包括一定子、一轉軸、一直軸及一交軸，該轉軸具有一位置及一速度，且該直軸及該交軸係隨著該轉軸旋轉，該同步磁阻電動機的控制方法包括：

提供該轉軸的一位置控制程式、該轉軸的一速度控制程式及該定子的一電流控制程式，其中該位置控制程式、該速度控制程式及該電流控制程式皆係應用最小平方演算法並配合非線性規劃最佳化；

選擇執行該位置控制程式或執行該速度控制程式兩者中之一者，以產生一交軸電流；

執行該電流控制程式來偵測該同步磁阻電動機，以得到一第一相電流、一第二相電流及一第三相電流；

提供一期望輸出電流及一實際輸出電流，應用最小平方演算法並配合非線性規劃最佳化，使該期望輸出電流及該實際輸出電流之間的誤差值收斂為零；

利用該第一相電流、該第二相電流、該第三相電流及該交軸電流來計算出一直軸電流；

將該交軸電流及該直軸電流轉換為一直軸電壓命令及一交軸電壓命令；以及

將該直軸電壓命令及該交軸電壓命令執行脈波寬度調變，得到一觸發訊號來控制該同步磁阻電動機。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步磁阻電動機的控制方法，其中該第一相電流、該第二相電流及該第三相電流，係相互夾成一 120 度之夾角，同時該第一相電流及該第二相電流係直接以儀器量測而得到，而該第三相電流係由該第一相電流與該第二相電流之量測結果，再進行計算而得到。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步磁阻電動機的控制方法，其中執行該位置控制程式之步驟，更包括：

產生一轉軸位置命令；以及

讀取一轉軸位置並計算出一轉軸速度。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步磁阻電動機的控制方法，其中執行該速度控制程式之步驟，更包括：

產生一轉軸速度命令；以及

讀取一轉軸位置並計算出一轉軸速度。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步磁阻電動機的控制方法，更包括：

提供一期望轉軸速度及一實際轉軸速度，應用最小平方演算法並配合非線性規劃最佳化，使該期望轉軸速度及該實際轉軸速度之間的誤差值收斂為零。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步磁阻電動機的控制方法，更包括：

