



(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 I688848 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：107104837

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 02 月 09 日

(51)Int. Cl. : **G05F1/66 (2006.01)****G06F1/16 (2006.01)**

(30)優先權：2017/04/19 美國

62/487,053

2017/12/27 美國

15/855,790

(71)申請人：廣達電腦股份有限公司 (中華民國) QUANTA COMPUTER INC. (TW)

桃園市龜山區文化二路 188 號

(72)發明人：黃仁烜 HUANG, JEN-HSUEN (TW)；林發達 LIN, FA-DA (TW)；林怡萍 LIN, YI-PING (TW)

(74)代理人：祁明輝；林素華；涂綺玲

(56)參考文獻：

TW 511382

TW I459740

TW I516904

US 2015/0177814A1

審查人員：施孝欣

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：8 共 36 頁

(54)名稱

用於多節點系統的動態用電控制和負載平衡管理之系統和方法

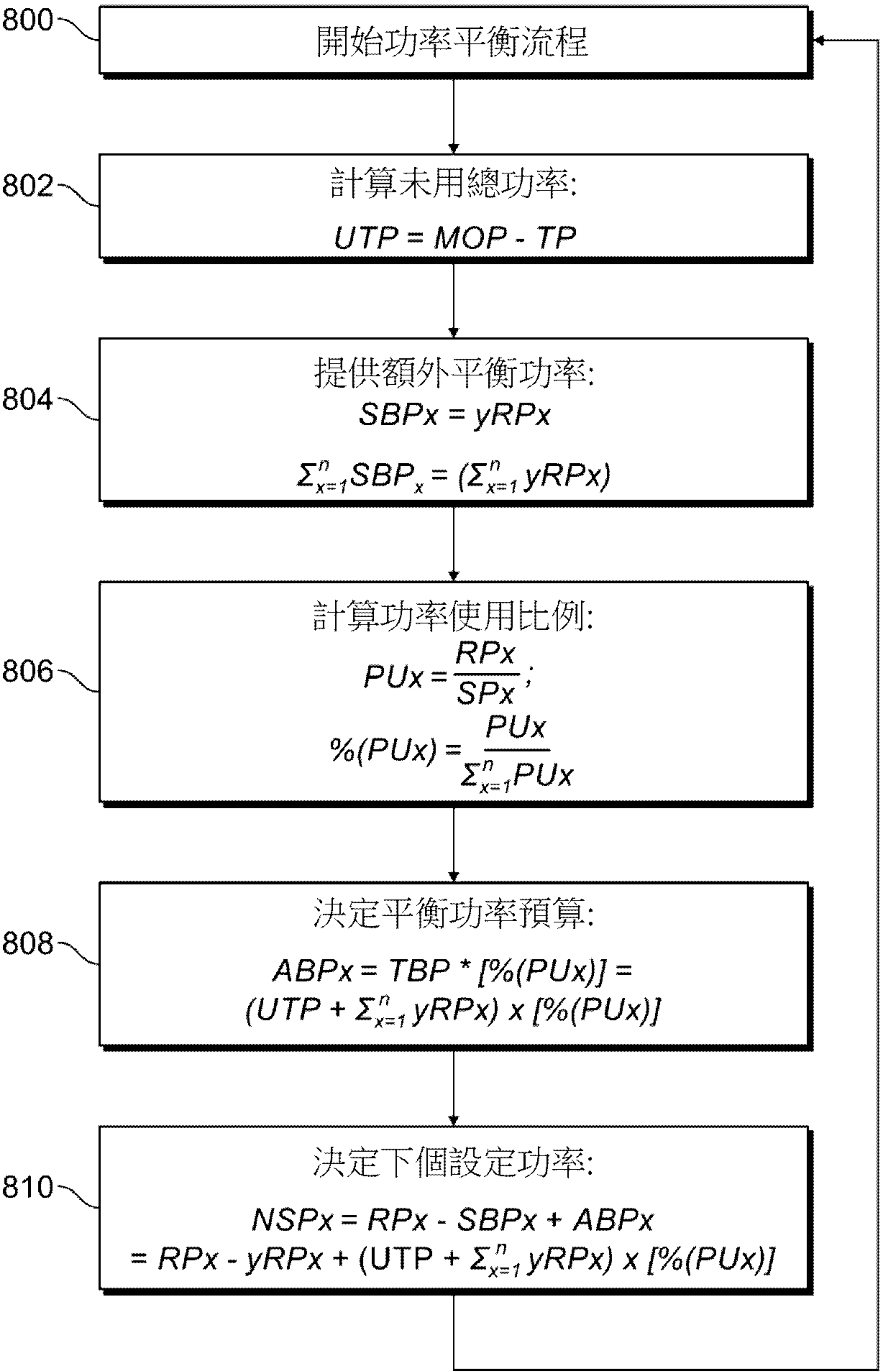
(57)摘要

一種對多節點系統進行動態平衡功率的系統和方法於此揭露。機架管理控制器操作於調解從電源提供給各個節點之功率。機架管理控制器決定各個節點的設定功率和各個節點的實功率。機架管理控制器根據所述多個節點的實功率、未用總功率和總額外平衡功率決定各個節點的下個設定功率。機架管理控制器命令各個節點調解節點的功率消耗達到節點的下個設定功率之值。

A system and method to dynamically balance power to a multi-node system is disclosed. A chassis management controller is operable to regulate the power from a power source to each of the nodes. The chassis management controller determines a setting power for each nodes and a real power consumed by each node. The chassis management controller determines a next setting power for each node based on the real power and unused total power and total additional balance power for the plurality of nodes. The chassis management controller commands each node to regulate the power consumption of the node up to the setting power value.

指定代表圖：

符號簡單說明：
800~810: 步驟



第 8 圖

申請案號：107104837

I688848

申請日：107年2月9日

