



(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 I461882 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 21 日

(21) 申請案號：101134192

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 18 日

(51) Int. Cl. : G05F1/67 (2006.01)

(71) 申請人：國立臺灣大學 (中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY (TW)

臺北市大安區羅斯福路 4 段 1 號

(72) 發明人：江昭皚 JIANG, JOE AIR (TW)；王人正 WANG, JEN CHENG (TW)；蘇益立 SU, YU LI (TW)；郭昆璋 KUO, KUN CHANG (TW)；謝志誠 SHIEH, JYH CHERNG (TW)

(74) 代理人：馬靜如

(56) 參考文獻：

TW 201003099A

TW 201014150A

CN 101849293A

US 2011/0282514A1

US 2012/0215372A1

審查人員：曾錦豐

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：2 共 26 頁

(54) 名稱

太陽能模組系統之多點直接預測最大功率點追蹤方法及太陽能模組陣列之控制裝置

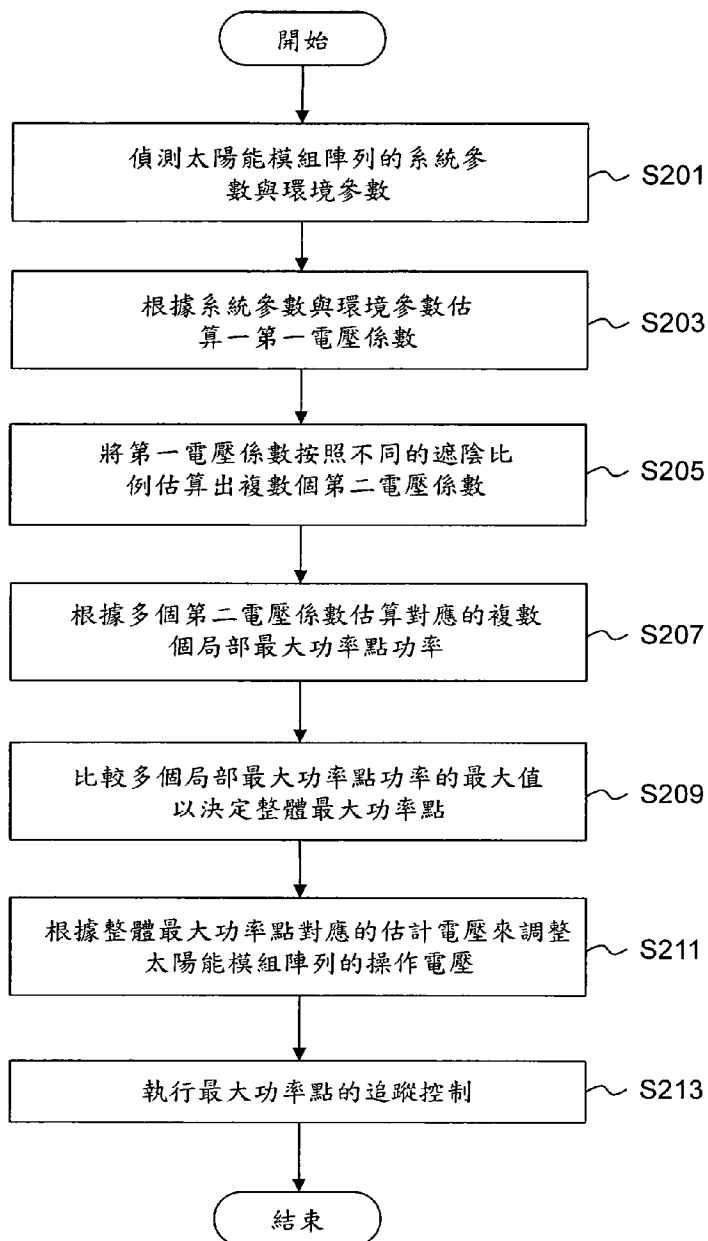
MULTIPOINT DIRECT-PREDICTION METHOD FOR MAXIMUM POWER POINT TRACKING OF PHOTOVOLTAIC MODULES SYSTEM AND CONTROL DEVICE OF PHOTOVOLTAIC MODULES ARRAY

(57) 摘要

本發明提供一種太陽能模組系統的最大功率點預測方法，包括：偵測一太陽能模組陣列的系統參數與環境參數；根據該系統參數與該環境參數估算該太陽能模組陣列包含的每一個太陽能模組的一第一電壓係數；將該第一電壓係數按照不同的遮陰比例估算出複數個第二電壓係數；根據該些第二電壓係數估算對應的複數個局部最大功率點功率；以及比較該些局部最大功率點功率的最大值以決定該太陽能模組陣列的一整體最大功率點。

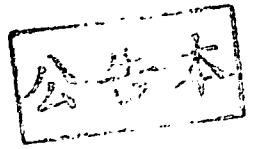
A maximum power point prediction method of a photovoltaic modules system is disclosed. The method comprises detecting a system parameter and a surrounding parameter of the photovoltaic modules, estimating a first voltage coefficient of each photovoltaic module according to the system parameter and the surrounding parameter, estimating the several second voltage coefficients from different shaded percent of the first voltage coefficient, estimating the several powers corresponding the several local maximum power points, and determining a global maximum power point of the photovoltaic modules by comparing the powers of the local maximum power points.

S201~S213 . . . 太陽能模組系統的最大功率點預測方法的步驟



第2C圖

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：101134192

※ 申請日：101. 9. 18 ※IPC分類：6.5F 1/16 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

太陽能模組系統之多點直接預測最大功率點追蹤方法及太陽能模組陣列之控制裝置

MULTIPOINT DIRECT-PREDICTION METHOD FOR
MAXIMUM POWER POINT TRACKING OF
PHOTOVOLTAIC MODULES SYSTEM AND CONTROL
DEVICE OF PHOTOVOLTAIC MODULES ARRAY

二、中文發明摘要：

本發明提供一種太陽能模組系統的最大功率點預測方法，包括：偵測一太陽能模組陣列的系統參數與環境參數；根據該系統參數與該環境參數估算該太陽能模組陣列包含的每一個太陽能模組的一第一電壓係數；將該第一電壓係數按照不同的遮陰比例估算出複數個第二電壓係數；根據該些第二電壓係數估算對應的複數個局部最大功率點功率；以及比較該些局部最大功率點功率的最大值以決定該太陽能模組陣列的一整體最大功率點。

三、英文發明摘要：

A maximum power point prediction method of a photovoltaic modules system is disclosed. The method comprises detecting a system parameter and a surrounding parameter of the photovoltaic modules, estimating a first voltage coefficient of each photovoltaic

module according to the system parameter and the surrounding parameter, estimating the several second voltage coefficients from different shaded percent of the first voltage coefficient, estimating the several powers corresponding the several local maximum power points, and determining a global maximum power point of the photovoltaic modules by comparing the powers of the local maximum power points.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2C)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S201~S213：太陽能模組系統的最大功率點預測方法的步驟