提供一期望轉軸位置及一實際轉軸位置，應用最小平方演算法並配合非線性規劃最佳化，使該期望轉軸位置及該實際轉軸位

置之間的誤差值收斂為零。

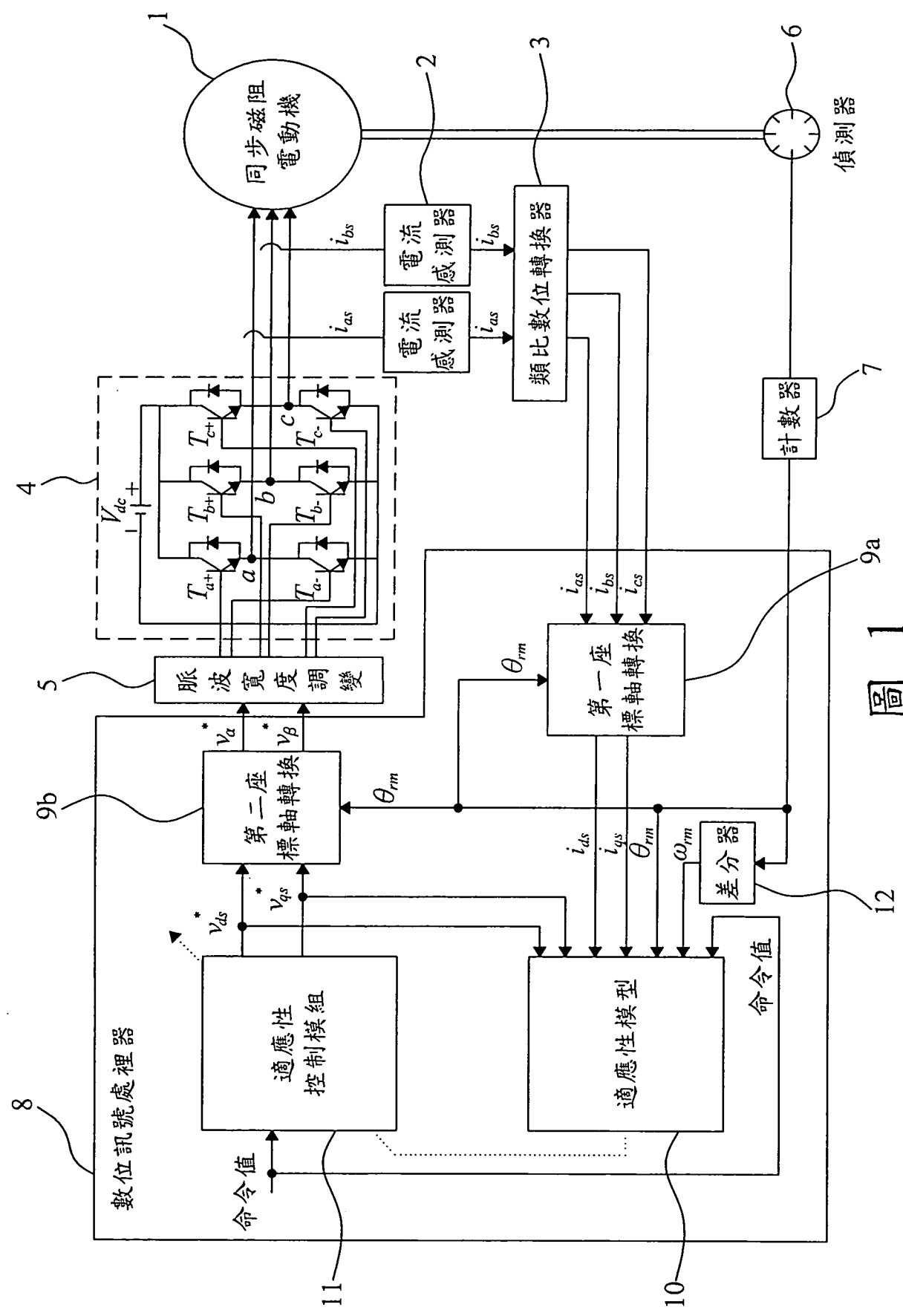


