



(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 I601352 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：104100664 (22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 01 月 09 日

(51)Int. Cl. : H02J3/12 (2006.01)

(30)優先權：2014/11/06 中國大陸 201410621150.4

(71)申請人：台達電子工業股份有限公司(中華民國) DELTA ELECTRONICS, INC. (TW)
桃園市龜山區山鶯路 252 號(72)發明人：陸城 LU, CHENG (CN)；張嘉敏 ZHANG, JIAMIN (CN)；周建紅 ZHOU,
JIANHONG (CN)；吳洪洋 WU, HONGYANG (CN)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 548886

TW I286413

CN 102684226A

CN 103138290A

"A novel droop control strategy to share power equally and limit voltage deviation", Ting Liu, Jinjun Liu and Xuan Zhang, 2011 IEEE 8th International Conference on Power Electronics - ECCE Asia, May 30 2011-June 3 2011, pages 1520 - 1526.

審查人員：莊榮昌

申請專利範圍項數：28 項 圖式數：13 共 50 頁

(54)名稱

一種用於逆變系統的控制方法及控制裝置

CONTROL METHOD AND CONTROL DEVICE FOR INVERTER SYSTEM

(57)摘要

本案公開一種並聯逆變器的控制方法及控制裝置。該方法包括接收反映負載電壓的回饋信號及電壓參考信號，產生一反映實功率的指令信號及一反映虛功率的指令信號；將反映實功率的指令信號作為逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線的第一偏移量，將該反映虛功率的指令信號作為逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線的第二偏移量；根據第一偏移量橫向平移逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線，根據第二偏移量橫向平移逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線，藉由逆變器單元調整後的輸出電壓頻率和輸出電壓振幅以調整逆變系統的負載電壓。

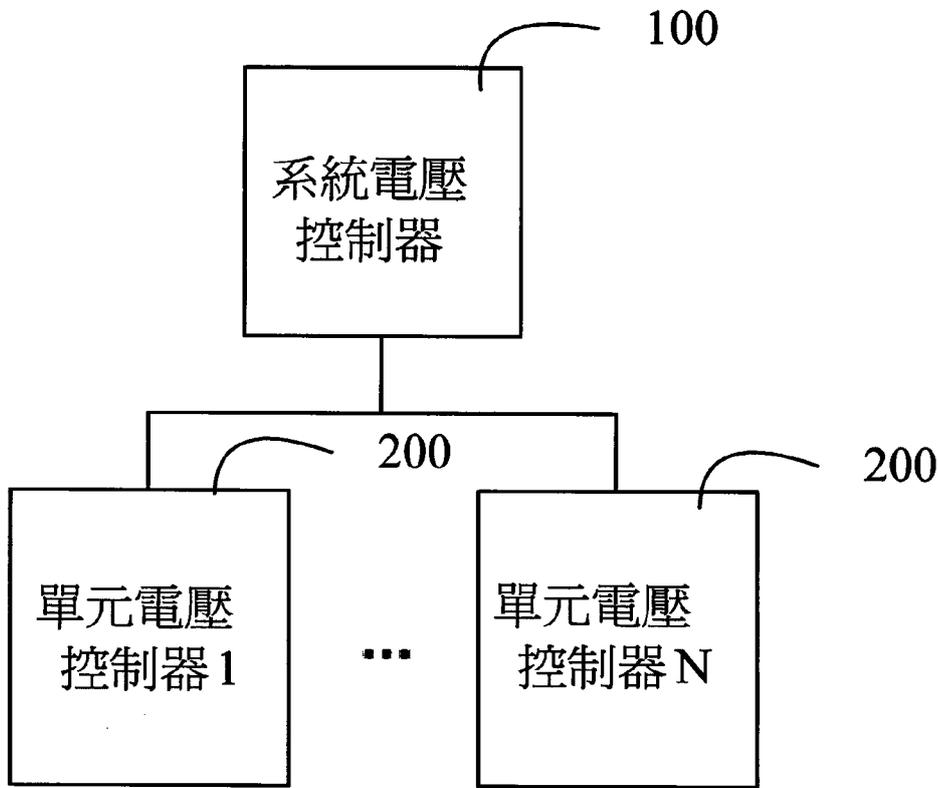
A control method and a control device of inverters connected in parallel are disclosed. The control method includes: receiving a feedback signal responding to a load voltage and a voltage reference signal, generating a command signal responding to a real power and a command signal responding to a reactive power; setting the command signal responding to the real power as a first offset of real power-output voltage frequency characteristics of an inverter unit; setting the command signal responding to the reactive power as a second offset of reactive power-output voltage magnitude characteristics of the inverter unit; shifting the real power-output voltage frequency characteristics of the inverter unit according to the first offset; shifting the reactive power-output voltage magnitude characteristics of the inverter unit according to the second offset; and adjusting a load voltage of an inverter system according to the adjusted output voltage frequency and the adjusted output voltage magnitude.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100 . . . 系統電壓控
制器

200 . . . 單元電壓控
制器



第3圖



公告本

申請日: 104/01/09

【發明摘要】 IPC分類: H02J 3/12 (2006.01)

【中文發明名稱】一種用於逆變系統的控制方法及控制裝置

【英文發明名稱】 CONTROL METHOD AND CONTROL DEVICE FOR INVERTER SYSTEM

【中文】

本案公開一種並聯逆變器的控制方法及控制裝置。該方法包括接收反映負載電壓的回饋信號及電壓參考信號，產生一反映實功率的指令信號及一反映虛功率的指令信號；將反映實功率的指令信號作為逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線的第一偏移量，將該反映虛功率的指令信號作為逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線的第二偏移量；根據第一偏移量橫向平移逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線，根據第二偏移量橫向平移逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線，藉由逆變器單元調整後的輸出電壓頻率和輸出電壓振幅以調整逆變系統的負載電壓。

【英文】

A control method and a control device of inverters connected in parallel are disclosed. The control method includes: receiving a feedback signal responding to a load voltage and a voltage reference signal, generating a command signal responding to a

real power and a command signal responding to a reactive power; setting the command signal responding to the real power as a first offset of real power-output voltage frequency characteristics of an inverter unit; setting the command signal responding to the reactive power as a second offset of reactive power-output voltage magnitude characteristics of the inverter unit; shifting the real power-output voltage frequency characteristics of the inverter unit according to the first offset; shifting the reactive power-output voltage magnitude characteristics of the inverter unit according to the second offset; and adjusting a load voltage of an inverter system according to the adjusted output voltage frequency and the adjusted output voltage magnitude.

【指定代表圖】第3圖

【代表圖之符號簡單說明】

100 系統電壓控制器

200 單元電壓控制器

【發明說明書】

【中文發明名稱】一種用於逆變系統的控制方法及控制裝置

【英文發明名稱】CONTROL METHOD AND CONTROL DEVICE FOR INVERTER SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明涉及逆變系統，特別是涉及一種用於逆變系統的控制方法及控制裝置。

【先前技術】

【0002】 逆變器單元是一種基於電力電子技術的功率變換裝置，用於將電能從直流轉為交流或從交流轉為直流。通常，為了方便擴容和冗餘設計等目的，模組化並聯電源系統架構得到了廣泛的採用。如第1圖所示為現有技術中的逆變系統的結構示意圖。現有技術中的逆變系統包括 N ($N \geq 1$) 台逆變器單元 (VSC)，該 N 台逆變器單元並聯，為本地負載 (Load) 供電。

【0003】 對於這樣一個並聯電源系統，既要使得負載電壓 V_{mg} 穩定在某個參考值，例如該參考值可以是恒定 220V/50Hz 的正弦波，又要控制負載的功率平均分配在 N 台逆變器單元之間。前一個控制目標稱為電壓調整 (voltage regulation)，後一個控制目標稱為負載功率均分 (power sharing)。

【0004】 對於電壓調整的控制目標，通常採用電壓閉環

控制方法，例如，採用電壓外環電流內環的多閉環控制等。只要電壓環的頻寬設計得足夠高就可以保證電壓控制精度。這對於單台逆變器單元來講較容易實現，但是，當多台逆變器單元並聯後，負載電壓將由所有逆變器單元共同決定。同時，每台逆變器單元的輸出功率將由其輸出電壓及輸出阻抗共同決定，由於在實際應用中各逆變器單元的元器件參數及線路阻抗等參數很難完全相同，所以爲了獲得功率均分，就需要各逆變器單元輸出不同的電壓。所以，不是簡單的給各逆變器單元設定相同的電壓指令進行電壓閉環控制即可充分實現電壓調整和功率均分的目標。

【0005】 在現有技術中，下垂（Droop）控制是實現並聯逆變器單元功率均分的方法之一。所謂下垂控制是指逆變器單元輸出電壓指令隨著輸出功率的變化而變化，通常表現爲一條下垂曲線。如第2（a）圖所示爲實功率-輸出電壓頻率曲線示意圖，以輸出阻抗呈電感性的情況爲例，逆變器單元輸出電壓的頻率隨著逆變器單元輸出的實功率的增大而減小。如第2（b）圖所示爲虛功率-輸出電壓振幅曲線示意圖，逆變器單元輸出電壓的振幅隨著逆變器單元輸出虛功率的增大而減小。並且，爲了獲得更好的功率均分效果，下垂曲線的傾斜程度將更大，但這樣會犧牲電壓調整率，即輸出電壓受負載的影響更大，也就是說電壓調整和功率均分不能兼得，對逆變系統的設計往往需要在兩者間做折衷考慮。

【發明內容】

【0006】 本發明需要解決的技術問題是，提供一種用於逆變系統的控制方法及控制裝置，以使得並聯的多個逆變器單元之間獲得有效的功率均分，同時還能保持良好的輸出電壓精度。

【0007】 為解決上述問題，本發明還公開了一種用於逆變系統的控制方法，該逆變系統包括並聯連接的多個逆變器單元，該控制方法包括：接收一反映負載電壓的回饋信號以及一電壓參考信號；根據該反映負載電壓的回饋信號以及該電壓參考信號，產生一反映逆變輸出功率的指令信號，其中，該反映逆變輸出功率的指令信號包括一反映實功率的指令信號以及一反映虛功率的指令信號；將該反映實功率的指令信號作為該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線的第一偏移量，以及將該反映虛功率的指令信號作為該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線的第二偏移量；根據該第一偏移量橫向平移該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線，以及根據該第二偏移量橫向平移該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線，藉由逆變器單元調整後的輸出電壓頻率和輸出電壓振幅以調整逆變系統的負載電壓。