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】

本發明係有關於一種太陽能模組系統的最大功率點追蹤方法，尤指關於在部分遮陰下可多點直接預測最大功率點追蹤方法。

【先前技術】

由於能源的短缺與環境變遷，太陽能電池、風力發電及燃料電池等再生能源技術近年來已獲得高度的重視並逐漸發展開來，尤其是太陽能電池最為重要。

習知太陽能電池模組系統中的太陽能模組的等效電路如第 1A 圖所示，其功率電壓-電流特性曲線如第 1B 圖所示。太陽能模組 10 包括一光電流源 11、一二極體 12、一串聯電阻 13、一並聯電阻 14。在第 1A 圖中， I_g 代表太陽能模組 10 受到受到能量為 $h\nu$ 的光照射而產生的光電流。 I_{pv} 代表太陽能模組 10 的輸出電流。 V_{pv} 代表太陽能模組 10 的輸出電壓。 R_s 代表串聯電阻 13 的串聯電阻值，其是由太陽能模組 10 的製程技術所決定，可由太陽能製造商所提供的太陽能模組 10 的規格中得知。 R_{sh} 代表並聯電阻 14 的並聯電阻值。 I_d 代表通過二極體 12 的二極體電流。 I_{sh} 代表通過並聯電阻 14 的並聯電流。 V_d 代表二極體電壓。

根據柯希荷夫電流定理(KCL)與希荷夫電壓定理(KVL)可知，太陽能模組 10 的輸出電流 I_{pv} 與二極體電壓 V_d 分別以式子(1)、(2)表示：

$$I_{pv} = I_g - I_d - I_{sh} = I_g - I_d - \frac{V_d}{R_{sh}} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_d = V_{pv} + R_s I_{pv} \dots\dots\dots(2)$$

又根據 PN 二極體 12 的特性，二極體電流 I_d 與二極體電壓 V_d 的關係可以式子(3)表示：

$$I_d = I_{sat} \left\{ \exp\left[\frac{qV_d}{nkT}\right] - 1 \right\} \dots\dots\dots(3)$$

在式子(3)中， I_{sat} 代表二極體 12 的逆向飽和電流， q 代表電子帶電量 1.602×10^{-19} 庫倫， n 代表二極體的理想因子，其值介於 1~2 之間， k 代表波茲曼常數 8.62×10^{-5} eV/K， T 代表環境的絕對溫度。將式子(2)、(3)帶入式子(1)可得到輸出電流 I_{pv} 如式子(4)：

$$I_{pv} = I_g - I_{sat} \left\{ \exp\left[\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{nkT}\right] - 1 \right\} - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}} \dots\dots\dots(4)$$

實際上，並聯電阻值 R_{sh} 非常大，因此式子(4)可化簡為式子(5)：

$$I_{pv} = I_g - I_{sat} \left\{ \exp\left[\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{nkT}\right] - 1 \right\} \dots\dots\dots(5)$$

因此，由輸出電流 I_{pv} 與輸出電壓 V_{pv} 可得到太陽能模組 10 的輸出功率 $P_{pv} = V_{pv} \times I_{pv}$ 。由第 1B 圖中可知最大功率點 P 在輸出功率 P_{pv} 的曲線 C1 上的切線斜率等於零的地方。切線斜率定

義為 $\beta = \frac{dP_{pv}}{dV_{pv}} = I_{pv} + \frac{dI_{pv}}{dV_{pv}} \times V_{pv}$ ，由式子(5)可得到斜率 β 如式子(6)：

$$\beta = I_g - I_{sat} \left\{ \exp\left[\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{nkT}\right] - 1 \right\} - \frac{qI_{sat}}{nkT} \exp\left[\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{nkT}\right] \left(1 + \frac{dI_{pv}}{dV_{pv}} \times R_s\right) V_{pv} \quad (6)$$

為了估算最大功率點功率 P_{max} ，令 $\beta = 0$ ，且 V_{mp} 代表接近最大功率點 P 的估算電壓， I_{mp} 代表接近最大功率點 P 的估算電流，則式子(6)可化簡為式子(7)：

$$\frac{I_g + I_{sat}}{I_{sat}} = \exp\left[\frac{q(V_{mp} + R_s I_{mp})}{nkT}\right] \left(1 + \frac{qV_{mp}}{nkT} + \frac{qV_{mp} R_s}{nkT} \frac{dI_{pv}}{dV_{pv}} \Big|_{V_{pv}=V_{mp}}\right) \dots\dots\dots(7)$$

當太陽能模組處於開路狀態時，輸出電流 $I_{pv}=0$ ，則由式子(5)可得到式子(8)：

$$\frac{I_g + I_{sat}}{I_{sat}} = \exp\left[\frac{qV_{oc}}{nkT}\right] \dots\dots\dots(8)$$

一般而言，太陽能模組 10 的規格包含其開路電壓 V_{oc} 、短路電流 I_{sc} ，其是在特定溫度與日照度下所量測得到。由式子(7)、(8)可得到估計電壓 V_{mp} 與開路電壓 V_{oc} 的關係如式子(9)：

$$\left(1 + \frac{qV_{mp}}{nkT} + \frac{qV_{mp}R_s}{nkT} \frac{dI_{pv}}{dV_{pv}} \Big|_{V_{pv}=V_{mp}}\right) = \exp\left[\frac{q(V_{oc} - R_s I_{mp} - V_{mp})}{nkT}\right] \dots\dots\dots(9)$$

當太陽能模組 10 耦接一直流轉交流轉換器時，則太陽能模組 10 的輸出功率經由直流轉交流轉換器而輸出一交流功率，經由量測可得到該交流功率的有效線功率 P_s 可表示為式子(10)：

$$P_s = V_s \times I_s \times \cos\theta = V_s \times I_T \dots\dots\dots(10)$$

其中 V_s 為線電壓的均方根值。 I_s 為線電流的均方根值。 θ 為線電壓向量與線電流向量之間的夾角。 I_T 為線電流值。

另一方面，太陽能模組 10 的輸出功率 $P_{pv} = V_{pv} \times I_{pv}$ ，其為一直流輸出功率。根據能量不滅定律，功率轉換時會有一些能量以熱能的形式發散掉，因此輸出功率 P_{pv} 與交流功率的有效線功率 P_s 之間的關係可透過轉換效率 η 來表示為式子(11)、(12)：

$$\eta P_{pv} = P_s \dots\dots\dots(11)$$

$$\eta V_{pv} \times I_{pv} = V_s \times I_T \dots\dots\dots(12)$$

太陽能模組 10 的輸出電流 I_{pv} 可表示為式子(13)：

$$I_{pv} = \frac{V_s \times I_T}{\eta V_{pv}} \dots\dots\dots(13)$$

如此估計電流 I_{mp} 可由估計電壓 V_{mp} 代入式子(13)得到，即

$$I_{mp} = I_{pv} \Big|_{V_{pv}=V_{mp}} = \frac{V_s \times I_T}{\eta V_{mp}} \text{。此外，} \frac{dI_{pv}}{dV_{pv}} \Big|_{V_{pv}=V_{mp}} = -\frac{V_s \times I_T}{\eta V_{mp}^2} \text{，則式子(9)可表示}$$