圖 1

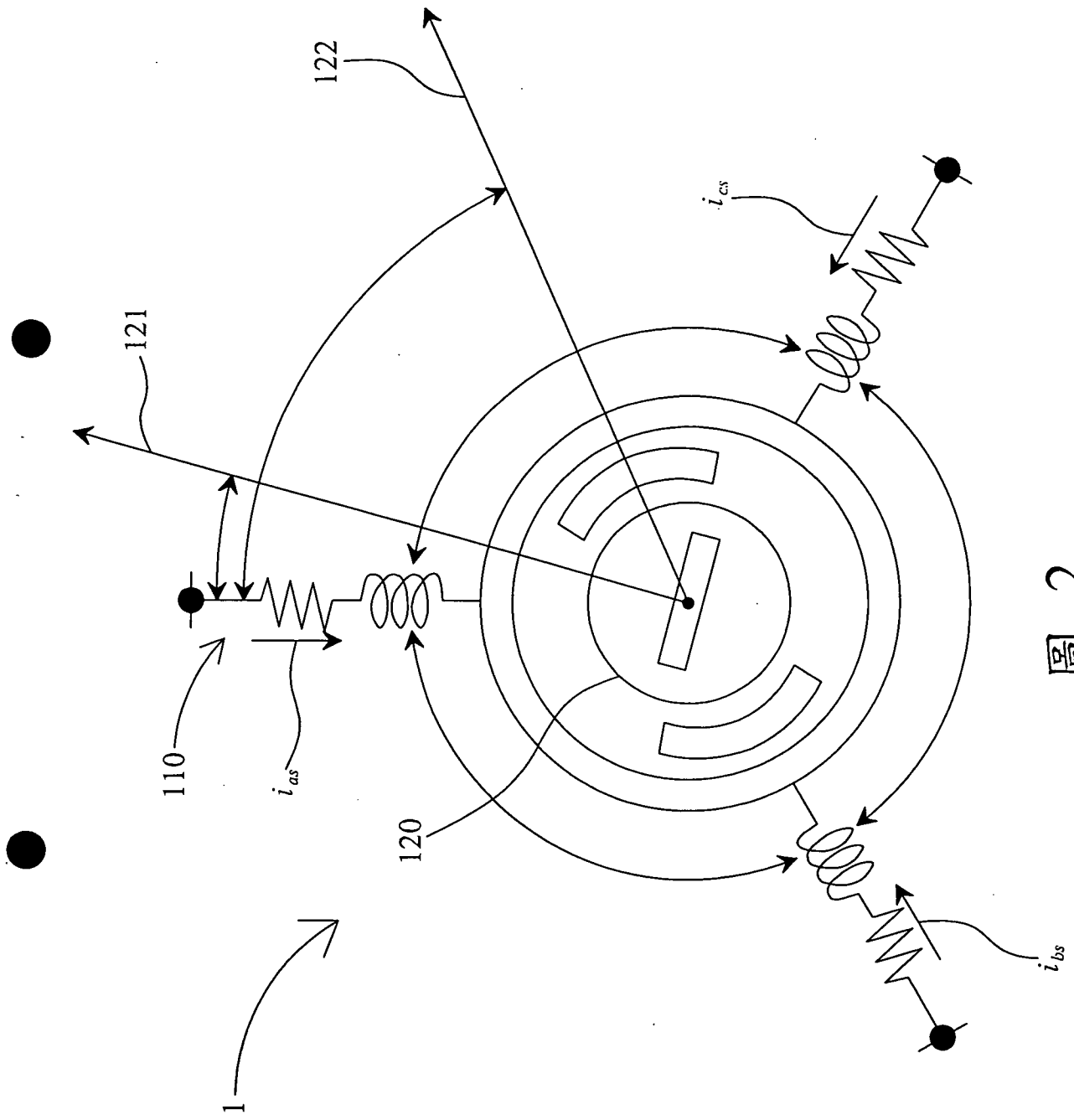


圖 2

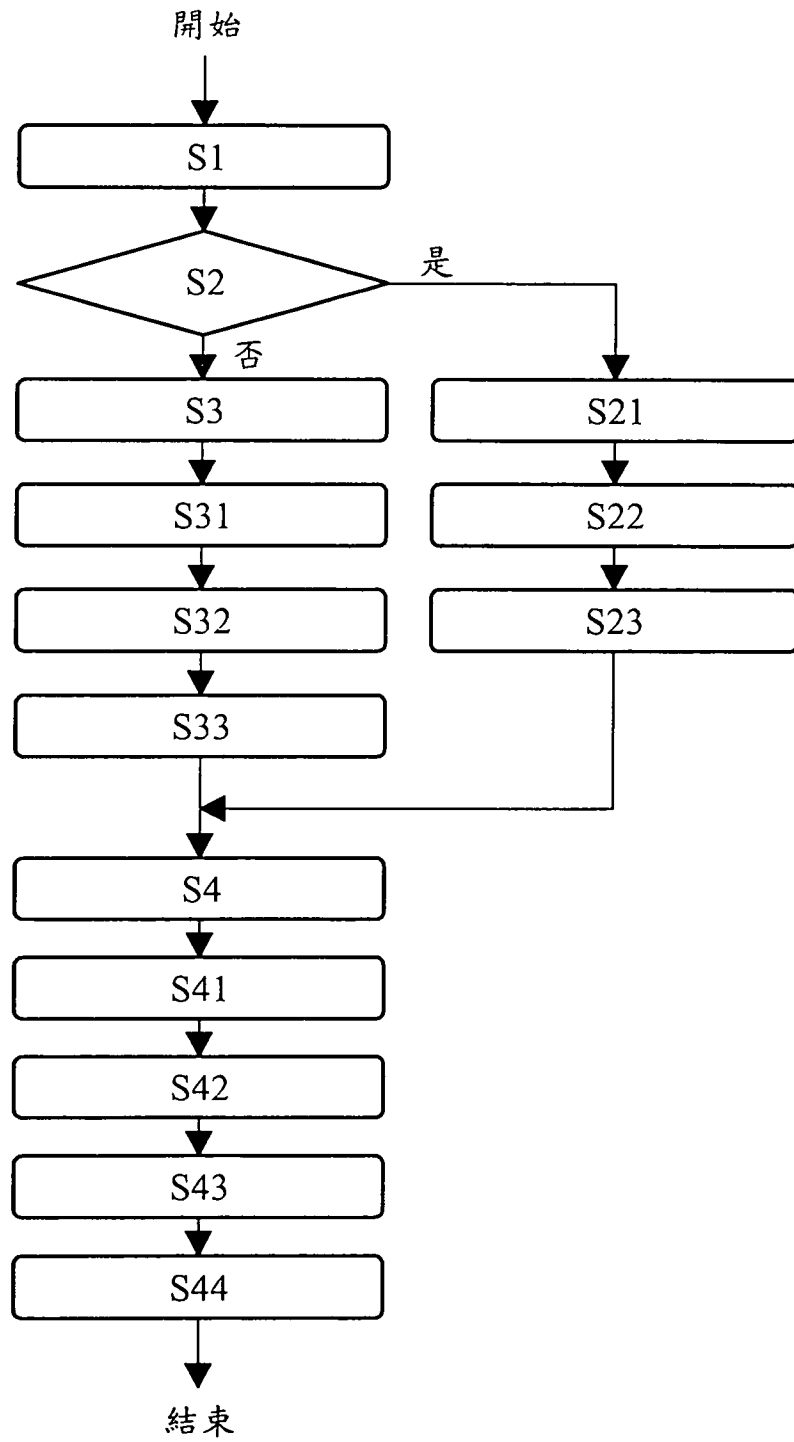