IPC 分類：G05F 1/66 (2006.01)
G06F 1/16 (2006.01)

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用於多節點系統的動態用電控制
和負載平衡管理之系統和方法

【英文發明名稱】 SYSTEM AND METHOD FOR
DYNAMIC POWER CAPPING AND LOAD
BALANCE MANAGEMENT FOR A MULTI-NODE
SYSTEM

【中文】

一種對多節點系統進行動態平衡功率的系統和方法於此揭露。機架管理控制器操作於調解從電源提供給各個節點之功率。機架管理控制器決定各個節點的設定功率和各個節點的實功率。機架管理控制器根據所述多個節點的實功率、未用總功率和總額外平衡功率決定各個節點的下個設定功率。機架管理控制器命令各個節點調解節點的功率消耗達到節點的下個設定功率之值。

【英文】

A system and method to dynamically balance power to a multi-node system is disclosed. A chassis management controller is operable to regulate the power from a power source to each of the nodes. The chassis management controller determines a setting power for each nodes and a

real power consumed by each node. The chassis management controller determines a next setting power for each node based on the real power and unused total power and total additional balance power for the plurality of nodes. The chassis management controller commands each node to regulate the power consumption of the node up to the setting power value.

【指定代表圖】 第8圖

【代表圖之符號簡單說明】

800~810：步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】 用於多節點系統的動態用電控制和負載平衡管理之系統和方法

【英文發明名稱】 SYSTEM AND METHOD FOR DYNAMIC POWER CAPPING AND LOAD BALANCE MANAGEMENT FOR A MULTI-NODE SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本案是有關於一種用於多節點系統的功率管理系統。特別是有關於一種根據動態平衡節點之功率管理多節點系統的功率分配之系統。

【先前技術】

【0002】 給不同的節點或設備(例如計算機主機板上的電源)的電力通常由電源系統單元(PSU)提供。電源系統單元提供電力給多個節點(例如構成計算機主機板上的處理單元的核心)。通常，另一個電源系統單元也連接到要供電的節點。在雙電源供電系統中，如果一個電源系統單元能夠承受一定的功率消耗水平，則整個系統可以設計使總功率消耗低於一特定水平，以避免其中一個電源系統單元發生故障而導致系統故障。一般而言，在這樣的系統中的每個電源系統單元被配置為