為式子(14)：

$$1 + \frac{qV_{mp}}{nkT} - \frac{q}{nkT} \left(\frac{V_s \times I_T}{\eta V_{mp}} \right) R_s = \exp \left[\frac{q}{nkT} (V_{oc} - R_s \frac{V_s \times I_T}{\eta V_{mp}} - V_{mp}) \right] \dots\dots\dots(14)$$

式子(14)中除了估計電壓 V_{mp} 為變數之外，其他參數皆可以透過量測或太陽能模組 10 製造廠商給定的規格得知。為了解出估計電壓 V_{mp} ，假設估計電壓 V_{mp} 為開路電壓 V_{oc} 的倍數，即 $V_{mp} = m_{vk} V_{oc}$ ，其中 m_{vk} 代表電壓係數。同時，假設估計電流 I_{mp} 為短路電流 I_{sc} 的倍數，即 $I_{mp} = m_{lk} I_{sc}$ ，其中 m_{lk} 代表電流係數。將 $V_{mp} = m_{vk} V_{oc}$ 代入式子(14)可得到式子(15)：

$$1 + \frac{qm_{vk}V_{oc}}{nkT} - \frac{q}{nkT} \left(\frac{V_s \times I_T}{\eta m_{vk} V_{oc}} \right) R_s = \exp \left[\frac{q}{nkT} (V_{oc} - R_s \frac{V_s \times I_T}{\eta m_{vk} V_{oc}} - m_{vk} V_{oc}) \right] \dots\dots\dots(15)$$

藉此，可由式子(15)計算出 m_{vk} ，且將開路電壓 V_{oc} 乘以電壓係數 m_{vk} 來計算出理想中太陽能電池的最大功率輸出時的估計電壓 V_{mp} ，估計電流 I_{mp} 可透過估計電壓 V_{mp} 代入式子(13)算出，還可估算出最大功率點功率 P_{max} 以及電流係數 m_{lk} 。

然而，電壓係數 m_{vk} 與電流係數 m_{lk} 為經驗值，並不會隨日照強度與環境溫度的變化而改變，所以算出來的最大功率點功率 P_{max} 並不會隨日照強度與環境溫度的變化而有精確地對應的改變。因此上述的方法必須再輔以擾動觀察法做調整。傳統的擾動觀察法會在最大功率點的左右震盪，而造成能量損失並降低太陽能模組的轉換效率。

值得注意的是，太陽能模組的特性與效能深受環境參數影響，包括溫度、非均勻的日照強度以及遮陰(solar shading)等。其中遮陰可能是落葉或灰塵等遮蔽物造成，至於日照度的改變

將影響太陽能模組的輸出電流，而溫度將影響太陽能模組的輸出電壓。因此，當日照度減少且環境溫度上升時，太陽能模組的功率將下降。

因此，針對有部分遮陰的條件下，在擾動觀察法之前，必須提供一種快速地並準確地追蹤實際最大功率點的方法。

【發明內容】

有鑑於先前技術之缺點，本發明之一目的係在提供一種太陽能模組系統的最大功率點預測方法，可快速地並準確地追蹤實際最大功率點。

依據本發明的一實施例，太陽能模組系統的最大功率點預測方法，包括：偵測一太陽能模組陣列的系統參數與環境參數；根據該系統參數與該環境參數估算該太陽能模組陣列包含的每一個太陽能模組的一第一電壓係數；將該第一電壓係數按照不同的遮陰比例估算出複數個第二電壓係數；根據該些第二電壓係數估算對應的複數個局部最大功率點功率；以及比較該些局部最大功率點功率的最大值以決定該太陽能模組陣列的一整體最大功率點。

依據本發明的另一實施例，提供一種預測太陽能模組陣列的最大功率點的控制裝置，該控制裝置耦接於一太陽能模組陣列與一電源轉換器之間，該控制裝置包括：一參數偵測單元、以及一微控制單元，參數偵測單元耦接於該太陽能模組陣列，該參數偵測單元用以偵測該太陽能模組陣列的系統參數與環境參數；微控制單元耦接於該參數偵測單元與該電源轉換器之間，該微控制單元根據該系統參數與該環境參數估算出該太陽

能模組陣列包含的複數個太陽能模組的一第一電壓係數，將該第一電壓係數按照不同的遮陰比例估算出複數個第二電壓係數，根據該些第二電壓係數估算對應的複數個局部最大功率點功率，以及比較該些局部最大功率點功率的最大值以決定該太陽能模組陣列的一整體最大功率點。

是故，由上述可以得知，本發明的太陽能模組陣列執行的最大功率點預測方法與其控制裝置可藉由各別太陽能模組的一第一電壓係數並根據不同的遮陰比例估算出複數個第二電壓係數，再根據該些第二電壓係數估算對應的複數個局部最大功率點功率，藉由比較該些局部最大功率點功率的最大值以決定該太陽能模組陣列的一最大功率點，以快速且準確地追蹤到該太陽能模組陣列的整體最大功率點。

【實施方式】

為進一步說明各實施例，本發明乃提供有圖式。此些圖式乃為本發明揭露內容之一部分，其主要係用以說明實施例，並可配合說明書之相關描述來解釋實施例的運作原理。配合參考這些內容，本領域具有通常知識者應能理解其他可能的實施方式以及本發明之優點。圖中的元件並未按比例繪製，而類似的元件符號通常用來表示類似的元件。

首先，請參考第 2A 圖，第 2A 圖顯示本發明太陽能模組系統的一實施例之方塊圖。如第 2A 所示，太陽能模組系統 2 包括一太陽能模組陣列 20、一電源轉換器 22、一控制裝置 24 及一供電網路 26。其中電源轉換器 22 耦接於太陽能模組陣列

20 與供電網路 26 之間。控制裝置 24 耦接於電源轉換器 22 與太陽能模組陣列 20 之間。

根據一實施例，太陽能模組陣列 20 可包括複數個如第 1A 圖所示的太陽能模組，多個太陽能模組彼此可以是完全相同的 (identical)，且可彼此串聯或並聯。電源轉換器 22 可包括一直流轉直流轉換單元 221 及一直流轉交流轉換單元 223，其中直流轉直流轉換單元 221 耦接於太陽能模組陣列 20 與直流轉交流轉換單元 223 之間，直流轉交流轉換單元 223 耦接於供電網路 26。控制裝置 24 可包括一參數偵測單元 241 及一微控制單元 243，其中參數偵測單元 241 耦接於太陽能模組陣列 20 與微控制單元 243 之間，微控制單元 243 耦接於直流轉交流轉換單元 223。