圖 3

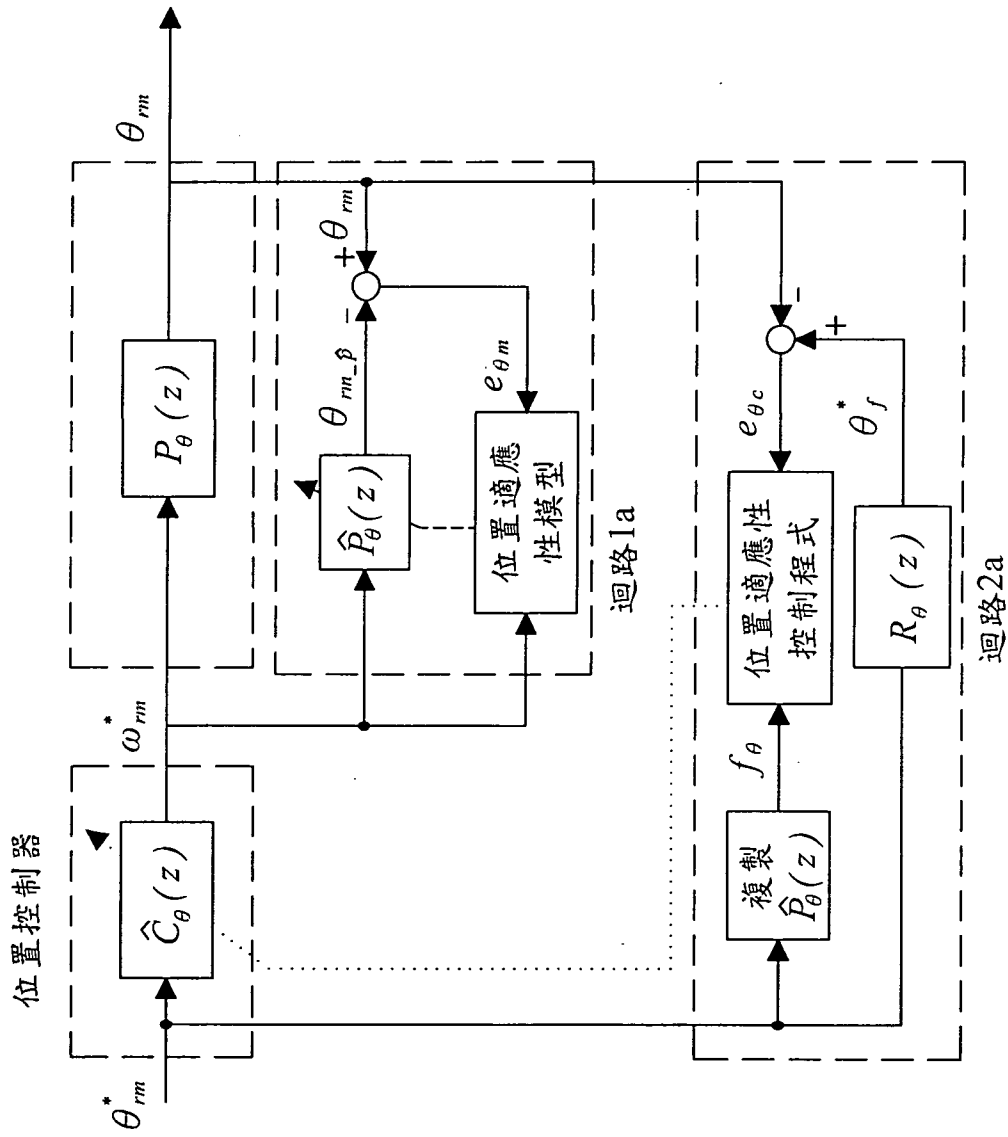


圖 4

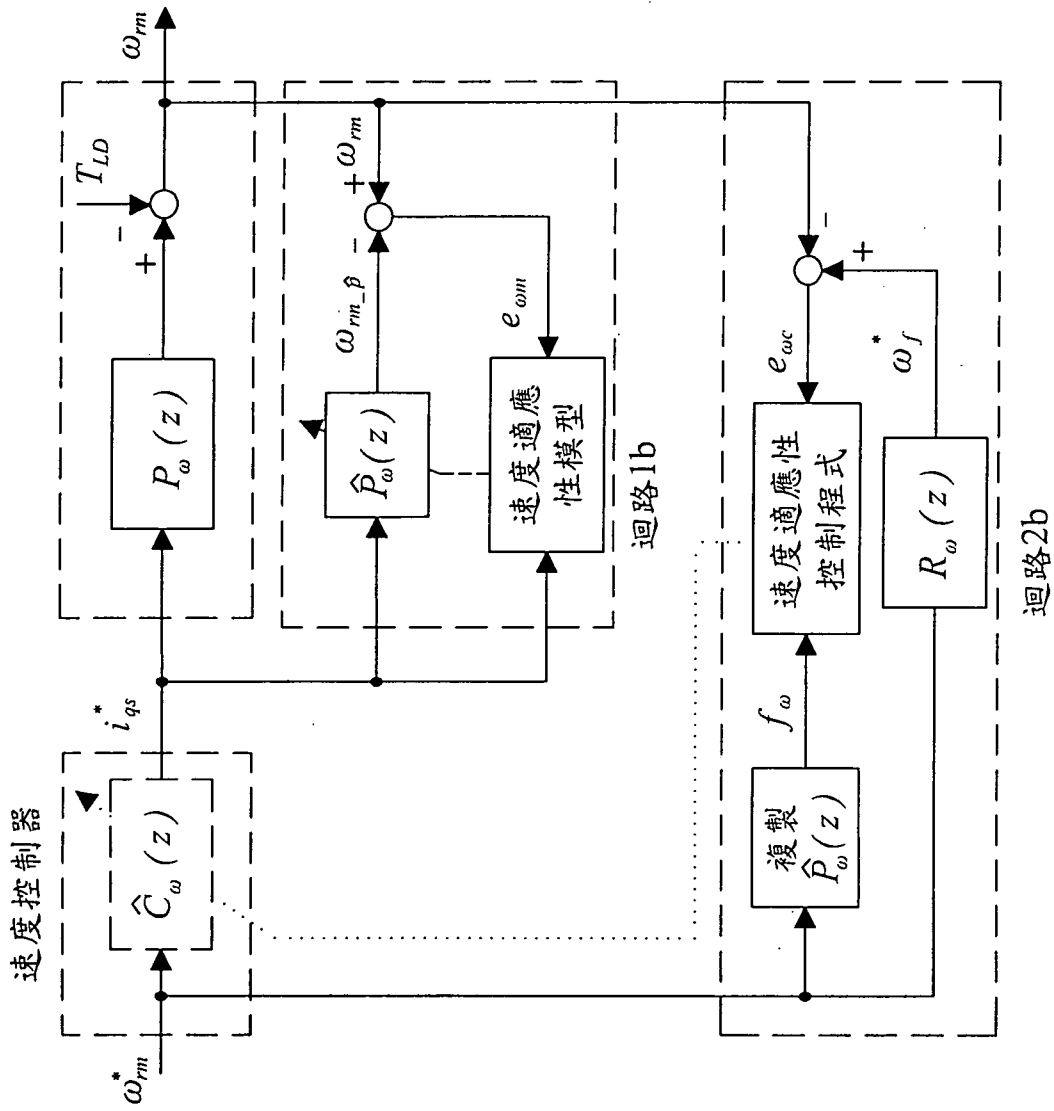