具有足夠的功率以允許當另一個電源系統單元發生故障時能以正常操作級別操作多個節點。

【0003】 但是在一些情況下，單個電源系統單元無法提供足夠的功率來維持期望的系統操作。在這種情況下，藉由控制處理器的時脈速度或簡單地將處理器的功率限制到一特定的水平，處理器的功耗將受到限制。有幾種已知的方法來限制處理器的多個核心之間的功率消耗。一種方法是平等地限制處理器的各個節點之功率。儘管此方法實施起來很簡單，但系統功率分配並未得到優化。因為需要更多功率的節點並未接收到必要的功率，而不必要的功率可能會提供給在此分區運作於小於被分配的功率限制的節點。

【0004】 另一種已知可確保足夠的功率的方法是將每個節點的功率限制設置為將總功率消耗除以節點數量，並達到每個節點的設定功率水平。系統藉由機架管理控制器執行的軟體運算法滿足目標功率水平。控制器未限於機架管理控制器(CMC)，亦可以是基板管理控制器(BMC)或電源系統單元的控制器。這樣的解決方案可簡單實施，但是限制了系統設計並忽略了各個節點的實功率之使用。舉例而言，如果系統需要支持重載最小庫存管理單元(Stock Keeping Unit, SKU)並

期望系統功率得到充分利用，公平分配將不會使重載得到足夠的功率。

【0005】 因此，需要一種允許可在多個節點之間有效平衡功率的系統。還需要一種允許可在多節點系統裡的節點之間進行動態平衡功率的系統。還需要一種在多節點系統中的節點之間有效地分配剩餘功率以微調功率分配的系統。

【發明內容】

【0006】 本案之一態樣係提供一種動態分配功率的多節點系統。所述系統包括多個節點和電源以提供功率給各個節點。機架管理控制器耦接於電源。機架管理控制器操作於調節從電源提供給各個節點的功率。機架管理控制器藉由決定各個節點的設定功率和消耗於各個節點的實功率以平衡提供給各個節點的功率。機架管理控制器根據所述多個節點的實功率、未用總功率和總額外平衡功率決定各個節點的下個設定功率。機架管理控制器提供下個設定功率之值給各個節點的基板管理控制器。基板管理控制器調節主要元件(例如中央處理單元或是記憶體)的功率消耗達到節點的下個設定功率之值。

【0007】 本案的另一態樣係提供一種用於包括多個節點之系統的功率管理方法，其中各個節點消耗

功率，其包括：決定各個節點的設定功率和消耗於各個節點的實功率；根據所述多個節點的實功率、未用總功率和總額外平衡功率決定各個節點的下個設定功率；調節各個節點的實功率達到下個設定功率之值。

【0008】 本案的另一態樣係提供一種電源供應單元用以分配功率給多個節點。電源供應單元包括電源供應電路以提供功率給各個節點。機架管理控制器調解電源供應電路。機架管理控制器操作於決定消耗於各個節點的實功率及決定所有節點的未用總功率。機架管理控制器決定各個節點的額外平衡功率。機架管理控制器根據消耗於節點的實功率和節點的設定功率之值決定各個節點的功率使用比例。機架管理控制器根據未用總功率和功率使用比例決定各個節點的平衡功率預算。機架管理控制器根據消耗於節點的實功率、節點的額外平衡功率和節點的平衡功率預算決定各個節點的下個設定功率之值。機架管理控制器提供下個設定功率之值給各個節點的基板管理控制器。基板管理控制器調節主要元件的功率消耗達到節點的下個設定功率之值。