當太陽能模組陣列 20 在部分遮陰下時，其功率電壓曲線如第 2B 圖所示，具有多個局部最大功率點 (maximum power points, MPPs)，例如第一局部最大功率點 A 與第二局部最大功率點 B。本實施例的技術特徵主要是利用單一太陽能模組的追蹤最大功率點追蹤方法，來假設太陽能模組陣列 20 中的多個太陽能模組在有部分遮陰的條件下，多個局部最大功率點 A、B 分別可由單一太陽能模組在沒有遮陰下的最大功率點估算得到，特別是根據每一個局部最大功率點的遮陰程度而計算得到。

更具體地來說，太陽能模組陣列 20 包括的多個太陽能模組彼此互相串聯，經由參數偵測單元 241 偵測系統參數與環境參數，系統參數包括多個太陽能模組的個數 N 、太陽能模組陣列 20 的開路電壓 V'_{oc} 、轉換效率 η' 、有效線功率 P'_s 、串聯電

阻值 R'_s ，然不限於此。環境參數包括環境溫度 T 、日照度 W (illumination intensity)、遮陰個數 n_{shade} ，然不限於此。由於多個太陽能模組彼此是相同的，因此經由微控制單元 243 將系統參數中的開路電壓 V'_{oc} 、轉換效率 η' 、有效線功率 P'_s 、串聯電阻值 R'_s 除以 N 後得到單一太陽能模組的參數：開路電壓 V_{oc} 、轉換效率 η 、有效線功率 P_s 、串聯電阻值 R_s 。

微控制單元 243 將上述單一太陽能模組的參數代入式子 (15) 後可計算出單一太陽能模組在無遮陰下的電壓係數 m_{vk} (第一電壓係數) 以及電流係數 m_{Ik} (第一電流係數)。

$$1 + \frac{qm_{vk}V_{oc}}{nkT} - \frac{q}{nkT} \left(\frac{V_s \times I_T}{\eta m_{vk} V_{oc}} \right) R_s = \exp \left[\frac{q}{nkT} \left(V_{oc} - R_s \frac{V_s \times I_T}{\eta m_{vk} V_{oc}} - m_{vk} V_{oc} \right) \right] \dots\dots\dots (15)$$

本實施例假設太陽能模組陣列 20 的整體的最大功率點的電壓係數 m_{mp} 落入多個局部最大功率點的電壓係數 m'_{vk} 中的一個。可表示為式子(a)：

$$m_{mp} \in \{m'_{vk} \mid \forall k \in \{0, 1 \sim n_{shade}\}\} \dots\dots\dots (a)$$

其中 k 為遮陰分類編號，每一個遮陰分類編號對應到遮陰程度，當沒有遮陰時， $k=0$ ，當有遮陰時， $1 \leq k \leq n_{shade}$ 。此外，根據偵測到的日照度 W 的強度與太陽能模組陣列 20 在標準測試條件的標準輻射強度 W' 的比值，可得到每一個遮陰的遮陰比例 λ_k ，一般來說，標準測試條件包括標準輻射度 $1000W/m^2$ 、溫度 $25^\circ C$ 以及 AM1.5G 太陽固定輻射光譜。

本實施例舉太陽能模組陣列 20 是由多個太陽能模組串聯為例，也就是太陽能模組陣列 20 的輸出電壓 V'_{pv} 為每一個太陽能模組的輸出電壓 V_{pv} 的疊加，利用此特性進一步假設太陽能模組陣列 20 的多個局部最大功率點(例如最大功率點 A 以及

最大功率點 B)的電壓係數 m'_{V_k} (第二電壓係數)、電流係數 m'_{I_k} (第二電流係數) 分別為單一太陽能模組在無遮陰下的電壓係數 m_{V_k} 以及電流係數 m_{I_k} 的函數，特別是根據不同的遮陰比例 λ_k 來計算得到，如式子(b)、(c)：

$$m'_{V_k} = \begin{cases} \frac{m_{V_k} \times (N - n_{shade})}{N}, k=0 & \dots\dots\dots(b) \\ \frac{m_{V_k} + \left\{ [N - n_{shade} + (k-1)] \times \left[1 - (1 - \lambda_k) \frac{(1 - m_{V_k})}{m_{I_k}} \right] \right\}}{N}, 1 \leq k \leq n_{shade} \end{cases}$$

$$m'_{I_k} = \begin{cases} m_{I_k}, k=0 \\ (1 - \lambda_k) m_{I_k}, 1 \leq k \leq n_{shade} \end{cases} \dots\dots\dots(c)$$

上述假設可以是透過經驗法則或模擬驗證得到，並事先以程式化寫入微控制單元 243，經由微控制單元 243 根據單一太陽能模組在無遮陰下的電壓係數 m_{V_k} 、電流係數 m_{I_k} 以及遮陰比例 λ_k 計算出多個局部最大功率點的電壓係數 m'_{V_k} ，再分別由多個局部最大功率點的電壓係數 m'_{V_k} 計算出對應的太陽能模組陣列 20 的多個局部最大功率點功率 P'_{max} ，計算方式如式子(d)：

$$P'_{max} = m'_{I_k} I_{sc} \times m'_{V_k} NV_{oc} \dots\dots\dots(d)$$

經由微控制單元 243 比較多個局部最大功率點功率 P'_{max} 後，從多個局部最大功率點功率 P'_{max} (第一最大功率點功率)中的最大值 P_{max} 來決定太陽能模組陣列 20 的整體最大功率點(例如最大功率點 A 或最大功率點 B)以及對應的 k 。並藉由整體最大功率點對應的 k 、電壓係數 m_{V_k} 以及電流係數 m_{I_k} 代入式子(b)中算出電壓係數 m'_{V_k} ，即可得到整體最大功率點的電壓係數 $m_{mp} = m'_{V_k}$ 。再藉由最大功率點的電壓係數 m_{mp} 算出太陽能模組陣列 20 的整體最大功率點的估計電壓 $V'_{mp} =$

$N \times m_{mp} \times V'_{oc}$ 。微控制單元 243 根據估計電壓 V'_{mp} 控制電源轉換器 22，以調整太陽能模組陣列 20 的操作電壓，使太陽能模組陣列 20 可產生的最大功率點功率 P_{max} (第二最大功率點功率) 透過電源轉換器 22 提供給供電網路 26。

本實施例僅舉太陽能模組陣列 20 是由多個太陽能模組串聯為例，然熟悉該項技藝者，可將本實施例的技術作修飾後得到太陽能模組陣列 20 是由多個太陽能模組並聯時的估算方法，在此不贅述。

儘管以上述方法估算出來的太陽能模組陣列 20 的最大功率點功率 P_{max} 的誤差已經很小或是已無誤差，但是本實施例仍可以輔以擾動觀察法來得到精準的最大功率點功率 P_{max} 。