【0008】 本發明還公開了一種用於逆變系統的控制裝置，該逆變系統包括並聯連接的多個逆變器單元，該控制裝置包括：系統電壓控制器，用於接收一反映負載電壓的回饋信號以及一電壓參考信號，並輸出一反映逆變輸出功率的指令信號，其中，該反映逆變輸出功率的指令信號包括一反映實功率的指令信號以及一反映虛功率的指令信號；多個單元

電壓控制器，與該多個逆變器單元一一對應，每一單元電壓控制器用於接收該反映實功率的指令信號、該反映虛功率的指令信號、一頻率設定信號、一電壓振幅設定信號、相應逆變器單元的反映輸出電壓的回饋信號以及反映輸出電流的回饋信號，並輸出該逆變器單元的一電壓指令信號。

【0009】 本發明的上述技術方案使得並聯的多個逆變器單元之間獲得有效的功率均分，同時還能保持良好的輸出電壓精度。此外，本發明還可調整輸出電壓與另一系統電壓同步，以方便系統之間的互聯，滿足併網合閘的條件。

【圖式簡單說明】

【0010】

第 1 圖所示為現有技術中的逆變系統的結構示意圖；

第 2 (a) 圖所示為現有技術中的實功率-輸出電壓頻率曲線示意圖；

第 2 (b) 圖所示為現有技術中的虛功率-輸出電壓振幅曲線示意圖；

第 3 圖所示為本發明的用於逆變系統的控制裝置的控制架構示意圖；

第 4 (a) 圖所示為實功率-輸出電壓頻率曲線的平移示意圖；

第 4 (b) 圖所示為虛功率-輸出電壓振幅曲線的平移示意圖；

第 5 圖所示為本發明的用於逆變系統的控制裝置的結構

示意圖；

第 6 圖所示為本發明的系統電壓控制器的結構示意圖；

第 7 圖所示為本發明的一種用於逆變系統的控制方法的流程图；

第 8、9、10 圖所示為本發明的單元電壓控制器的結構示意圖；

第 11、12、13 圖所示為本發明的控制裝置的結構示意圖。

【實施方式】

【0011】 為了解決使並聯的多個逆變器單元之間獲得有效的功率均分，同時還能保持良好的輸出電壓精度的技術問題，本發明提出一種用於逆變系統的控制方法及控制裝置。本發明在傳統下垂控制的基礎上，對下垂曲線進行平移，以調整電壓的頻率和振幅。

【0012】 如第 3 圖所示為本發明的用於逆變系統的控制裝置的控制架構示意圖。基本控制架構包含兩個層次，下層為 N 個單元電壓控制器 200，每個單元電壓控制器 200 分別與一逆變器單元一一對應。上層為一系統電壓控制器 100，該系統電壓控制器 100 分別與每個單元電壓控制器 200 連接。

【0013】 本發明利用第 3 圖所示的控制架構，在傳統下垂控制的基礎上，對下垂曲線進行平移，以調整電壓的頻率和振幅。如第 4(a)圖所示為實功率-輸出電壓頻率曲線的平移示意圖，第 4(b)圖為虛功率-輸出電壓振幅曲線的平移示

意圖。無論在第 4(a)圖還是第 4(b)圖中，曲線 (1) 均代表現有技術中的曲線。

【0014】 在現有技術中，設空載時對應的輸出電壓頻率和振幅分別為 ω_{set} 和 V_{set} ，當負載增大時輸出電壓的頻率和振幅將會下降。

【0015】 例如第 4(a)圖的曲線 (1) 中，輸出實功率 P_{set} 時對應的輸出電壓頻率相比空載（輸出實功率為 0）時所對應的輸出電壓頻率（頻率設定信號 ω_{set} ）有一定程度的下降。第 4(b)圖的曲線 (1) 中，輸出虛功率 Q_{set} 時對應的輸出電壓振幅相比空載（輸出虛功率為 0）時所對應的輸出電壓振幅（電壓設定信號 V_{set} ）有一定程度的下降。可見，現有技術中的下垂控制造成輸出電壓偏離了設定值。

【0016】 本發明的技術方案把曲線 (1) 橫向平移至 (2) 處，則輸出實功率 P_{set} 時對應的頻率將重新回到 ω_{set} ，輸出虛功率 Q_{set} 時對應的振幅將重新回到 V_{set} ，從而提高了輸出電壓的準確度。同時，保留了下垂特性，保持了功率均分性能。

【0017】 更為具體的，如第 5 圖所示為本發明的用於逆變系統的控制裝置的結構示意圖。該用於逆變系統的控制裝置 1 包括系統電壓控制器 100 以及多個單元電壓控制器 200。

【0018】 該系統電壓控制器 100 用於接收一反映負載電壓的回饋信號 V_{mg} 以及一電壓參考信號 V_{ref} ，並輸出一反映逆變輸出功率的指令信號，其中，該反映逆變輸出功率的

指令信號包括一反映實功率的指令信號 P_{set} 以及一反映虛功率的指令信號 Q_{set} 。

【0019】 該多個單元電壓控制器 200，與該多個逆變器單元一一對應，每一單元電壓控制器用於接收該反映實功率的指令信號 P_{set} 、該反映虛功率的指令信號 Q_{set} 、一頻率設定信號 ω_{set} 、一電壓設定信號 V_{set} 、相應逆變器單元的反映輸出電壓的回饋信號 v_o 以及反映輸出電流的回饋信號 i_o ，並輸出該逆變器單元的一電壓指令信號 e^* 。

【0020】 第 5 圖中僅以該系統電壓控制器 100 與一個單元電壓控制器 200 的連接關係為例，實際連接關係參閱第 3 圖。

【0021】 第 6 圖所示為本發明的系統電壓控制器 100 的結構示意圖。

【0022】 系統電壓控制器 100 包括一虛擬電流計算單元、功率計算單元 103。

【0023】 虛擬電流計算單元用於根據該反映負載電壓的回饋信號 V_{mg} 以及該電壓參考信號 V_{ref} ，計算虛擬電流 i_v 。

【0024】 虛擬電流計算單元包括偏差計算單元 101 和反映虛擬阻抗的計算單元 102，偏差計算單元 101 接收該反映負載電壓的回饋信號 V_{mg} 以及該電壓參考信號 V_{ref} ，計算並得到一反映電壓偏差的信號 $V_{mg}-V_{ref}$ ，進而輸送至反映虛擬阻抗的計算單元 102，從而計算得到虛擬電流 i_v 。

$$i_v = (V_{mg} - V_{ref}) / Z_v$$

其中， Z_v 為虛擬阻抗。該虛擬阻抗 Z_v 為一虛擬電阻與一虛擬電抗的組合、一虛擬電阻或者一虛擬電抗。其中，虛擬阻抗 Z_v 可表示為 $R+jX$ 。 R 和 X 分別表示虛擬電阻和虛擬電抗， j 為虛擬阻抗參數， R 和 X 越小，則輸出電壓的誤差越小。

【0025】 功率計算單元 103 進一步包括實功率計算單元和虛功率計算單元。

【0026】 該實功率計算單元根據該反映負載電壓的回饋信號 V_{mg} 和所計算的虛擬電流 i_v ，通過內積計算得到該反映實功率的指令信號 P_{set} 。

【0027】 該虛功率計算單元根據該反映負載電壓的回饋信號 V_{mg} 和所計算的虛擬電流 i_v ，通過外積計算得到該反映虛功率的指令信號 Q_{set} 。

$$P_{set}=V_{mg} \cdot i_v$$

$$Q_{set}=V_{mg} \times i_v$$

【0028】 在一實施例中，為了使得逆變系統的輸出電壓與另一系統電壓同步，以方便系統間的互聯，該電壓參考信號 V_{ref} 可以反映該另一系統電壓的回饋信號，以滿足同步並網的條件。

【0029】 舉例來說，該逆變系統的輸出耦接至電網，該電壓參考信號 V_{ref} 可以為電網電壓的回饋信號。

【0030】 或者，該逆變系統的輸出與一交流系統的輸出電性耦接，而該電壓參考信號 V_{ref} 為反映該交流系統輸出電壓的回饋信號。

【0031】 基於第 5 圖所示結構，本發明公開了一種用於逆變系統的控制方法，第 7 圖所示為本發明的一種用於逆變系統的控制方法的流程圖。

【0032】 步驟 701，接收一反映負載電壓的回饋信號 V_{mg} 以及一電壓參考信號 V_{ref} ；

【0033】 步驟 702，根據該反映負載電壓的回饋信號 V_{mg} 以及該電壓參考信號 V_{ref} ，產生一反映逆變輸出功率的指令信號，其中，該反映逆變輸出功率的指令信號包括一反映實功率的指令信號 P_{set} 以及一反映虛功率的指令信號 Q_{set} ；

【0034】 步驟 703，將該反映實功率的指令信號 P_{set} 作為該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線（P-F）的第一偏移量，以及將該反映虛功率的指令信號 Q_{set} 作為該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線（Q-V）的第二偏移量；

【0035】 步驟 704，根據該第一偏移量橫向平移該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線，以及根據該第二偏移量橫向平移該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線，藉由逆變器單元調整後的輸出電壓頻率和輸出電壓振幅以調整逆變系統的負載電壓。

【0036】 本發明的該控制方法適用於三相逆變系統或單相逆變系統。

【0037】 以下段落中，通過單元電壓控制器 200 的三個具體實施例來描述本發明。

【0038】 在實施例一中，單元電壓控制器 200 採用了傳統下垂控制的單元電壓控制器的基本架構。

【0039】 如第 8 圖所示為本發明的單元電壓控制器 200 的結構示意圖。該單元電壓控制器 200 包括一頻率和相位產生單元，該頻率和相位產生單元進一步包括：實功率偏差產生單元 201、第一比例單元 202、第一疊加單元 203、第一積分單元 204。