【0009】 上述發明內容不是旨在代表本發明的各個實施例或每個方面。而是，前述的發明內容僅提供了本文中陳述的新穎性方面和特徵中的一些

的示例。從下面的結合附圖和隨附請求項進行的用於實施本發明的代表性實施例和方式的詳細說明中可知，本發明的上述特徵和優勢以及其他特徵和優勢將顯而易見

【圖式簡單說明】

【0010】 為讓本揭示內容之上述和其他目的、特徵、優點與實施例能更明顯易懂，所附圖示之說明如下：

第1圖係一種具有電力管理系統以動態地平衡節點間的功率的例示多節點系統之方塊圖；

第2A~2B圖係根據藉由動態功率管理系統進行功率平衡之一實施例繪示的一種提供給第1圖中的系統之節點的功率位準之表格；

第3圖係根據第2A~2B圖的表格裡的功率位準經由不同的平衡次數後繪示的一種提供給第1圖中的系統之節點的功率之圖表；

第4A~4C圖係根據藉由動態功率管理系統進行功率平衡之另一實施例繪示的一種提供給第1圖中的系統之節點的功率位準之表格；

第5圖係根據第4A~4C圖的表格裡的功率位準經由不同的平衡次數後繪示的一種提供給第1圖中的系統之節點的功率之圖表；

第6圖係根據第2A圖的表格裡的功率位準經由不同的平衡次數後繪示的一種提供給第1圖中的系統之節點的功率之圖表，其中係數 y 係調整過；

第7圖係根據第4A圖的表格裡的功率位準經由不同的平衡次數後繪示的一種提供給第1圖中的系統之節點的功率之圖表，其中係數 y 係調整過；

第8圖係繪示一種決定功率分配給第1圖的多節點系統裡的不同節點之方法的流程圖。

【實施方式】

【0011】 本發明容易產生許多不同形式的實施例。附圖中示出且在本文中將詳細說明代表性實施例，同時應理解，本發明被認為是本發明玄理的例子且本發明不是意要將本發明的廣泛方面限於所示的實施例，就此種程度來說，例如，不應透過暗示、推理或其他方式將摘要、發明內容和詳細說明書部分公開的但是未在請求項中明確陳述的要素和限制因素單獨地或共同地併入請求項。為了本詳細說明的目的(除非明確否定或邏輯上禁止)：單數包括負數，反之亦然；且詞語「包含」或「含有」或「具有」的意思是「包含但是不限於」。此外，例如就「在、接近或接

近在」或者「在…的3至5%內」或「在可接受的製造公差內」或其任何邏輯組合的意義上來說，此能夠使用例如「約」、「幾乎」、「大概」等近似詞語。

【0012】 第1圖繪示一種例示系統100的方塊圖，其支援多個節點，也就是所謂的多節點系統。系統100包括電源供應單元(Power Supply Unit, PSU)102提供功率給主機板100上的元件。與電源供應單元102相同的備份電源供應單元108可用以提供備份電源。

【0013】 系統100包括多個節點，例如，在本例中的節點130、132、134和136建構成多節點系統140。各個節點130、132、134和136為主機板且包括處理器、記憶體和基板管理控制器。應當理解這裡解釋的原理可應用於用於多節點系統的功率分配，其中多節點系統具有藉由一或多個電源供應單元提供功率的任何數量之節點。節點130、132、134和136的功率消耗可透過節點130、132、134和136各自上的電流偵測器150、152、154和156決定。電流偵測器150、152、154和156的輸出耦接於機架管理控制器142並提供功率消耗資料給機架管理控制器142以分配功率給節點130、132、134和136。

【0014】 第1圖的系統100可為運算系統的一部分，運算系統可包括多個多節點系統主機板和可執行其它功能的其它電路板，例如記憶體裝置或介面裝置。在本實施例中，多節點系統140的節點130、132、134和136透過電源供應單元102供電。因此，機架管理控制器142可調節提供給節點130、132、134和136及其它在系統100上的選擇性元件的功率。

【0015】 在本實施例中，機架管理控制器142操作為管理控制器且可包括用於應用軟體的獨自的可寫入記憶體和永久記憶體。機架管理控制器142亦可包括允許在機架管理控制器和資料匯流排之間通訊的通訊界面，例如耦接於電源供應單元之電源控制器的電源管理匯流排(Power Management Bus, PMbus)。另一種可允許在機架管理控制器和資料匯流排之間通訊的通訊界面，例如系統管理匯流排(System Management Bus, SMBus)可耦接於主機板上的機板管理控制器。為了網路操作、認證或故障排解等目的，機架管理控制器140可從資料匯流排接收多個處理器的效能資料。當然，應當理解任何適合的控制器皆可作為機架管理控制器142。舉例而言，機架管理控制器142的監控和調解功率之功能可藉由所述節點之一者(例如節點130)，或是在所述節