圖 5

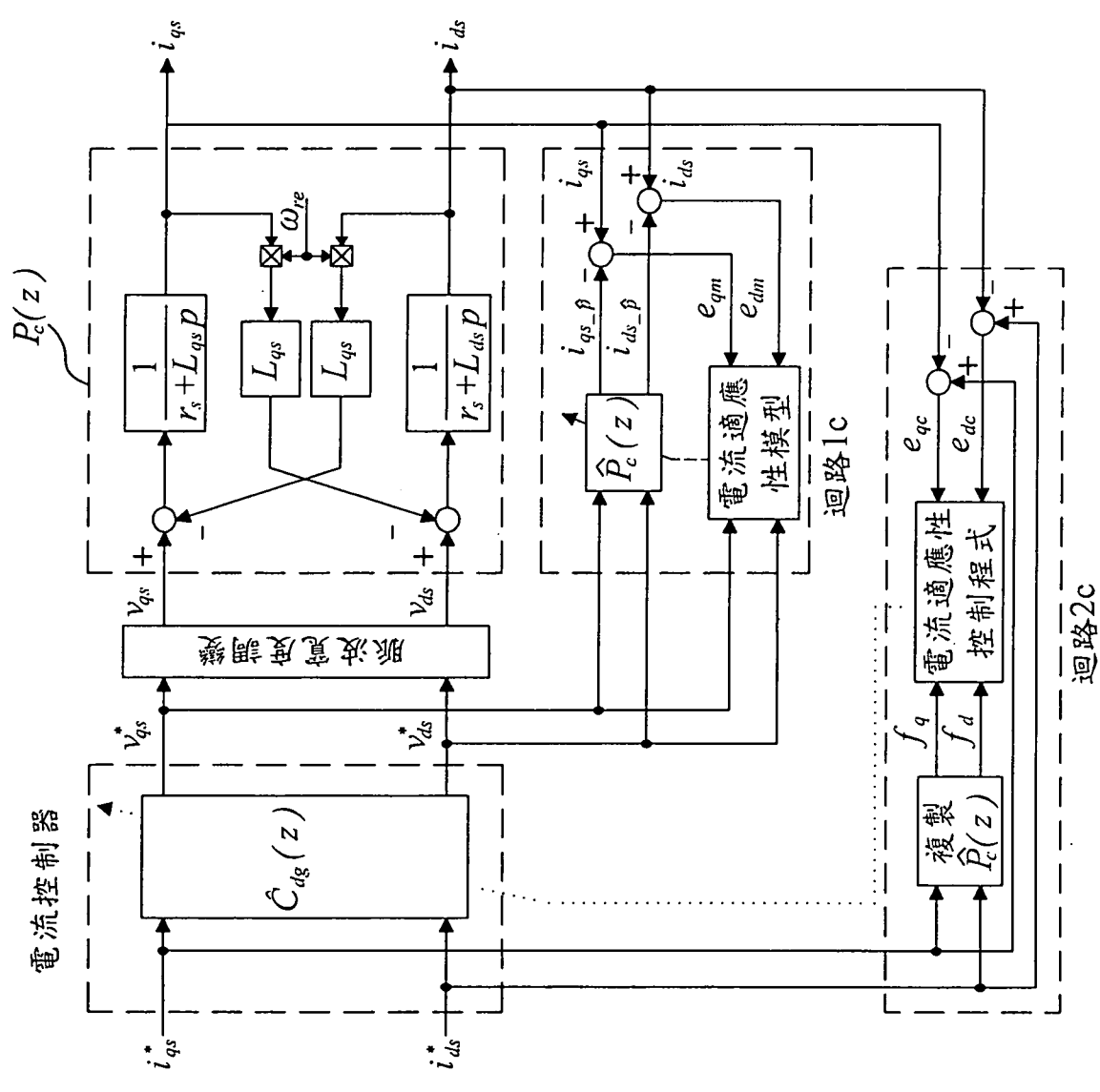


圖 6

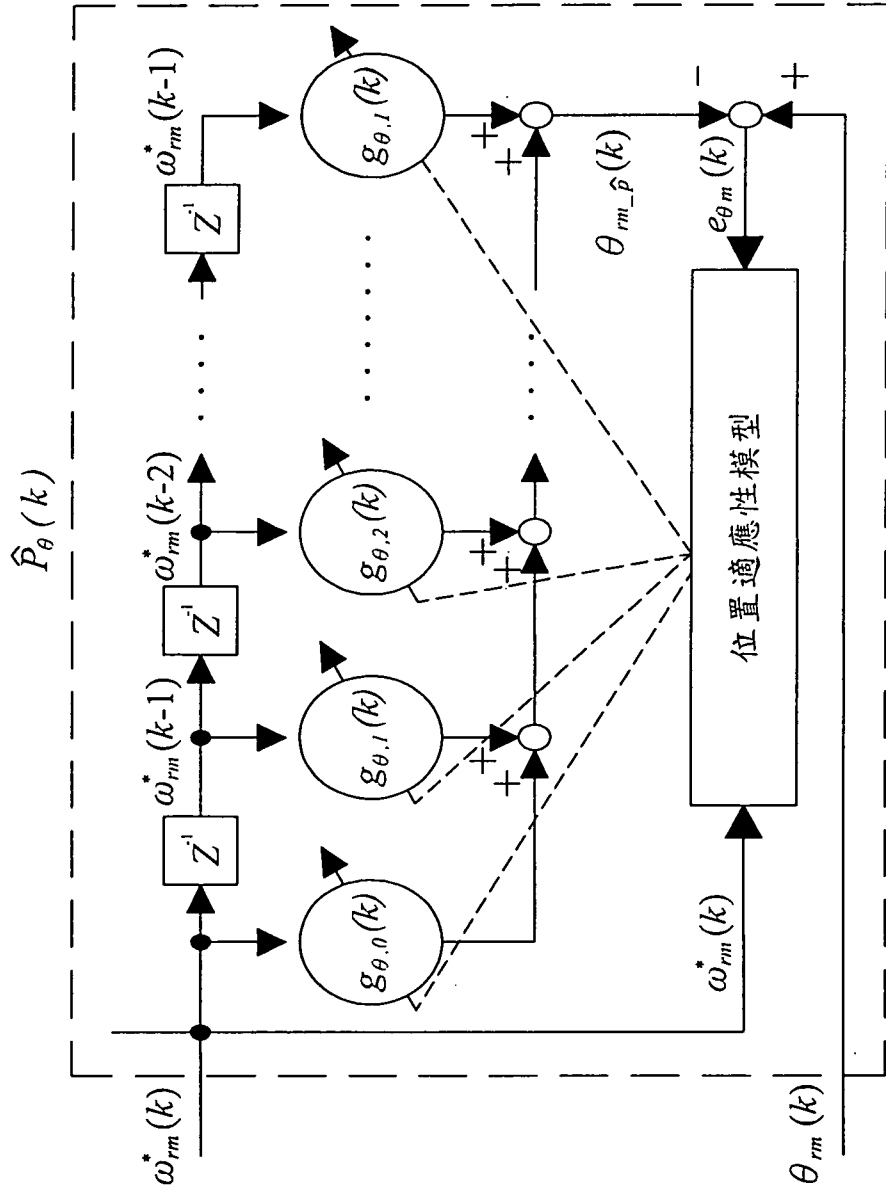