根據一實施例，藉由參數偵測單元 241 取得太陽能模組陣列 20 的輸出功率-輸出電壓的特性曲線，微控制單元 243 根據估計電壓 V'_{mp} 計算對應曲線上的點的切線斜率。當該切線斜率大於 0 時，微控制單元 243 控制電源轉換器 22 提供一第一擾動電壓於太陽能模組陣列 20 的輸出端，使太陽能模組陣列 20 的輸出電壓增加。當該切線斜率小於 0 時，微控制單元 243 控制電源轉換器 22 提供一第二擾動電壓於太陽能模組陣列 20 的輸出端，使太陽能模組陣列 20 的輸出電壓減少。

簡潔來說，配合第 2A、2B 圖，第 2C 圖顯示本發明太陽能模組系統的一實施例之多點直接預測最大功率點追蹤方法的流程圖。首先，由控制裝置 24 的參數偵測單元 241 偵測太陽能模組陣列 20 的系統參數與環境參數(步驟 S201)，其中系

統參數包括多個太陽能模組的個數 N 、太陽能模組陣列 20 的開路電壓 V'_{oc} 、轉換效率 η' 、有效線功率 P'_s 、串聯電阻值 R'_s 。

接著，由控制裝置 24 的微控制單元 243 將上述單一太陽能模組的多個參數代入式子(15)後可計算出單一太陽能模組在無遮陰下的電壓係數 m_{vk} （第一電壓係數）以及電流係數 m_{Ik} （第一電流係數）（步驟 S203）。

然後，由微控制單元 243 根據單一太陽能模組在無遮陰下的電壓係數 m_{vk} 、電流係數 m_{Ik} 以及遮陰比例 λ_k 以式子(b)和式子(c)計算出多個局部最大功率點的電壓係數 m'_{vk} （第二電壓係數）和電流係數 m'_{Ik} （第二電流係數）（步驟 S205）。

接著，由微控制單元 243 以式子(d)計算出多個局部最大功率點的電壓係數 m'_{vk} 和電流係數 m'_{Ik} 所對應的太陽能模組陣列 20 的多個局部最大功率點功率 P'_{max} （步驟 S207）。

然後，由微控制單元 243 比較多個局部最大功率點功率 P'_{max} ，從多個局部最大功率點功率 P'_{max} （第一最大功率點功率）中的最大值 P_{max} 來決定太陽能模組陣列 20 的整體最大功率點（步驟 S209）。

接著，微控制單元 243 藉由整體最大功率點對應的 k 、電壓係數 m_{vk} 以及電流係數 m_{Ik} 代入式子(b)中算出對應的電壓係數 m'_{vk} ，即可得到整體最大功率點的電壓係數 $m_{mp} = m'_{vk}$ （第三電壓係數）。再藉由最大功率點的電壓係數 m_{mp} 算出太陽能模組陣列 20 的整體最大功率點的估計電壓 $V'_{mp} = N \times m_{mp} \times V'_{oc}$ 。微控制單元 243 根據估計電壓 V'_{mp} 控制電源轉換器 22，以調整太陽能模組陣列 20 的操作電壓（步驟 S211）。

最後，由微控制單元 243 執行最大功率點的追蹤控制程序 (步驟 S213)，例如採用擾動觀察法來得到精準的最大功率點功率 P_{\max} 。

是故，由上述實施例可以得知，本發明的太陽能模組系統以及其執行的多點直接預測最大功率點追蹤方法，利用單一太陽能模組的系統參數與環境參數估算太陽能模組系統的系統參數，可快速且精準地估算出太陽能模組系統的最大功率點。

以上敘述依據本發明多個不同實施例，其中各項特徵可以單一或不同結合方式實施。因此，本發明實施方式之揭露為闡明本發明原則之具體實施例，應不拘限本發明於所揭示的實施例。進一步言之，先前敘述及其附圖僅為本發明示範之用，並不受其限圍。其他元件之變化或組合皆可能，且不悖于本發明之精神與範圍。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖為習知太陽能模組的等效電路圖。

第 1B 圖為習知太陽能模組之輸出電壓功率特性圖。

第 2A 圖為依據本發明太陽能模組系統的一實施例之方塊圖。

第 2B 圖為依據本發明太陽能模組系統之輸出電壓功率特性圖。

第 2C 圖為依據本發明太陽能模組系統的一實施例之多點直接預測最大功率點追蹤方法的流程圖。

【主要元件符號說明】

10：太陽能模組

11：光電流源

12：二極體

13：串聯電阻

14：並聯電阻

I_g ：光電流

I_{pv} ：輸出電流

V_{pv} ：輸出電壓

R_s 、 R'_s ：串聯電阻值

R_{sh} ：並聯電阻值

I_d ：二極體電流

I_{sh} ：並聯電流

V_d ：二極體電壓

2：太陽能模組系統

20：太陽能模組陣列

22：電源轉換器

221：直流轉直流轉換單元

223：直流轉交流轉換單元

24：控制裝置

241：參數偵測單元

243：微控制單元

26：供電網路

P：最大功率點

C1：功率曲線

A、B：局部最大功率點

七、申請專利範圍：

1. 一種太陽能模組系統的最大功率點預測方法，包括：

偵測一太陽能模組陣列的系統參數與環境參數，其中該系統參數包括該些太陽能模組的個數、該太陽能模組陣列的一開路電壓、一轉換效率、一交流功率的一有效線功率以及一串聯電阻值；

根據該系統參數與該環境參數估算出該太陽能模組陣列包含的複數個太陽能模組的一第一電壓係數，其中該第一電壓係數為該些太陽能模組中的每一個的一輸出電壓與一開路電壓的比值；

根據該系統參數與該環境參數估算一第一電流係數；

將該第一電壓係數按照不同的遮陰比例估算出複數個第二電壓係數，其中該些第二電壓係數分別為該第一電壓係數與該第一電流係數的函數；

根據該些第二電壓係數估算對應的複數個局部最大功率點功率；以及

比較該些局部最大功率點功率的最大值以決定該太陽能模組陣列的一整體最大功率點。

2. 如申請專利範圍第 1 項之最大功率點預測方法，其中該轉換效率為該太陽能模組陣列的該有效線功率與一直流輸出功率的比值。

3. 如申請專利範圍第 1 項之最大功率點預測方法，其中該環境參數包括一環境溫度、一日照度以及一遮陰個數。

4. 如申請專利範圍第 3 項之最大功率點預測方法，其中根據該系統參數與該環境參數估算該第一電壓係數的步驟包括根據該日照度計算出該些遮陰比例。

5. 如申請專利範圍第 1 項之最大功率點預測方法，當該第一電壓係數為 m_{V_k} 、該第一電流係數為 m_{I_k} 、該些第二電壓係數為 m'_{V_k} 、該些太陽能模組的個數為 N 、該些遮陰比例為 λ_k 以及該遮陰個數為 n_{shade} 時，該些第二電壓係數 m'_{V_k} 與該第一電壓係數 m_{V_k} 、該第一電流係數 m_{I_k} 的關係可由式子表示，其中 k 表示遮陰分類編號：

$$m'_{V_k} = \begin{cases} \frac{m_{V_k} \times (N - n_{shade})}{N}, k=0 \\ \frac{m_{V_k} + \left\{ [N - n_{shade} + (k-1)] \times \left[1 - (1 - \lambda_k) \frac{(1 - m_{V_k})}{m_{I_k}} \right] \right\}}{N}, 1 \leq k \leq n_{shade} \end{cases}$$