【0040】 實功率偏差產生單元 201 用於根據該實功率設定信號 P_{set} 和反映逆變器單元實功率的信號 P ，計算一反映實功率偏差的偏差信號 $(P_{set} - P)$ ，並輸送至第一比例單元 202。第一比例單元 202 具有一比例係數 m ， m 為反映實功率下垂特性的比例單元增益。第一比例單元 202 用於接收來自實功率偏差產生單元 201 的偏差信號，並根據該比例係數 m 得到第一頻率控制信號 $(P_{set} - P) * m$ ，並輸送至第一疊加單元 203。第一疊加單元 203 用於接收並疊加該第一頻率控制信號 $(P_{set} - P) * m$ 和該頻率設定信號 ω_{set} ，並輸出一反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 。

【0041】 根據該控制信號 ω_e 可知該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線 $(P-F)$ 滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) m + \omega_{set} \quad (1)$$

【0042】 上述式中的 ω 就是該反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 。

【0043】 該第一積分單元 204 用於對該反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 進行積分，從而得到相位控制信號 θ_e 。

【0044】 該單元電壓控制器 200 還包括電壓振幅產生單元，該電壓振幅產生單元進一步包括：虛功率偏差產生單元 206、第二比例單元 207 以及第二疊加單元 208。

【0045】 該虛功率偏差產生單元 206 用於接收反映虛功率設定信號 Q_{set} 和反映逆變器單元虛功率的信號 Q ，計算一反映虛功率偏差的信號 $(Q_{set}-Q)$ ，並輸送至第二比例單元 207。第二比例單元 207 具有一比例係數 n ， n 為反映虛功率下垂特性的比例單元增益。第二比例單元 207 用於接收來自虛功率偏差產生單元的偏差信號 $(Q_{set}-Q)$ ，並根據該比例係數 n 得到第一電壓振幅控制信號 $(Q_{set}-Q)*n$ ，並輸送至第二疊加單元 208。第二疊加單元 208 用於接收並疊加該第一電壓振幅控制信號 $(Q_{set}-Q)*n$ 和電壓設定信號 V_{set} ，並輸出一反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號 E 。

【0046】 根據控制信號 E 可知，該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線 $(Q-V)$ 滿足如下關係式：

$$E = (Q_{set} - Q) n + V_{set} \quad (2)$$

【0047】 該單元電壓控制器 200 還包括電壓指令產生單元 205 和功率計算單元 209。

【0048】 功率計算單元 209 的輸入包括：反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 、反映逆變器單元輸出電壓的回

饋信號 v_o ，功率計算單元 209 的輸出包括：該反映逆變器單元實功率的信號 P 和該反映逆變器單元虛功率的信號 Q 。

【0049】 其中， $P=v_o \cdot i_o$ ，即功率計算單元 209 根據該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號 v_o 和一反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 的內積計算該反映逆變器單元實功率的信號 P 。

【0050】 其中， $Q=v_o \times i_o$ ，即功率計算單元 209 根據反映逆變器輸出電壓的回饋信號 v_o 和反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 的外積計算該反映逆變器單元虛功率的信號 Q 。

【0051】 該電壓指令產生單元 205 接收相位的控制信號 θ_e 和振幅的控制信號 E ，進而產生一反映該相位和振幅的電壓指令信號 e^* 。

【0052】 根據公式 (1)、(2) 可知，單元電壓控制器 200 將該反映實功率的指令信號 P_{set} 作為該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線 ($P-F$) 的第一偏移量，並將該反映虛功率的指令信號 Q_{set} 作為該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線 ($Q-V$) 的第二偏移量。

【0053】 單元電壓控制器 200 通過運算，根據該第一偏移量橫向平移該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線至第 4(a) 圖的曲線 (2) 處，以及根據該第二偏移量橫向平移該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線至第 4(b) 圖的曲線 (2) 處。

【0054】 則當 $P=P_{set}$ 時，反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號仍能為 ω_{set} ，當 $Q=Q_{set}$ 時，反映逆變器單元的輸出電壓振幅的控制信號仍能為 V_{set} ，進而利用該控制信號調整逆變系統的負載電壓。從而在保持下垂特性的同時，使得並聯的多個逆變器單元之間獲得有效的功率均分，同時還能保持良好的輸出電壓精度。

【0055】 在實施例二中，實施例二與實施例一的主要差別在於頻率和相位產生單元。在本實施例中，頻率和相位產生單元進一步包括濾波單元 210，其設置在第一比例單元 202 與第一疊加單元 203 之間。如第 9 圖所示為本發明的單元電壓控制器的結構示意圖。濾波單元 210 的信號傳遞函數為 $(\tau_c s + 1)/(\tau_f s + 1)$ ， $1/\tau_f$ 為濾波單元 210 的極點， $1/\tau_c$ 為濾波單元 210 的零點。當 $\tau_c = 0$ 時，該濾波單元 210 為低通濾波器。

【0056】 第一頻率控制信號 $(P_{set} - P) * m$ 被傳輸至濾波單元 210，濾波單元 210 根據該信號傳遞函數對第一頻率控制信號進行運算，進而得到一濾波信號 $(P_{set} - P) * (\tau_c s + 1)/(\tau_f s + 1)$ ，並將該濾波信號施加到第一疊加單元 203。第一疊加單元 203 接收並疊加該濾波信號 $(P_{set} - P) * (\tau_c s + 1)/(\tau_f s + 1)$ 和該頻率設定信號 ω_{set} ，並輸出一反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 。

【0057】 則該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線 (P-F) 滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) \left(\frac{\tau_c s + 1}{\tau_f s + 1} \right)^m + \omega_{set} \quad (3)$$

【0058】 可見，插入濾波單元 210 的作用是動態改變下垂特性。

【0059】 該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線 (Q-V) 滿足如下關係式：

$$E = (Q_{set} - Q) n + V_{set} \quad (4)$$

【0060】 需要指出的是，對於電壓振幅產生單元也可以插入類似的濾波單元，例如在第二比例單元 207 以及第二疊加單元 208 之間也插入該濾波單元。

【0061】 則同理，該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線 (P-F) 以及該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線 (Q-V) 分別滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) m + \omega_{set} \quad (5)$$

$$E = (Q_{set} - Q) \left(\frac{\tau_c s + 1}{\tau_f s + 1} \right)^n + V_{set} \quad (6)$$

【0062】 其中 ω 為反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， m 為反映實功率下垂特性的比例單元增益， V_{set} 為電壓振幅設定信號， Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， n 為反映虛功率下垂特性的比例單元增益， $1/\tau_f$ 為濾波單元的極點， $1/\tau_c$ 為濾波單元的零點。當 $\tau_c = 0$ 時，該濾波單元 210 為低通濾波器。

【0063】 根據公式（3）、（4）、（5）、（6）可知，單元電壓控制器 200 將該反映實功率的指令信號 P_{set} 作為該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線（P-F）的第一偏移量，並將該反映虛功率的指令信號 Q_{set} 作為該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線（Q-V）的第二偏移量。

【0064】 單元電壓控制器 200 通過運算，根據該第一偏移量橫向平移該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線至第 4(a)圖的曲線（2）處，以及根據該第二偏移量橫向平移該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線至第 4(b)圖的曲線（2）處。

【0065】 則當 $P=P_{set}$ 時，反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號仍能為 ω_{set} ，當 $Q=Q_{set}$ 時，反映逆變器單元的輸出電壓振幅的控制信號仍能為 V_{set} ，進而利用該控制信號調整逆變系統的負載電壓。從而在保持下垂特性的同時，使得並聯的多個逆變器單元之間獲得有效的功率均分，同時還能保持良好的輸出電壓精度。

【0066】 在實施例三中，單元電壓控制器 200 可採用虛擬同步機控制的單元電壓控制單元來實現。如第 10 圖所示為本發明的單元電壓控制器的結構示意圖。

【0067】 該單元電壓控制器 200 包括一頻率和相位產生單元。該頻率和相位產生單元接收一實功率設定信號 P_{set} 和一反映逆變器實功率的信號 P 以及一實功率校正信號 ΔP ，計算一反映實功率偏差的虛擬加速度信號，施加到一反

映虛擬電機轉動慣量的積分單元，並調節得到一反映逆變器輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 和相位的控制信號 θ_e 。

【0068】 具體來說，頻率和相位產生單元包括實功率偏差產生單元 301、第三積分單元 302、第四積分單元 303、第三疊加單元 304 以及第三比例單元 305。

【0069】 實功率偏差產生單元 301 用於根據實功率設定信號 P_{set} 、反映逆變器單元實功率的信號 P 和一實功率校正信號 ΔP ，計算一反映實功率偏差的信號。

【0070】 第三積分單元 302 ($1/Hs$) 用於對該反映實功率偏差的信號進行積分，得到一反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 。

【0071】 第四積分單元 303 ($1/s$) 用於對該反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 進行積分，得到相位控制信號 θ_e 。

【0072】 第三疊加單元 304 用於接收該頻率設定信號 ω_{set} 和該反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號 ω_e ，輸出一頻率控制信號。

【0073】 第三比例單元 305 具有一比例係數 m' ，用於接收該頻率控制信號，並得到該實功率校正信號 ΔP 。

【0074】 其中，根據頻率和相位產生單元的上述結構可知，該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線 ($P-F$) 滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) \times \frac{1}{\frac{H}{m'}s + 1} \times \frac{1}{m'} + \omega_{set} \quad (7)$$

【0075】 式中的 ω 就是該反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號 ω_e 。 m' 為反映實功率下垂特性的第三比例單元305的增益。反映虛擬電機轉動慣量的第三積分單元的積分增益為 $1/H$ 。

【0076】 該單元電壓控制器200還進一步包括一電壓振幅產生單元。該電壓振幅產生單元進一步包括：虛功率偏差產生單元306、第五積分單元307、第四疊加單元308以及第四比例單元309。

【0077】 虛功率偏差產生單元306用於接收反映虛功率設定信號 Q_{set} 、反映逆變器單元虛功率的信號 Q 以及一虛功率校正信號 ΔQ ，計算一反映虛功率偏差的信號。

【0078】 第五積分單元307（ $1/(Ks)$ ）用於對該反映虛功率偏差的信號進行積分，輸出該反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號 E 。