圖 7

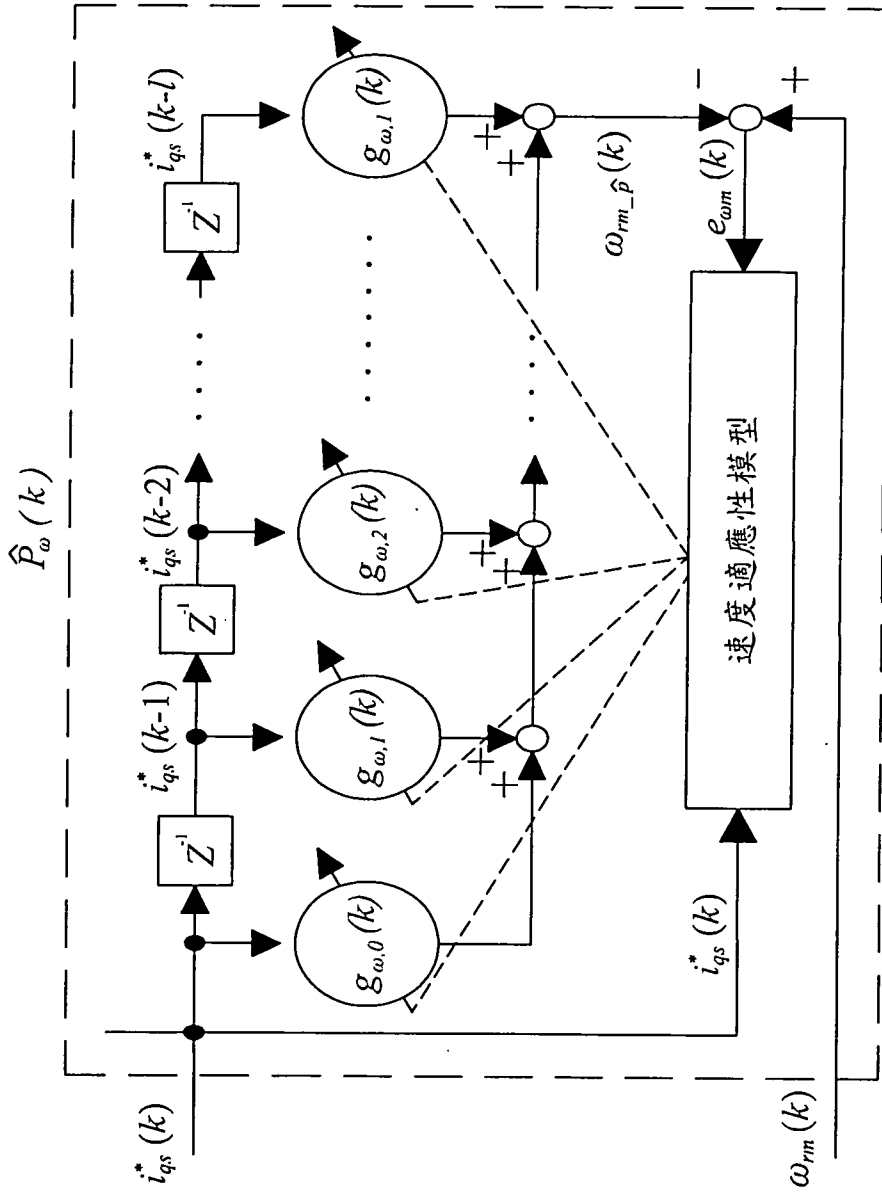


圖 8

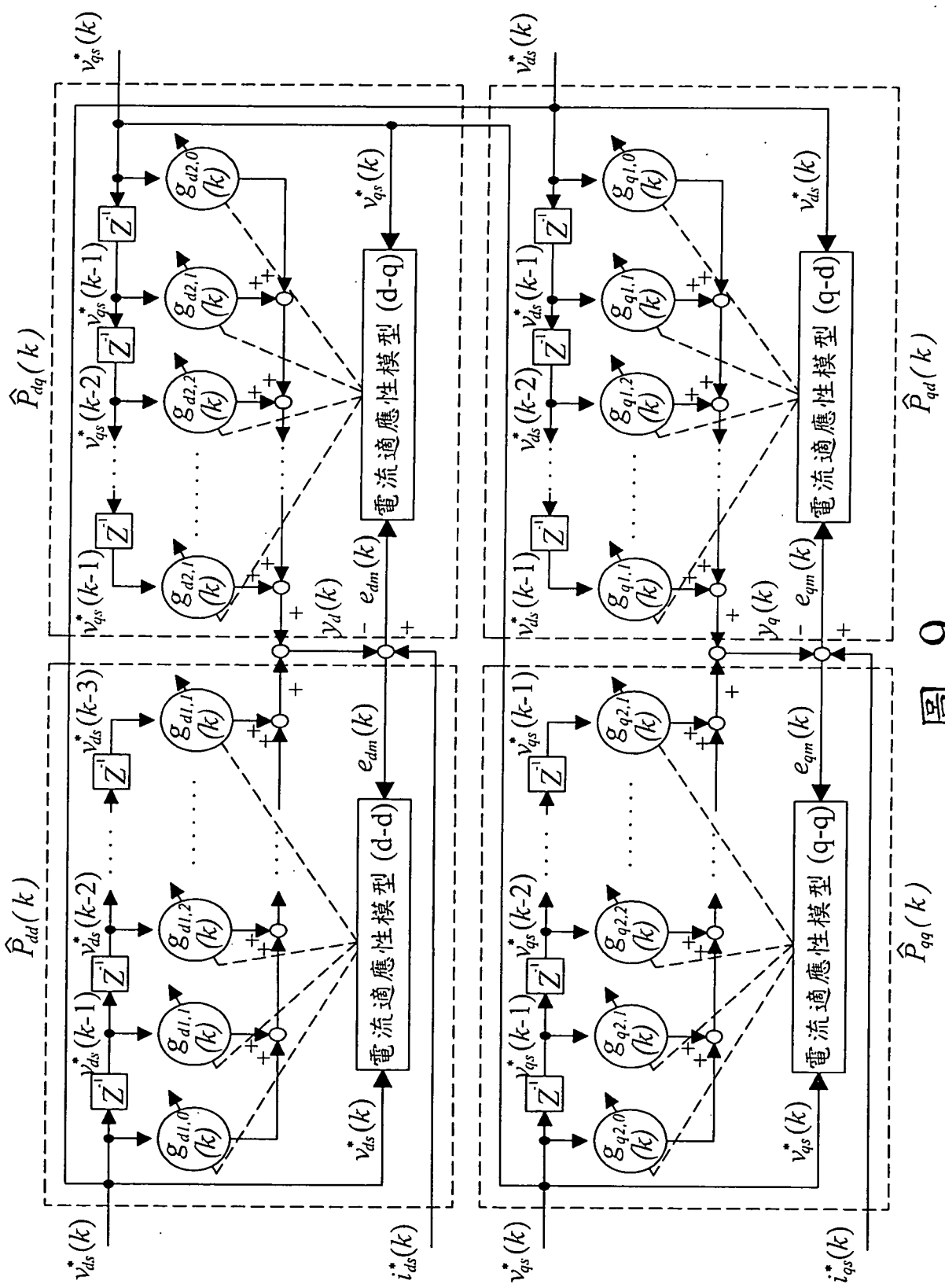