6. 如申請專利範圍第 1 項之最大功率點預測方法，更包括利用該整體最大功率點對應的一估計電壓來調整該太陽能模組陣列的一操作電壓。
7. 如申請專利範圍第 6 項之最大功率點預測方法，其中利用該整體最大功率點對應的該估計電壓來調整該太陽能模組陣列的該操作電壓的步驟包括：
 從該些第二電壓係數中得到對應到最大功率點的一第三電壓係數；以及
 根據該第三電壓係數估計出該太陽能模組陣列的該整體最大功率點的該估計電壓。
8. 如申請專利範圍第 6 項所述之最大功率點預測方法，在調整該太陽能模組陣列的該操作電壓之後，更包括執行最大功率點的追蹤控制程序。
9. 如申請專利範圍第 8 項之最大功率點預測方法，其中執行最大功率點的追蹤控制程序包括採用一擾動觀察法。

10. 一種預測太陽能模組陣列的最大功率點的控制裝置，該控制裝置耦接於一太陽能模組陣列與一電源轉換器之間，該控制裝置包括：
 - 一參數偵測單元，耦接於該太陽能模組陣列，該參數偵測單元用以偵測該太陽能模組陣列的系統參數與環境參數，其中該系統參數包括該些太陽能模組的個數、該太陽能模組陣列的一開路電壓、一轉換效率、一交流功率的一有效線功率以及一串聯電阻值；以及
 - 一微控制單元，耦接於該參數偵測單元與該電源轉換器之間，該微控制單元根據該系統參數與該環境參數估算出該太陽能模組陣列包含的複數個太陽能模組的一第一電壓係數及一第一電流係數，將該第一電壓係數按照不同的遮陰比例估算出複數個第二電壓係數，根據該些第二電壓係數估算對應的複數個局部最大功率點功率，以及比較該些局部最大功率點功率的最大值以決定該太陽能模組陣列的一整體最大功率點，其中該第一電壓係數為該太陽能模組陣列包含的一太陽能模組的一輸出電壓與一開路電壓的比值，該些第二電壓係數分別為該第一電壓係數與該第一電流係數的函數。
11. 如申請專利範圍第 10 項之控制裝置，其中該轉換效率為該太陽能模組陣列的該有效線功率與一直流輸出功率的比值。
12. 如申請專利範圍第 10 項之控制裝置，其中該環境參數包括一環境溫度、一日照度以及一遮陰個數。
13. 如申請專利範圍第 12 項之控制裝置，其中該微控制單元還根據該日照度計算出該些遮陰比例。

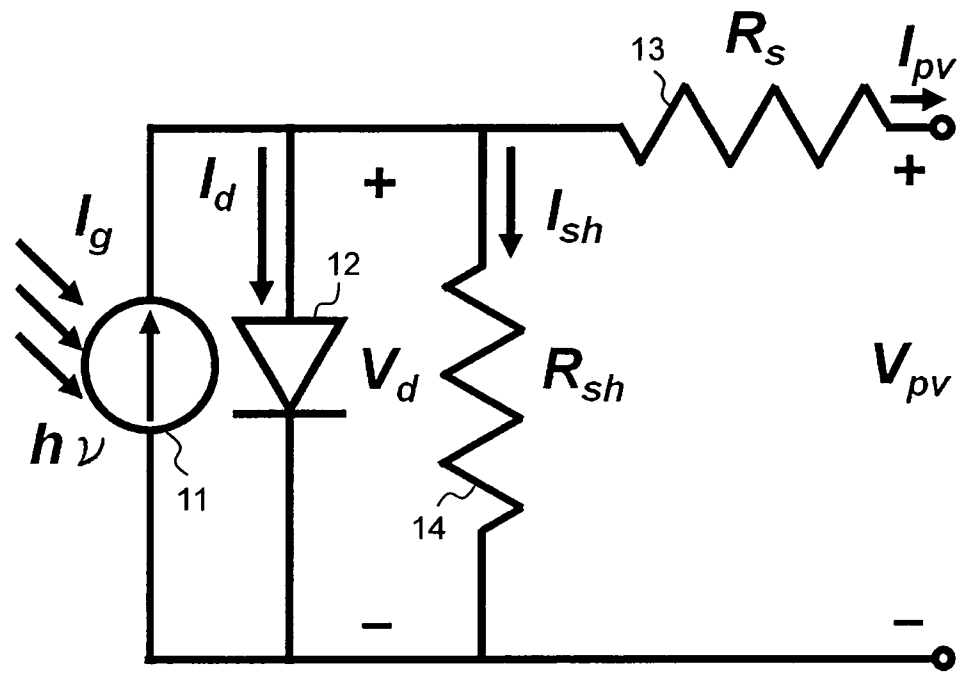
14. 如申請專利範圍第 10 項之控制裝置，當該第一電壓係數為 m_{V_k} 、該第一電流係數為 m_{I_k} 、該些第二電壓係數為 m'_{V_k} 、該些太陽能模組的個數為 N 、該些遮陰比例為 λ_k 以及該遮陰個數為 n_{shade} 時，該些第二電壓係數 m'_{V_k} 與該第一電壓係數 m_{V_k} 、該第一電流係數 m_{I_k} 的關係可由式子表示，其中 k 表示遮陰分類編號：

$$m'_{V_k} = \begin{cases} \frac{m_{V_k} \times (N - n_{shade})}{N}, k=0 \\ \frac{m_{V_k} + \left\{ [N - n_{shade} + (k-1)] \times \left[1 - (1 - \lambda_k) \frac{(1 - m_{V_k})}{m_{I_k}} \right] \right\}}{N}, 1 \leq k \leq n_{shade} \end{cases}$$