【0079】 第四疊加單元308用於接收一反映逆變器單元輸出電壓振幅的信號 V_{od} 和該電壓振幅設定信號 V_{set} ，輸出一反映電壓偏差的信號。

【0080】 第四比例單元309，具有一比例係數 D_q ，用於接收第四疊加單元308輸出的該反映電壓偏差的信號，並根據該比例係數 D_q 得到該虛功率校正信號 ΔQ 。

【0081】 其中，根據電壓振幅產生單元的上述結構可知，該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線（ $Q-V$ ）滿足如下關係式：

$$E = (Q_{\text{set}} - Q) \times \frac{1}{\frac{K}{D_q} s + 1} \times \frac{1}{D_q} + V_{\text{set}} \quad (8)$$

【0082】 其中 E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號，Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， D_q 為反映虛功率下垂特性的第四比例單元的增益，且反映虛功率偏差的信號的第五積分單元 307 的積分增益為 $1/K$ 。

【0083】 該單元電壓控制器 200 還進一步包括一振幅計算 (Mag.) 單元 310，其根據一反映逆變器輸出電壓的回饋信號 v_o 計算對應的反映逆變器單元輸出電壓振幅的信號 V_{od} 。

【0084】 該單元電壓控制器 200 還進一步包括一虛擬同步機模型計算單元 311。其用於接收該反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 、該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號 v_o 、一反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號 E、一反映逆變器單元輸出電壓相位的控制信號 θ_e ，並輸出一反映逆變器單元實功率的信號 P、一反映逆變器單元虛功率的信號 Q 以及該電壓指令信號 e^* ，其中，

【0085】 電壓指令信號 e^* 為根據該反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號 E 和反映逆變器單元輸出電壓相位的控制信號 θ_e 計算得到， $e^* = E \angle \theta_e$ 。

【0086】 反映逆變器單元實功率的信號 P 根據該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號 v_o 和反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 的內積計算得到， $P = v_o \cdot i_o$ 。

【0087】 反映逆變器單元虛功率的信號 Q 根據該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號 v_o 和反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 的外積計算得到， $Q=v_o \times i_o$ 。

【0088】 根據公式（7）、（8）可知，單元電壓控制器 200 將該反映實功率的指令信號 P_{set} 作為該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線（P-F）的第一偏移量，並將該反映虛功率的指令信號 Q_{set} 作為該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線（Q-V）的第二偏移量。

【0089】 單元電壓控制器 200 通過運算，根據該第一偏移量橫向平移該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線至第 4(a)圖的曲線（2）處，以及根據該第二偏移量橫向平移該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線至第 4(b)圖的曲線（2）處。

【0090】 則當 $P=P_{set}$ 時，反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號仍能為 ω_{set} ，當 $Q=Q_{set}$ 時，反映逆變器單元的輸出電壓振幅的控制信號仍能為 V_{set} ，進而利用該控制信號調整逆變系統的負載電壓。從而在保持下垂特性的同時，使得並聯的多個逆變器單元之間獲得有效的功率均分，同時還能保持良好的輸出電壓精度。

【0091】 以上三種實施例介紹了單元電壓控制器的實現方式，以下介紹控制裝置的三種不同結構。

【0092】 在實施例一中，控制裝置除包括系統電壓控制器 100 以及單元電壓控制器 200 之外，還包括一脈寬調變（PWM）單元 300。單元電壓控制器 200 所產生的電壓指

令信號 e^* 發送至該脈寬調變單元 300，並產生反映該電壓指令信號 e^* 的開關信號 (Switching signals)，進而利用該開關信號對逆變器單元的開關器件 (例如 IGBT, Mosfet 等) 進行控制。如第 11 圖所示為控制裝置的結構示意圖。

【0093】 在實施例二中，如第 12 圖所示為控制裝置的結構示意圖。

【0094】 該控制裝置除包括系統電壓控制器 100 以及單元電壓控制器 200 之外，還包括一電壓控制模組 400 和一脈寬調變單元 300，其中該電壓控制模組 400 用以接收該電壓指令信號 e^* 和反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號 v_o ，進行閉環控制進而產生一第二電壓指令信號 e' ，該電壓控制模組 400 的作用是使 v_o 跟隨 e^* 。該脈寬調變單元 300 用以接收該第二電壓指令信號 e' ，並產生反映該第二電壓指令信號 e' 的開關信號，藉由該開關信號對逆變器單元中的開關器件進行控制。

【0095】 在實施例三中，如第 13 圖所示為控制裝置的結構示意圖。

【0096】 該控制裝置除包括系統電壓控制器 100 以及單元電壓控制器 200 之外，還包括一電壓控制模組 400、一脈寬調變單元 300 和一信號疊加單元 500。

【0097】 其中該電壓控制模組 400 用以接收該電壓指令信號 e^* 和反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號 v_o ，並產生一第二電壓指令信號 e' 。該信號疊加單元 500 用以接收並疊加該電壓指令信號 e^* 以及該第二電壓指令信號 e' ，並產

生一第三電壓指令信號 e'' 。這樣，電壓指令信號 e^* 在 e' 上施加了一個前饋量，從而使得 v_o 跟隨 e^* 變化的更快，系統的動態回應也更快。該脈寬調變單元 300 用以接收該第三電壓指令信號 e'' ，並產生反映該第三電壓指令信號的開關信號，藉由該開關信號對逆變器單元中的開關器件進行控制。

【0098】 另外，上述的電壓控制模組 400 還可以接收一反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 並構成電流內環電壓外環的雙閉環控制，這樣可以更好的控制 v_o 跟隨 e^* 變化。

【0099】 需要指出的是，上述所述的所有實施方式中，反映逆變器單元輸出電流的回饋信號 i_o 可以是第 1 圖中所示的輸出電流 i_o ，也可以是逆變器單元的濾波器電感 L_f 上的電流 i_1 。反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號 v_o 可以是第 1 圖中所示的輸出電壓 v_o 也可以是負載電壓 V_{mg} 。

【0100】 本發明的上述實施方式使得並聯的多個逆變器單元之間獲得有效的功率均分，同時還能保持良好的輸出電壓精度。同時，還可調整輸出電壓與另一系統電壓同步，以方便系統之間的互聯，滿足並網合閘的條件。

【0101】 雖然本發明已以實施例公開如上，但其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中的技術人員，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作些許的更動與修改，故本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0102】

- 100 系統電壓控制器
- 101 偏差計算單元
- 102 反映虛擬阻抗的計算單元
- 103 功率計算單元
- 200 單元電壓控制器
- 201 實功率偏差產生單元
- 202 比例單元
- 203 疊加單元
- 204 積分單元
- 205 電壓指令產生單元
- 206 虛功率偏差產生單元
- 207 比例單元
- 208 疊加單元
- 209 功率計算單元
- 210 濾波單元
- 300 脈寬調變單元
- 301 實功率偏差產生單元
- 302 積分單元
- 303 積分單元
- 304 疊加單元
- 305 比例單元
- 306 虛功率偏差產生單元

- 307 積分單元
- 308 疊加單元
- 309 比例單元
- 310 振幅計算單元
- 311 虛擬同步機模型計算單元
- 400 電壓控制模組
- 500 信號疊加單元

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種用於逆變系統的控制方法，該逆變系統包括並聯連接的多個逆變器單元，該控制方法包括：

接收一反映負載電壓的回饋信號以及一電壓參考信號；

根據該反映負載電壓的回饋信號以及該電壓參考信號，產生一反映逆變輸出功率的指令信號，其中，該反映逆變輸出功率的指令信號包括一反映實功率的指令信號以及一反映虛功率的指令信號；

將該反映實功率的指令信號作為該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線的第一偏移量，以及將該反映虛功率的指令信號作為該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線的第二偏移量；以及

根據該第一偏移量橫向平移該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線，以及根據該第二偏移量橫向平移該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線，藉由該逆變器單元調整後的輸出電壓頻率和輸出電壓振幅以調整該逆變系統的負載電壓。

【第 2 項】如請求項 1 所述的控制方法，其中上述產生反映逆變輸出功率的指令信號的步驟進一步包括：

根據該反映負載電壓的回饋信號以及該電壓參考信號，計算一虛擬電流；

根據該反映負載電壓的回饋信號和所計算的該虛擬電

流，通過內積計算得到該反映實功率的指令信號；以及
根據該反映負載電壓的回饋信號和所計算的虛擬電
流，通過外積計算得到該反映虛功率的指令信號，

$$i_v = (V_{mg} - V_{ref}) / Z_v$$

$$P_{set} = V_{mg} \cdot i_v$$

$$Q_{set} = V_{mg} \times i_v$$

其中， P_{set} 為該反映實功率的指令信號， Q_{set} 為該
反映虛功率的指令信號， V_{mg} 為該反映負載電壓的回饋信
號， V_{ref} 為該電壓參考信號， i_v 為所計算的虛擬電流，
 Z_v 為一虛擬阻抗。

【第 3 項】如請求項 1 所述的控制方法，其中該逆變
系統的輸出耦接至電網，該電壓參考信號 V_{ref} 為電網電壓
的回饋信號。

【第 4 項】如請求項 1 所述的控制方法，其中該逆變
系統的輸出與一交流系統的輸出電性耦接，該電壓參考信
號為反映該交流系統輸出電壓的回饋信號。

【第 5 項】如請求項 2 所述的控制方法，其中該虛擬
阻抗為一虛擬電阻與一虛擬電抗的組合、一虛擬電阻或者
一虛擬電抗。

【第 6 項】如請求項 1 所述的控制方法，其中該逆變
器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線以及該逆變器單元的

虛功率-輸出電壓振幅曲線分別滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) m + \omega_{set}$$

$$E = (Q_{set} - Q) n + V_{set}$$

其中 P_{set} 為該反映實功率的指令信號， Q_{set} 為該反映虛功率的指令信號， ω 為反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， m 為反映實功率下垂特性的比例單元增益， V_{set} 為電壓振幅設定信號， Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， n 為反映虛功率下垂特性的比例單元增益。