圖 9

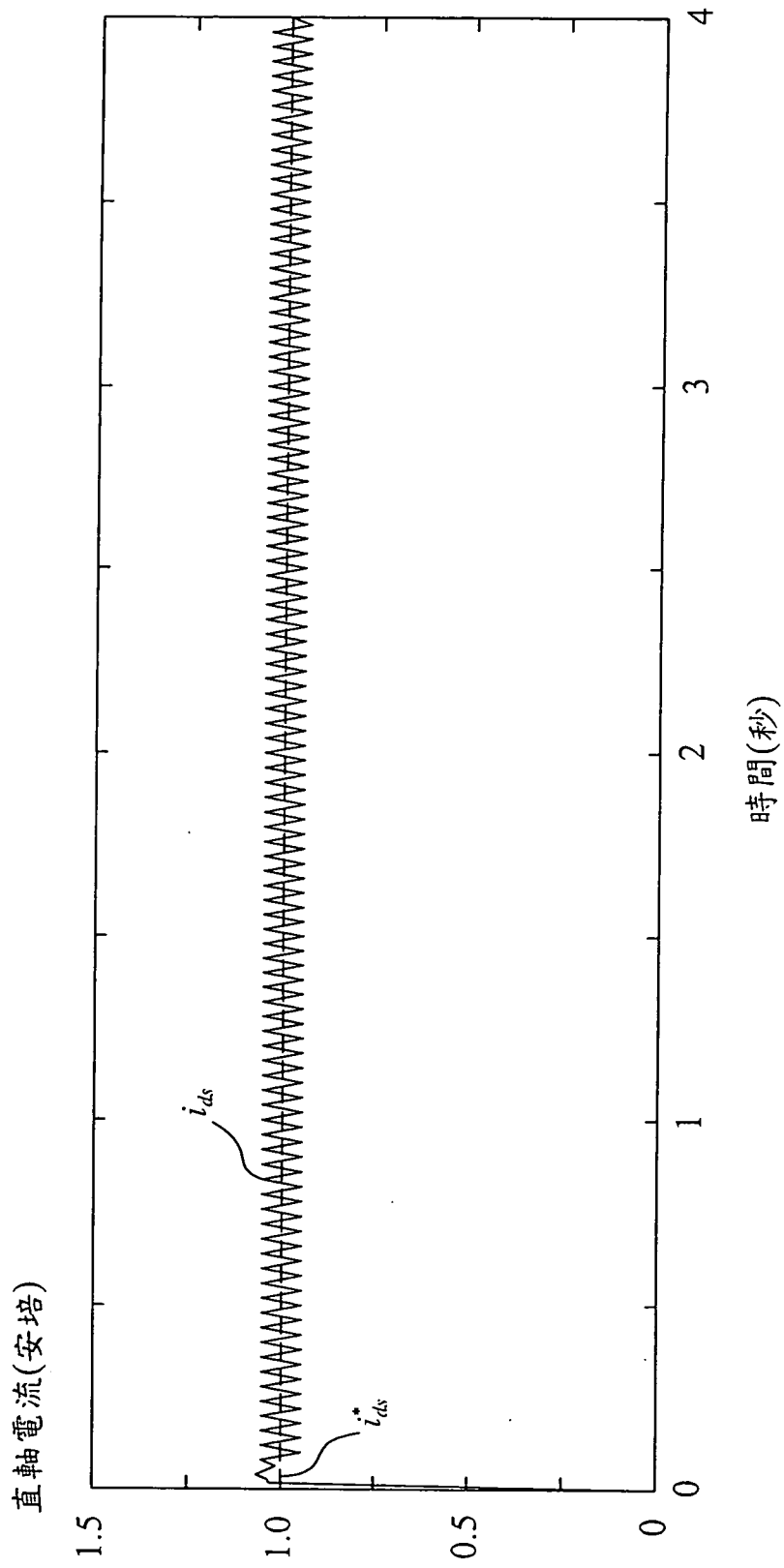


圖 10

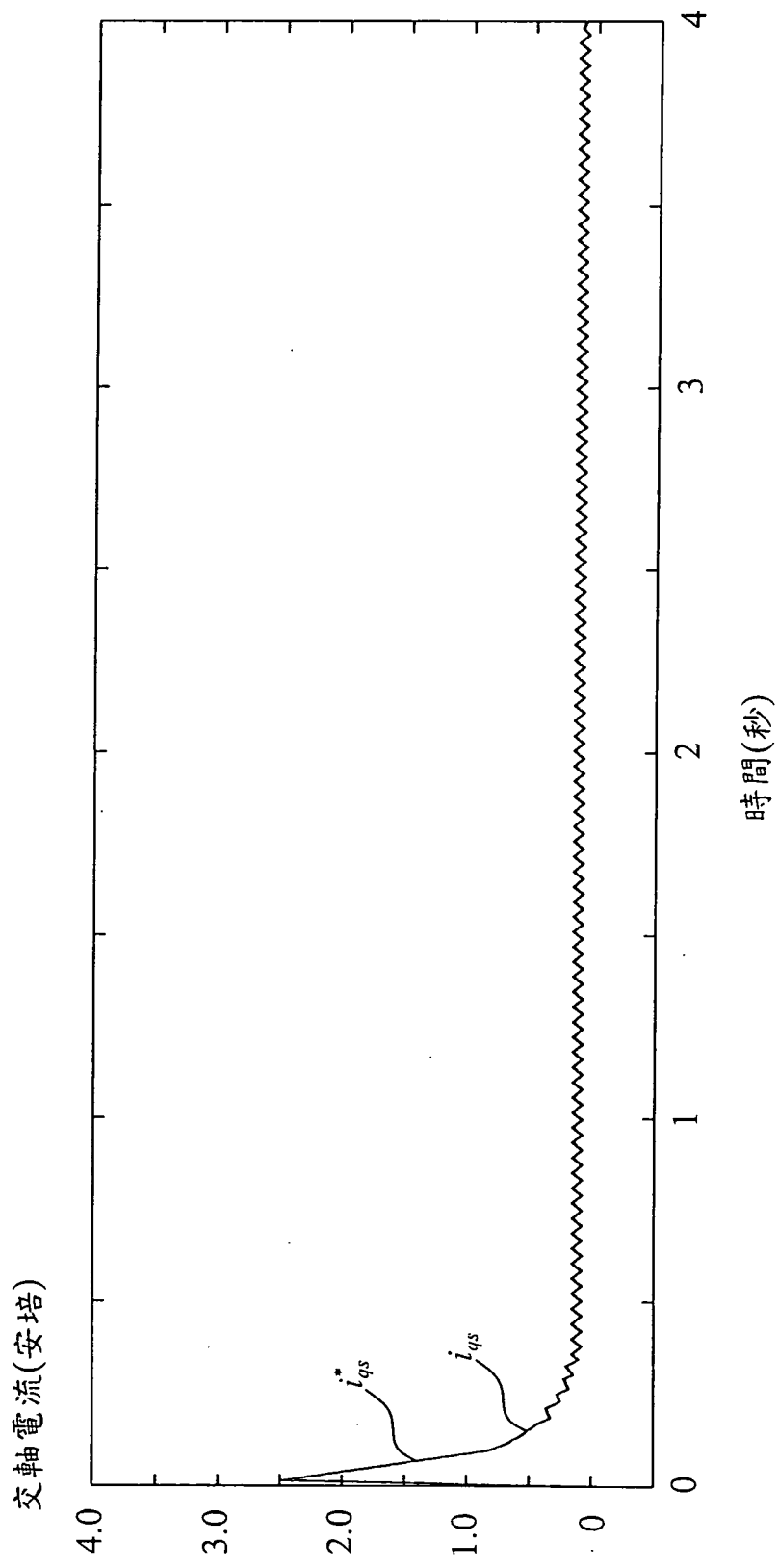