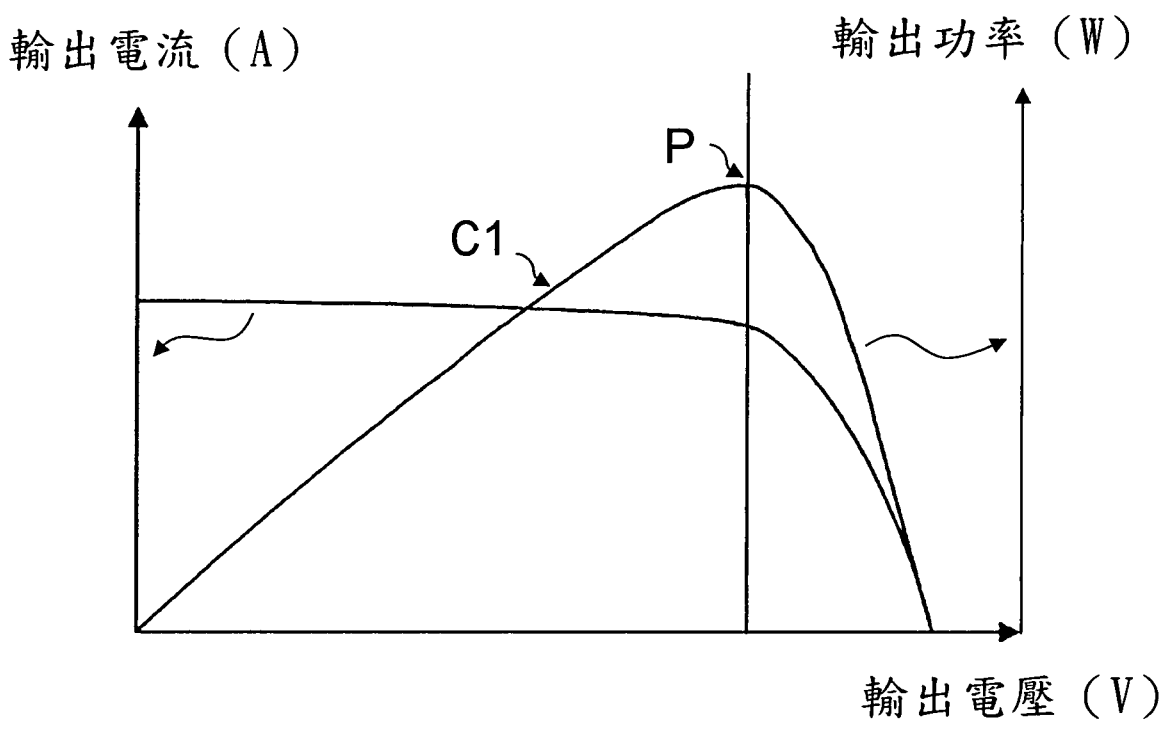
15. 如申請專利範圍第 10 項之控制裝置，其中該微控制單元還從該些第二電壓係數中得到對應到最大功率點的一第三電壓係數，以及根據該第三電壓係數估計出該太陽能模組陣列的該整體最大功率點的該估計電壓，並利用該整體最大功率點對應的該估計電壓來調整該太陽能模組陣列的該操作電壓。
16. 如申請專利範圍第 15 項之控制裝置，其中該微控制單元還採用一擾動觀察法來調整該太陽能模組陣列的該操作電壓。