【第 7 項】如請求項 1 所述的控制方法，其中該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線以及該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線分別滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) \left(\frac{\tau_c s + 1}{\tau_f s + 1} \right) m + \omega_{set}$$

$$E = (Q_{set} - Q) n + V_{set}$$

其中 P_{set} 為該反映實功率的指令信號， Q_{set} 為該反映虛功率的指令信號， ω 為反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， m 為反映實功率下垂特性的比例單元增益， $1/\tau_f$ 為濾波單元的極點， $1/\tau_c$ 為濾波單元的零點， V_{set} 為電壓振幅設定信號， Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， n 為

反映虛功率下垂特性的比例單元增益。

【第 8 項】如請求項 1 所述的控制方法，其中所述該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線以及該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線分別滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) m + \omega_{set}$$

$$E = (Q_{set} - Q) \left(\frac{1}{\tau_c s + 1} \right) / \left(\frac{1}{\tau_f s + 1} \right) n + V_{set}$$

其中 P_{set} 為該反映實功率的指令信號， Q_{set} 為該反映虛功率的指令信號， ω 為反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， m 為反映實功率下垂特性的比例單元增益， V_{set} 為電壓振幅設定信號， Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， n 為反映虛功率下垂特性的比例單元增益， $1/\tau_f$ 為濾波單元的極點， $1/\tau_c$ 為濾波單元的零點。

【第 9 項】如請求項 1 所述的控制方法，其中該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線以及該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線分別滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) \times \frac{1}{\frac{H}{m'} s + 1} \times \frac{1}{m'} + \omega_{set'}$$

$$E = (Q_{\text{set}} - Q) \times \frac{1}{\frac{K}{D_q} s + 1} \times \frac{1}{D_q} + V_{\text{set}}$$

其中 P_{set} 為該反映實功率的指令信號， Q_{set} 為該反映虛功率的指令信號， ω 為反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， m' 為反映實功率下垂特性的比例單元增益，反映虛擬電機轉動慣量的積分單元的積分增益為 $1/H$ ， V_{set} 為電壓振幅設定信號， Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， D_q 為反映虛功率下垂特性的比例單元增益，反映虛功率偏差的信號的積分單元的積分增益 $1/K$ 。

【第 10 項】一種用於逆變系統的控制裝置，所述逆變系統包括並聯連接的多個逆變器單元，其中該控制裝置包括：

系統電壓控制器，用於接收一反映負載電壓的回饋信號以及一電壓參考信號，並輸出一反映逆變輸出功率的指令信號，其中，該反映逆變輸出功率的指令信號包括一反映實功率的指令信號以及一反映虛功率的指令信號；

多個單元電壓控制器，與該多個逆變器單元一一對應，每一單元電壓控制器用於接收該反映實功率的指令信號、該反映虛功率的指令信號、一頻率設定信號、一電壓振幅設定信號、相應逆變器單元的反映輸出電壓的回饋信號以及反映輸出電流的回饋信號，並輸出該逆變器單元的

一電壓指令信號。

【第 11 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該單元電壓控制器將該反映實功率的指令信號作為該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線的第一偏移量，以及將該反映虛功率的指令信號作為該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線的第二偏移量，根據該第一偏移量橫向平移該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線，以及根據該第二偏移量橫向平移該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線，藉由逆變器單元調整後的輸出電壓頻率和輸出電壓振幅以調整逆變系統的負載電壓。

【第 12 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該系統電壓控制器還包括一虛擬電流計算單元，用於根據該反映負載電壓的回饋信號以及該電壓參考信號，計算虛擬電流，

$$i_v = (V_{mg} - V_{ref}) / Z_v$$

其中， V_{mg} 為該反映負載電壓的回饋信號， V_{ref} 為該電壓參考信號， i_v 為該虛擬電流， Z_v 為一虛擬阻抗。

【第 13 項】如請求項 12 所述的控制裝置，其中該系統電壓控制器還包括實功率計算單元和虛功率計算單元，

該實功率計算單元根據該反映負載電壓的回饋信號和該虛擬電流，通過內積計算得到該反映實功率的指令信號；

該虛功率計算單元根據該反映負載電壓的回饋信號和

該虛擬電流，通過外積計算得到該反映虛功率的指令信號，

$$P_{set} = V_{mg} \cdot i_v$$

$$Q_{set} = V_{mg} \times i_v$$

其中， P_{set} 為該反映實功率的指令信號， Q_{set} 為該反映虛功率的指令信號， V_{mg} 為該反映負載電壓的回饋信號， i_v 為所計算的虛擬電流。

【第 14 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該電壓參考信號為電網電壓的回饋信號。

【第 15 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該逆變系統的輸出與一交流系統的輸出電性耦接，該電壓參考信號為反映該交流系統輸出電壓的回饋信號。

【第 16 項】如請求項 12 所述的控制裝置，其中該虛擬阻抗為一虛擬電阻與一虛擬電抗的組合、一虛擬電阻或者一虛擬電抗。

【第 17 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該單元電壓控制器包括：

一實功率偏差產生單元，用於根據該實功率設定信號和一反映逆變器單元實功率的信號，計算一反映實功率偏差的偏差信號；

一第一比例單元，具有一比例係數，用於接收來自實

功率偏差產生單元的偏差信號，根據該比例係數得到第一頻率控制信號；

一第一疊加單元，用於接收該第一頻率控制信號和該頻率設定信號，並輸出一反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號；

一第一積分單元，用於對該反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號進行積分，從而得到相位控制信號；

其中，該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) m + \omega_{set},$$

其中 P_{set} 為該反映實功率的指令信號， ω 為反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， m 為反映實功率下垂特性的比例單元增益。

【第 18 項】如請求項 17 所述的控制裝置，其中該單元電壓控制器還包括一濾波單元，與該第一比例單元串聯連接，則該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{set} - P) \left(\frac{\tau_c s + 1}{\tau_f s + 1} \right) m + \omega_{set}$$

其中 P_{set} 為該反映實功率的指令信號， ω 為反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， m 為反映實功率下垂

特性的比例單元增益，該濾波單元的信號傳遞函數為 $((\tau_c s + 1)/(\tau_f s + 1))$ ， $1/\tau_f$ 為濾波單元的極點， $1/\tau_c$ 為濾波單元的零點。

【第 19 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該單元電壓控制器包括：

一虛功率偏差產生單元，用於接收一反映虛功率設定信號和一反映逆變器單元虛功率的信號，計算一反映虛功率偏差的信號；

一第二比例單元，具有一比例係數，用於接收來自虛功率偏差產生單元的偏差信號，得到第一電壓振幅控制信號；

一第二疊加單元，用於接收該第一電壓振幅控制信號和該電壓振幅設定信號，並輸出一反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號；

其中，該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線滿足如下關係式：

$$E = (Q_{set} - Q) n + V_{set},$$

其中，E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， Q_{set} 為反映虛功率設定信號， V_{set} 為電壓振幅設定信號，Q 為反映逆變器單元虛功率的信號，n 為反映虛功率下垂特性的比例單元增益。

【第 20 項】如請求項 19 所述的控制裝置，其中該單

元電壓控制器還包括一濾波單元，與該第二比例單元串聯連接，則該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線（ $Q-V$ ）分別滿足如下關係式：

$$E = (Q_{set} - Q) \left(\frac{\tau_c s + 1}{\tau_f s + 1} \right)^n + V_{set}$$

其中 Q_{set} 為該反映虛功率的指令信號， V_{set} 為電壓振幅設定信號， Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， n 為反映虛功率下垂特性的比例單元增益，該濾波單元的信號傳遞函數為 $\left(\frac{\tau_c s + 1}{\tau_f s + 1} \right)$ ， $1/\tau_f$ 為濾波單元的極點， $1/\tau_c$ 為濾波單元的零點。

【第 21 項】如請求項 18 或 20 所述的控制裝置，其中該濾波單元為低通濾波器。

【第 22 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該單元電壓控制器包括：

一實功率偏差產生單元，用於根據一實功率設定信號、一反映逆變器單元實功率的信號和一實功率校正信號，計算一反映實功率偏差的信號；

一第三積分單元，用於對該反映實功率偏差的信號進行積分，得到一反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號；

一第四積分單元，用於對該反映逆變器單元的輸出電

壓頻率的控制信號 進行積分，得到相位控制信號；

一第三疊加單元，用於接收該頻率設定信號和該反映逆變器單元輸出電壓頻率的控制信號，輸出一頻率控制信號；以及

一第三比例單元，具有一比例係數，用於接收該頻率控制信號，並得到該實功率校正信號，

其中，該逆變器單元的實功率-輸出電壓頻率曲線滿足如下關係式：

$$\omega = (P_{\text{set}} - P) \times \frac{1}{\frac{H}{m'}s + 1} \times \frac{1}{m'} + \omega_{\text{set}}$$

其中 P_{set} 為該反映實功率的指令信號， P 為反映逆變器單元實功率的信號， ω_{set} 為頻率設定信號， ω 為反映逆變器單元的輸出電壓頻率的控制信號， m' 為反映實功率下垂特性的第三比例單元的增益，反映虛擬電機轉動慣量的第三積分單元的積分增益為 $1/H$ 。

【第 23 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該單元電壓控制器包括：

一虛功率偏差產生單元，用於接收一反映虛功率設定信號、一反映逆變器單元虛功率的信號以及一虛功率校正信號，計算一反映虛功率偏差的信號；

一第五積分單元，用於對該反映虛功率偏差的信號進行積分，輸出該反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號，

一第四疊加單元，用於接收一反映逆變器單元輸出電

壓振幅的信號和該電壓振幅設定信號，輸出一反映電壓偏差的信號；以及

一第四比例單元，具有一比例係數，用於接收該反映電壓偏差的信號，並得到該虛功率校正信號，

其中，該逆變器單元的虛功率-輸出電壓振幅曲線滿足如下關係式：

$$E = (Q_{\text{set}} - Q) \times \frac{1}{\frac{K}{D_q} s + 1} \times \frac{1}{D_q} + V_{\text{set}}$$

其中 Q_{set} 為反映虛功率設定信號， V_{set} 為電壓振幅設定信號， E 為反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， Q 為反映逆變器單元虛功率的信號， D_q 為反映虛功率下垂特性的第四比例單元的增益，且反映虛功率偏差的信號的第五積分單元的積分增益為 $1/K$ 。