圖 11

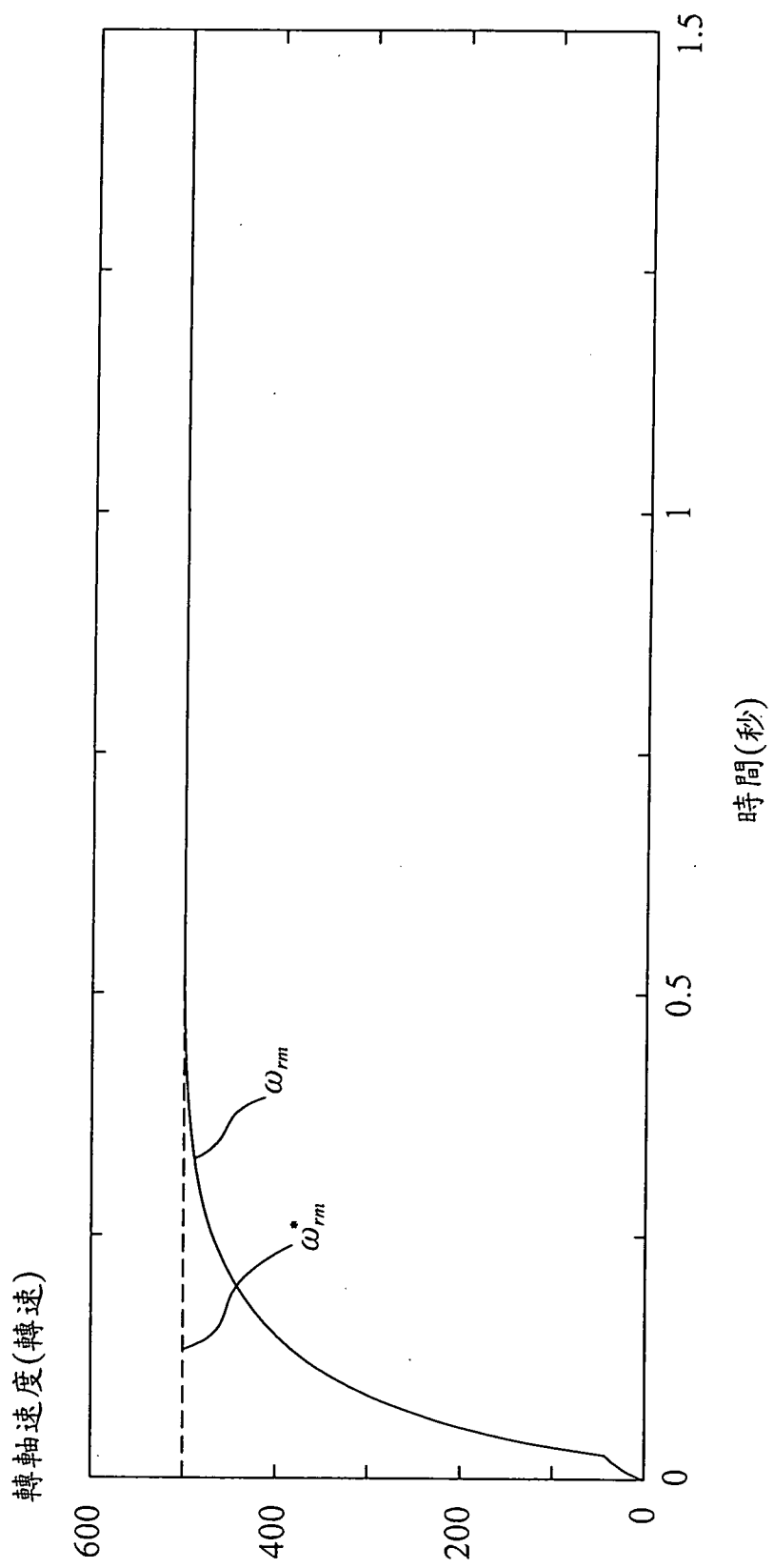


圖 12

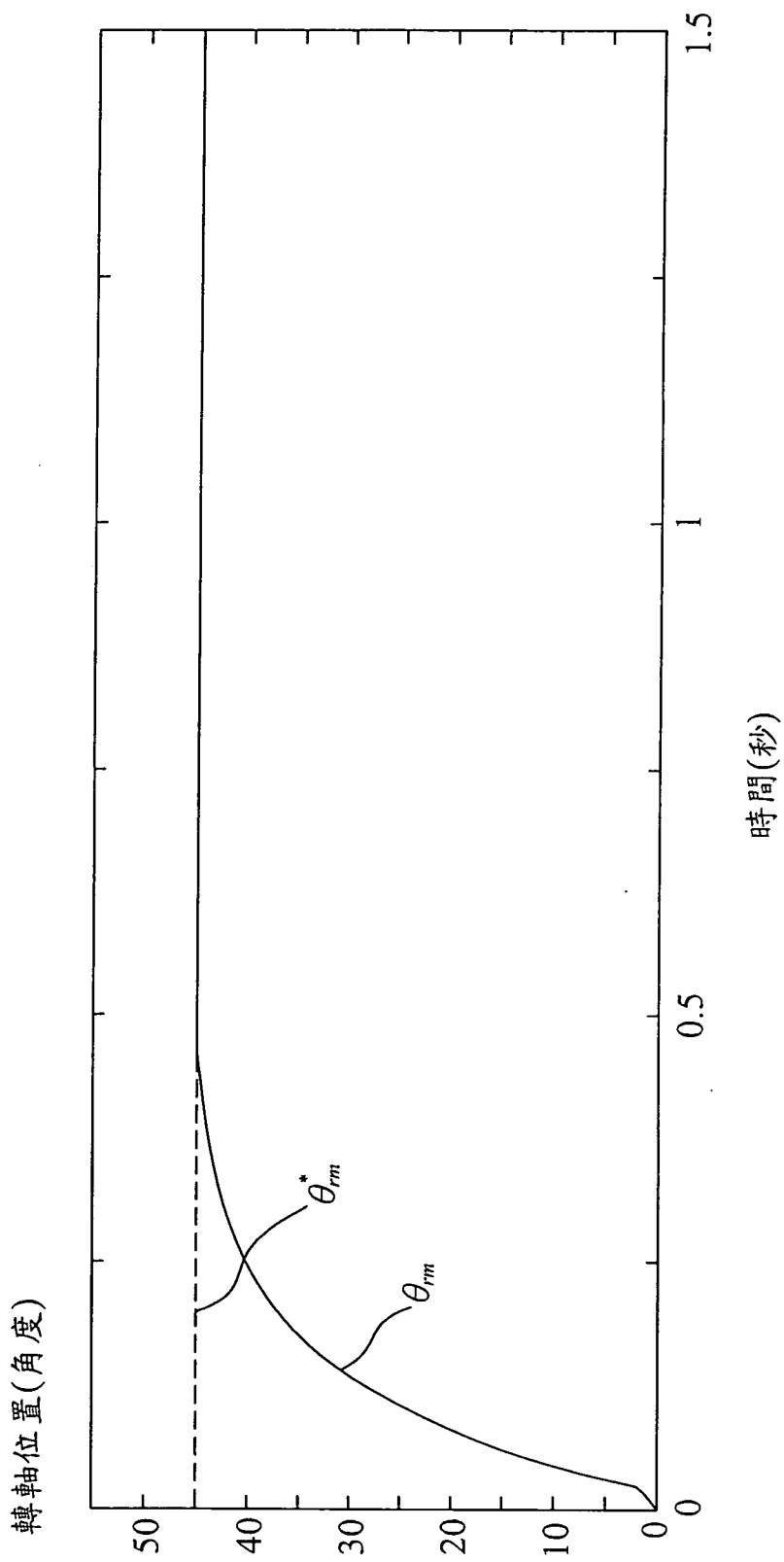


圖 13