八、圖式：

10

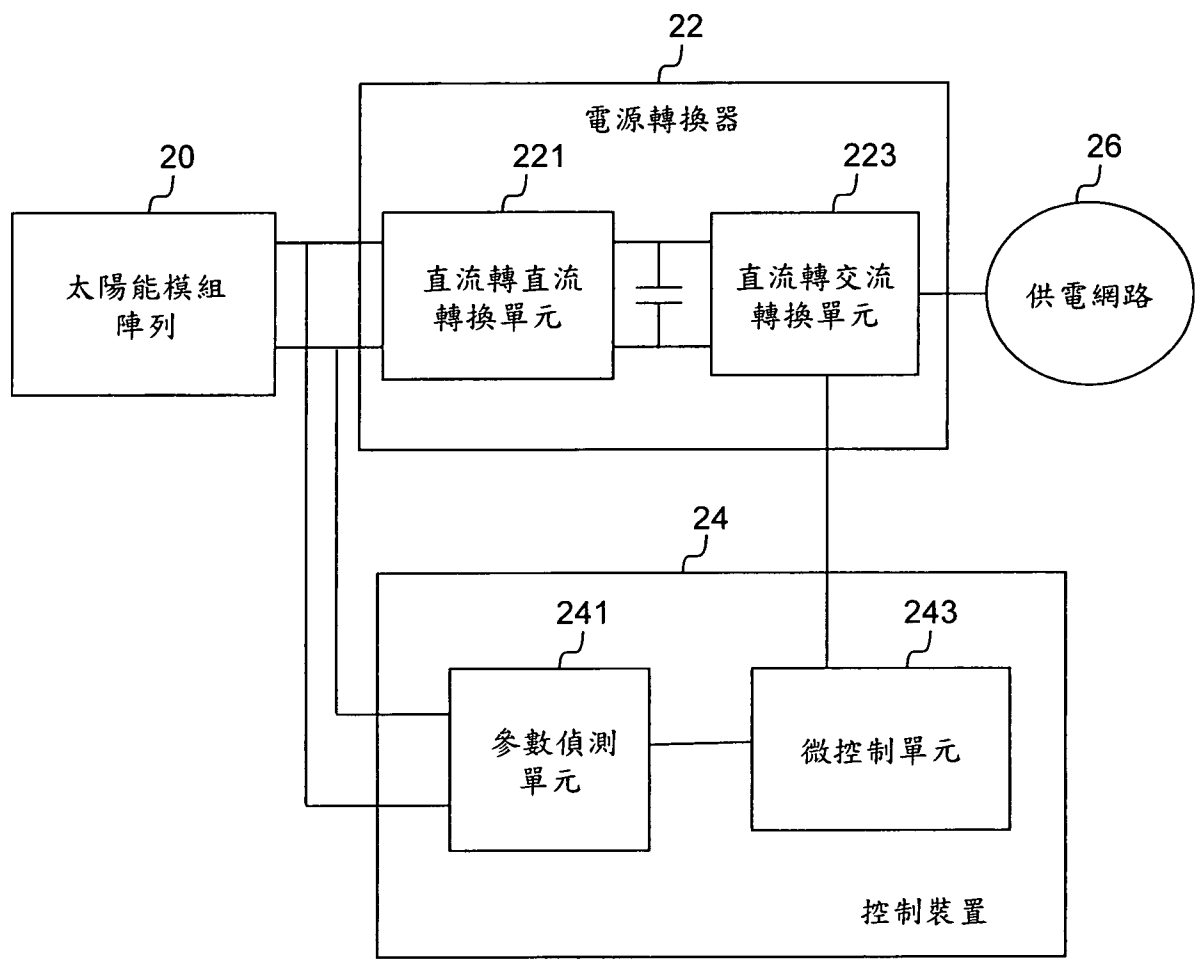


第1A圖

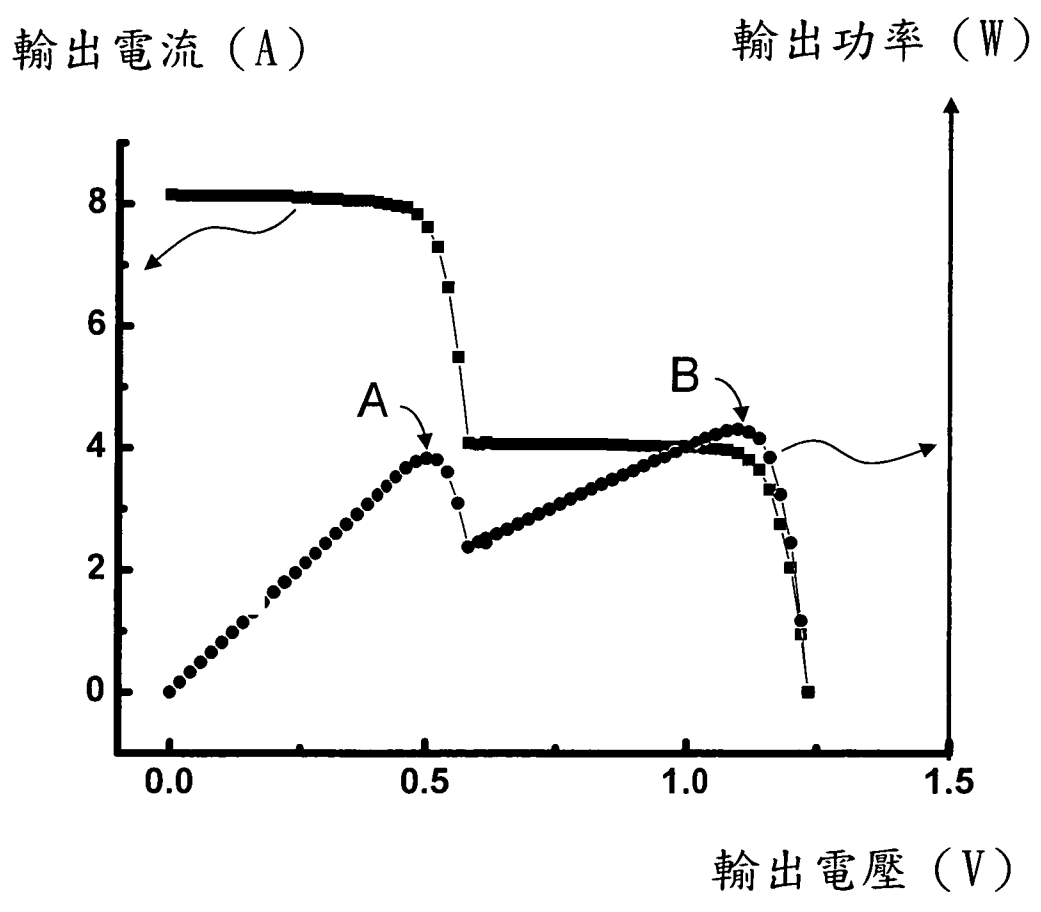


第1B圖

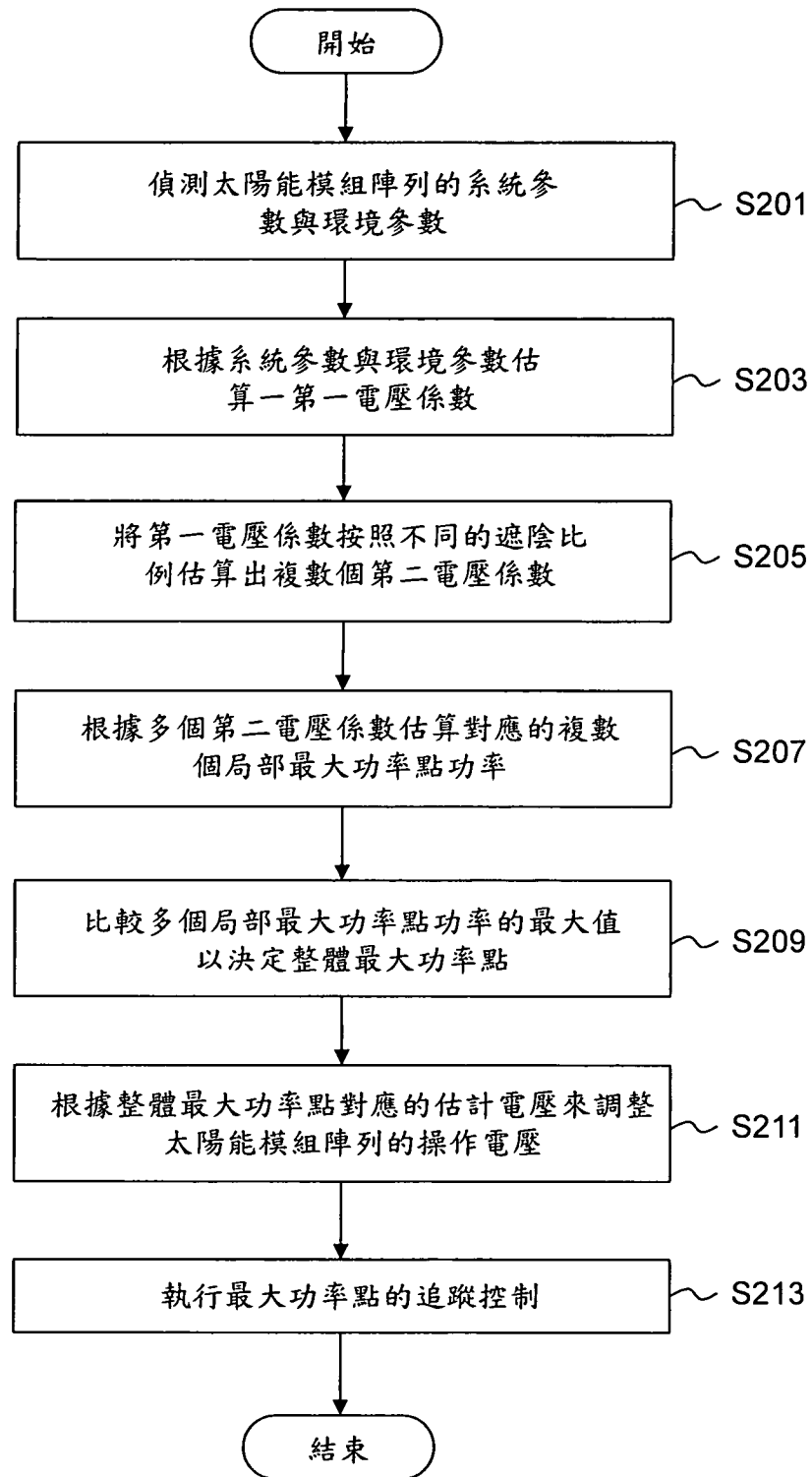
2



第2A圖



第2B圖



第2C圖