【第 24 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該單元電壓控制器包括一虛擬同步機模型計算單元，用於接收該反映逆變器單元輸出電流的回饋信號、該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號、一反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號、一反映逆變器單元輸出電壓相位的控制信號，並輸出一反映逆變器單元實功率的信號、一反映逆變器單元虛功率的信號以及該電壓指令信號，其中，

該電壓指令信號根據該反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號和反映逆變器單元輸出電壓相位的控制信號計算得到，

$$e^* = E \angle \theta_e$$

其中 e^* 為該電壓指令信號， E 為該反映逆變器單元輸出電壓振幅的控制信號， θ_e 為該反映逆變器單元輸出電壓相位的控制信號；

該反映逆變器單元實功率的信號根據該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號和該反映逆變器單元輸出電流的回饋信號的內積計算得到，該反映逆變器單元虛功率的信號根據該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號和該反映逆變器單元輸出電流的回饋信號的外積計算得到，

$$P = v_o \cdot i_o$$

$$Q = v_o \times i_o$$

其中 P 為該反映逆變器單元實功率的信號， Q 為該反映逆變器單元虛功率的信號， v_o 為該反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號， i_o 為該反映逆變器單元輸出電流的回饋信號。

【第 25 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該控制裝置還包括一脈寬調變單元，用以接收該電壓指令信號，並產生反映該電壓指令信號的開關信號，藉由該開關信號對逆變器單元中的開關器件進行控制。

【第 26 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該控制裝置還包括一電壓控制模組和一脈寬調變單元；

其中該電壓控制模組用以接收該電壓指令信號和反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號，並產生一第二電壓指令

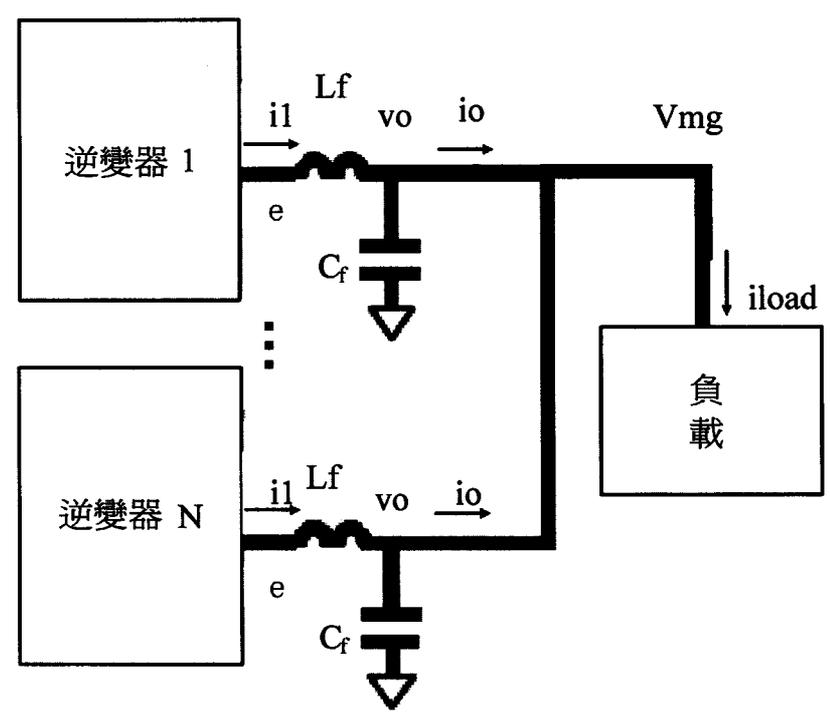
信號；該脈寬調變單元用以接收該第二電壓指令信號，並產生反映該第二電壓指令信號的開關信號，藉由該開關信號對逆變器單元中的開關器件進行控制。

【第 27 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該控制裝置還包括一電壓控制模組、一脈寬調變單元和一信號疊加單元；

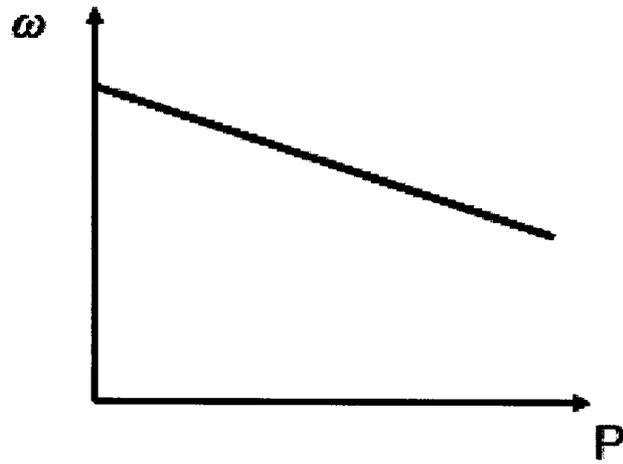
其中該電壓控制模組用以接收該電壓指令信號和反映逆變器單元輸出電壓的回饋信號，並產生一第二電壓指令信號；該信號疊加單元用以接收該電壓指令信號以及該第二電壓指令信號，並產生一第三電壓指令信號；該脈寬調變單元用以接收該第三電壓指令信號，並產生反映該第三電壓指令信號的開關信號，藉由該開關信號對逆變器單元中的開關器件進行控制。

【第 28 項】如請求項 10 所述的控制裝置，其中該控制裝置適用於三相逆變系統或單相逆變系統。

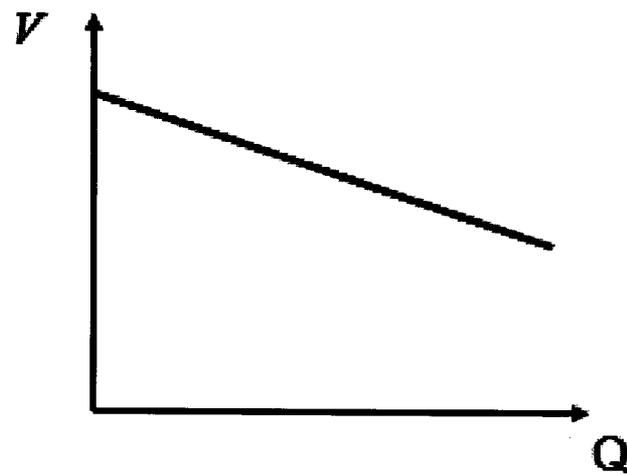
圖式



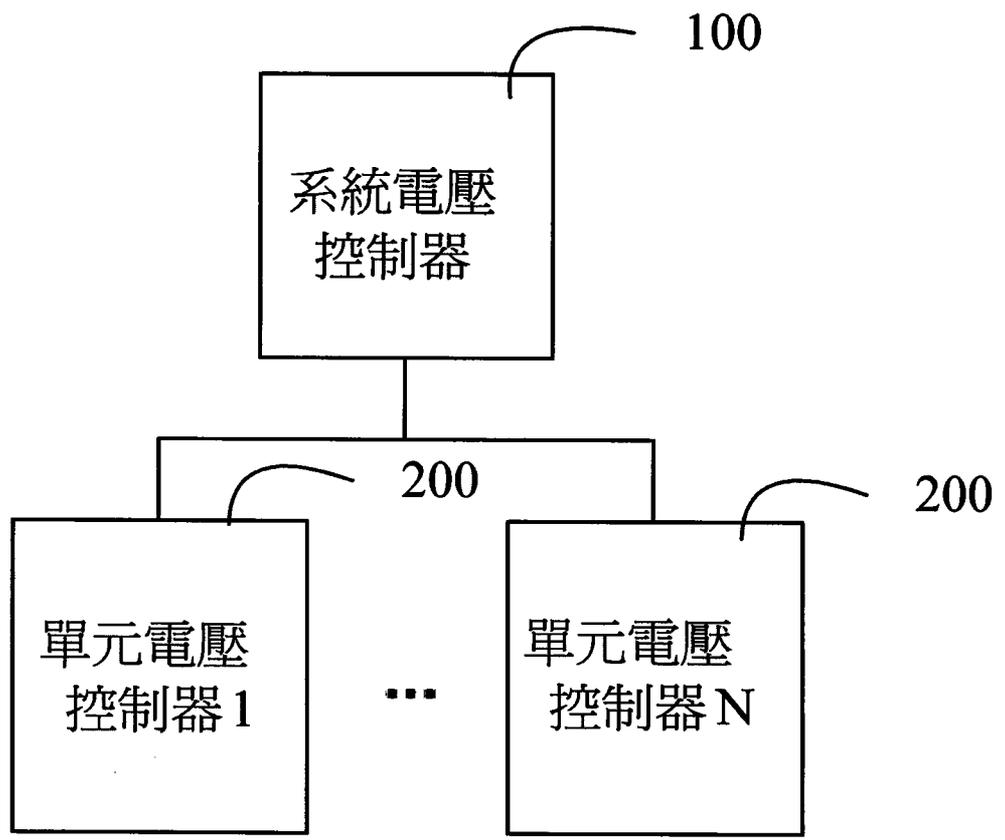
第1圖



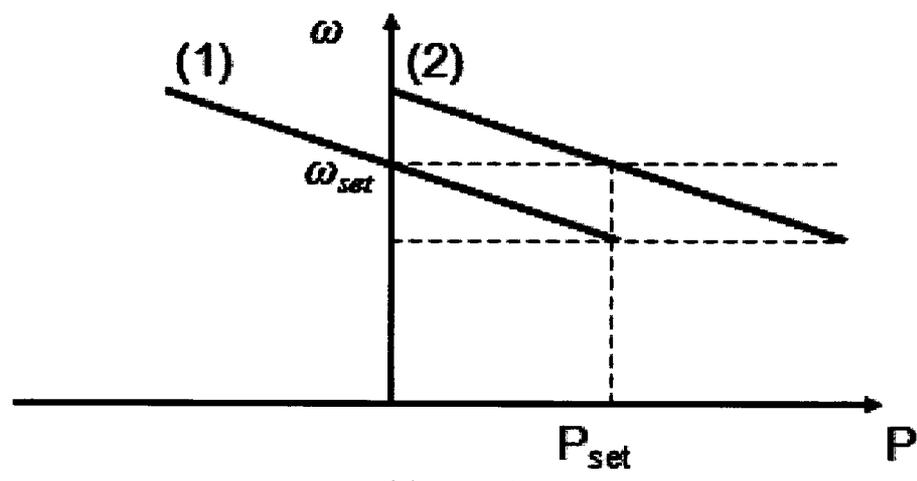
第2(a)圖



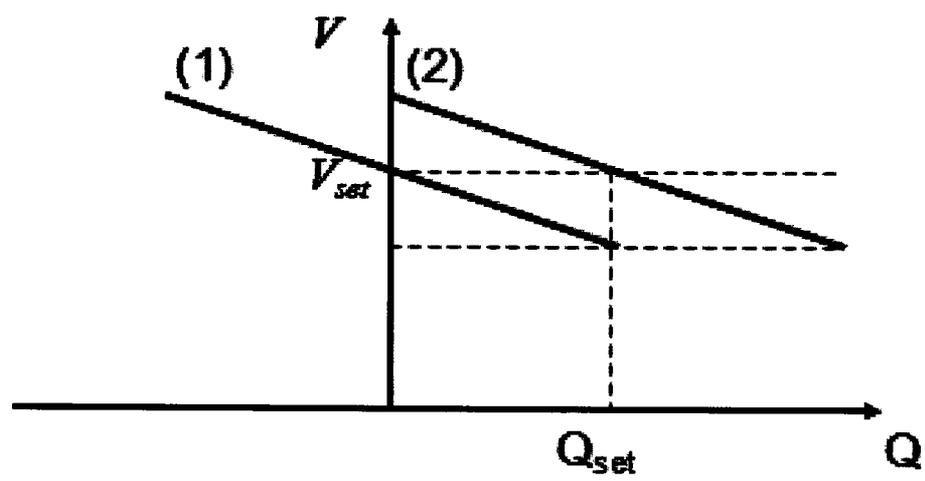
第2(b)圖



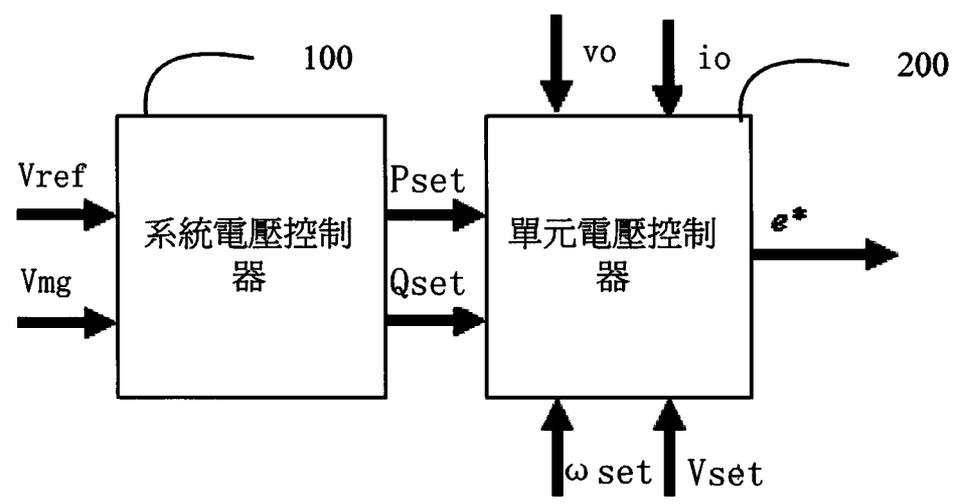
第3圖



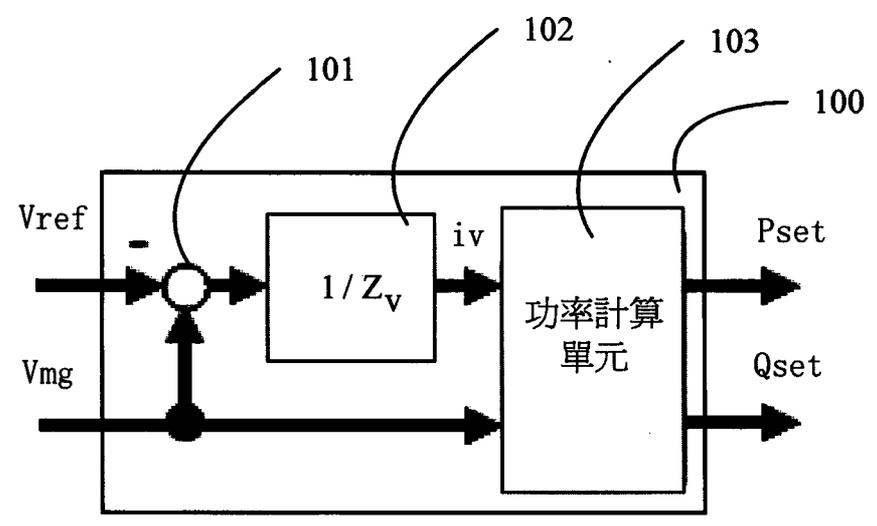
第4(a)圖



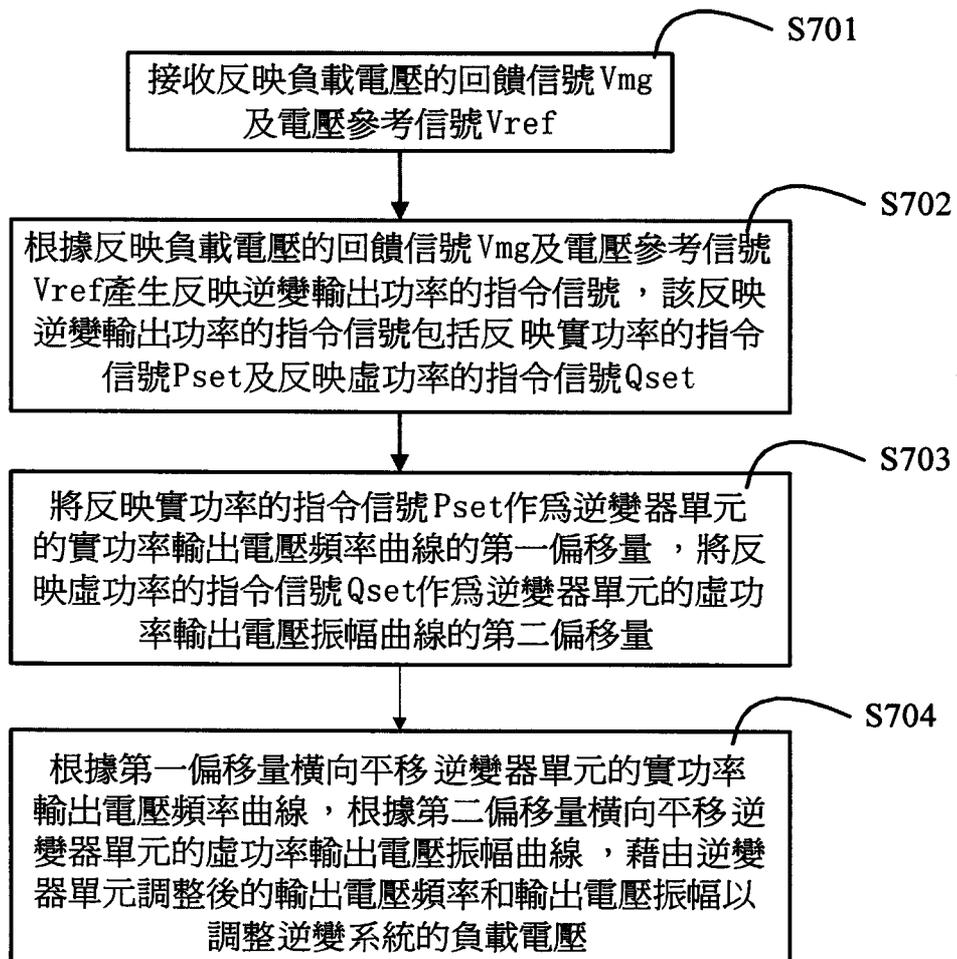
第4(b)圖



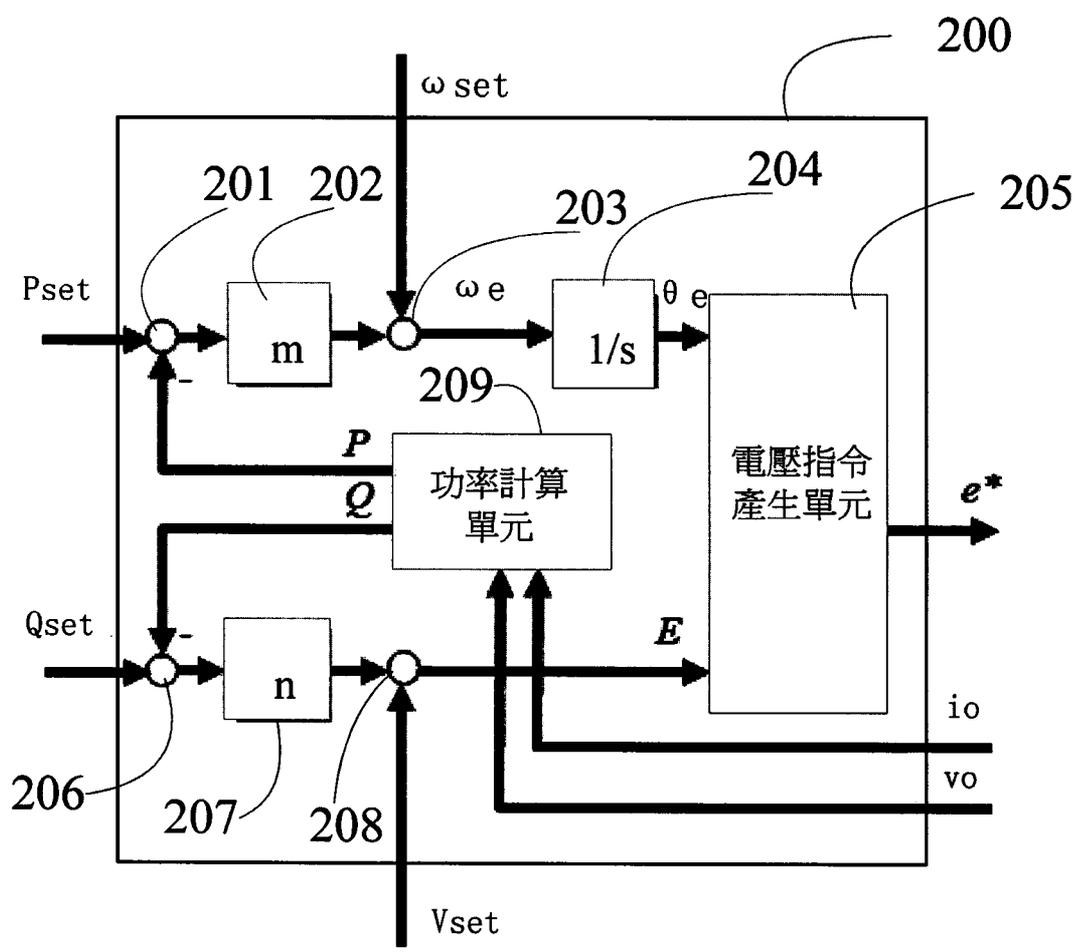
第5圖



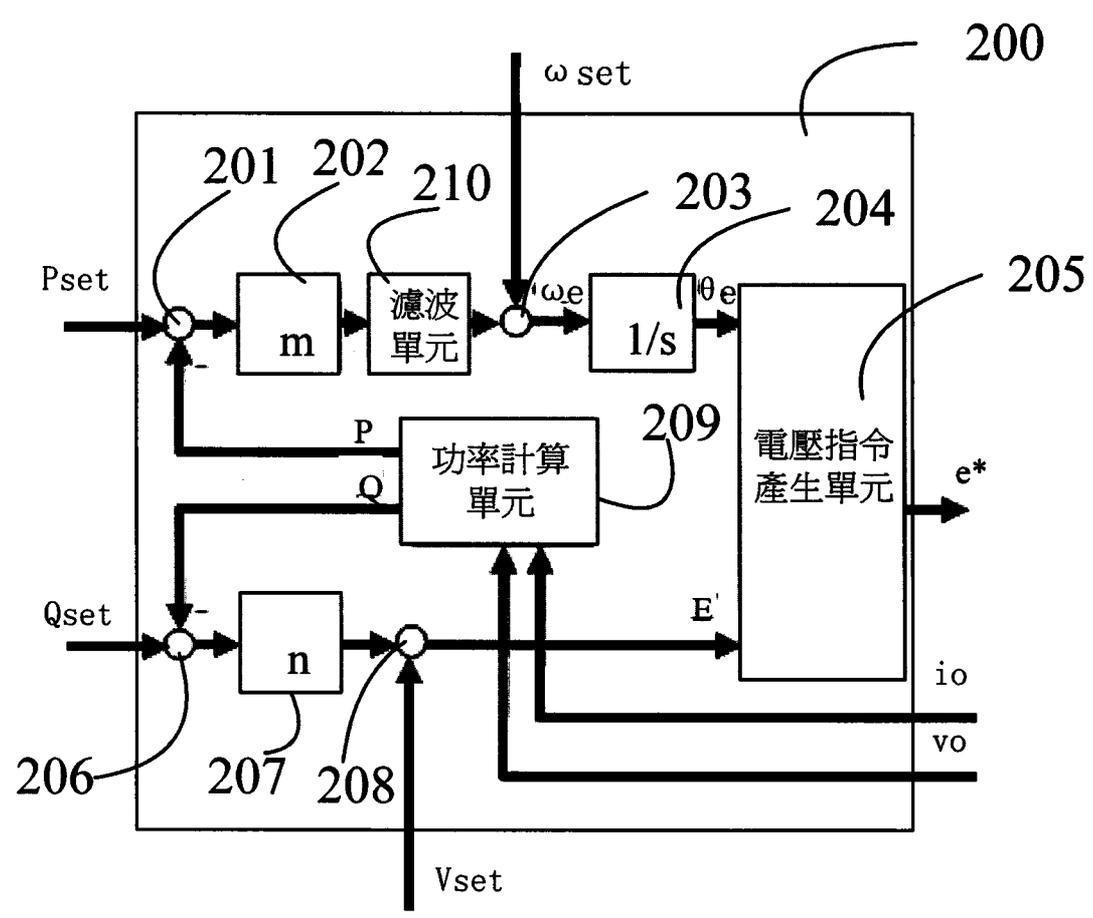
第6圖



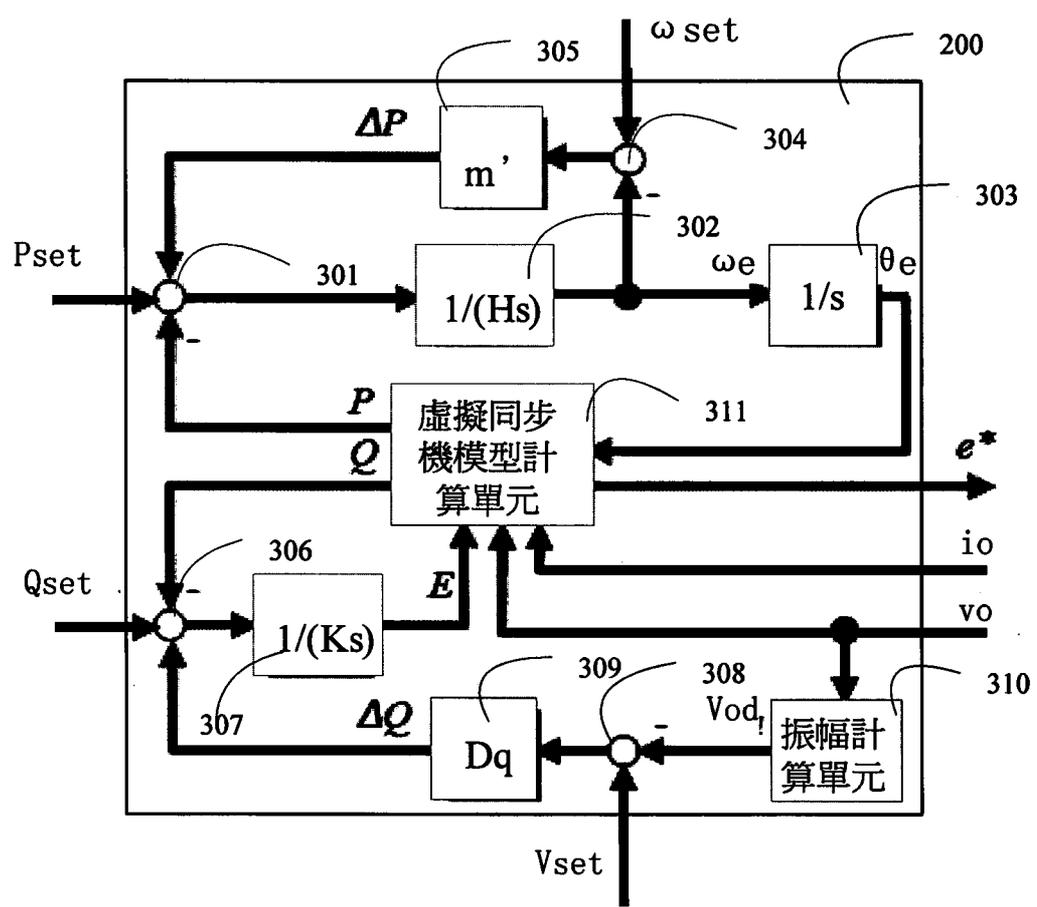
第7圖



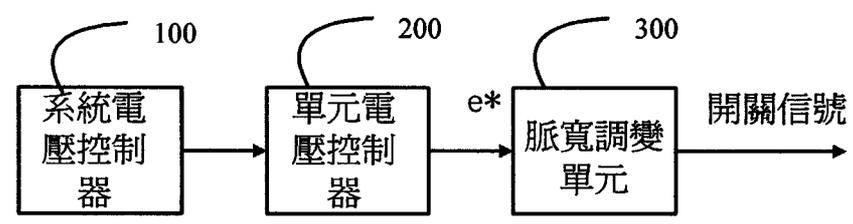
第8圖



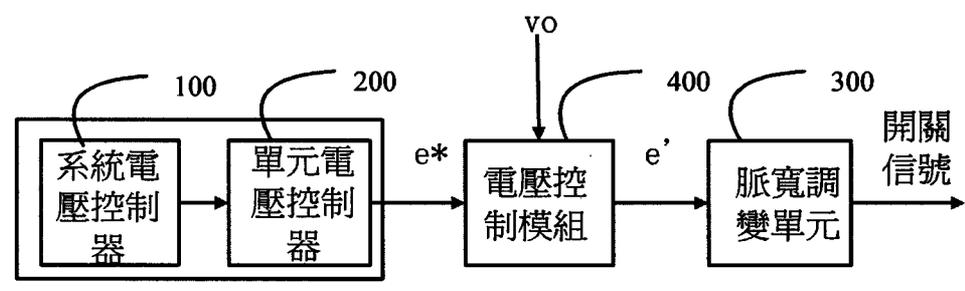
第9圖



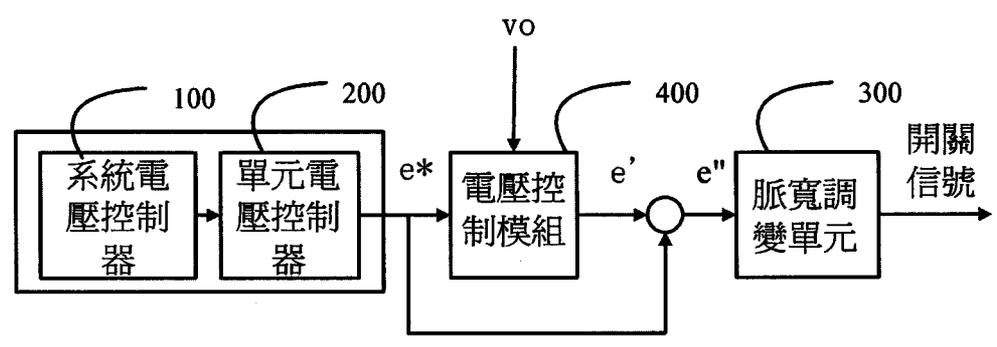
第10圖



第11圖



第12圖



第13圖