點之一者上的機板管理控制器之一部份，或是電源控制器(電源供應器 102的一部份)，來執行。

【0016】 在本實施例中，藉由機架管理控制器 142 進行系統(例如系統 100)上的多個節點間的功率分配之流程允許在多個節點間進行動態平衡功率。操作動態平衡功率的多節點系統包括總數量為 n 的節點，且各個節點包括節點號碼 x (從 1 至 n)。舉例而言，第 1 圖中的系統 100 的四個節點 130、132、134 和 136 係可分別表示為節點 1、節點 2、節點 3 和節點 4。系統(例如系統 100)的設定功率 (SP) 被建立。設定功率係為一功率值，其被設定成一特定功率值以限制系統的功率消耗。在本實施例中，若功率消耗大於設定功率，處理器的核心(例如多節點系統 100)將會降低它們的工作速率以嘗試達到節點的設定功率值。各個節點的設定功率係表示為 SP_x 。因此，在本實施例中，節點 1 的設定功率 (SP_1) 可為 450 瓦 (W)。

【0017】 系統的實功率係表示為 RP 。各個節點的實功率係表示為 RP_x 。實功率係為系統從系統中的電流偵測器(例如系統 100 的電流偵測器 150、152、154 和 156)讀取到的功率值。因此節點 1 的實功率 (RP_1) 可為 380 瓦意味著所述節點的功率消耗小於設定功率。系統的總功率係表示為 TP 。系統的總功率 (TP) 除了由 n 節點系統所消耗的總

實功率(各個節點的實功率之總和)決定之外，還由其它電路板和裝置的功率決定。由 n 節點系統所消耗的總實功率可表示為：

$$\sum_{x=1}^n RP_x$$

【0018】 其它電路板和裝置的功率可表示成 OP 。系統的總功率(TP)可由電源供應單元的電流偵測器量測。因此，其它電路板和裝置的功率(OP)可藉由將系統的總功率減去總實功率來決定。總實功率可藉由控制器(例如機架管理控制器 142)根據從在各自節點 130、132、134和136上的電流偵測器 150、152、154和156讀到的功率資料值決定。

【0019】 多節點系統的未用總功率係表示為 UTP 。未用總功率係可藉由決定電源供應單元(例如電源供應單元 102)可提供的總功率消耗，其表示為 MOP (電源供應單元的最大功率輸出或對長時間運作之系統可判定安全的功率值)並對其減去系統總功率(TP)來決定。因此，未用總功率(UTP)係藉由將最大輸出功率減去系統的總功率來決定(即 $UTP = MOP - TP$)。

【0020】 接著提供額外平衡功率。各個節點的額外平衡功率係表示為 SBP_x ，其等同於將節點的實功率乘上係數 y 。因此，對各個節點而言， $SBP_x = yRP_x$ 。係數 y 的值大於 0 且小於等於 1，其可為定值或是動態值。舉例而言，係數 y 可以設定為較

高的值以平衡節點間可用的功率，當對低需求之節點進行降低功率時可以設定為較低的值以對特定高需求之節點進行優化功率。在本實施例中，假設係數 y 為定值 0.1，節點 1 的額外平衡功率 (SBP1) 可決定為 $0.1 \times 380 = 38$ 瓦。

【0021】 為了平衡之目的，在進行功率分配之流程前，額外平衡功率取出節點功率的一部分比例 (表示為係數 y) 以建立功率預算。用於平衡功率的總額外功率預算係藉由將給系統各個節點的額外平衡功率相加來決定。這可以表示為：

$$\sum_{x=1}^n yRP_x$$

【0022】 在所有節點需要的功率超過來自電源供應單元 102 可提供的功率的例子中，電源供應單元 102 無法提供任何額外功率給所述節點。在本實施例中，為了平衡之目的，各個節點的設定功率值被減少以提供未用總功率。各個節點減少的功率跟各個節點的負載成正比。舉例而言，較重的負載會提供更多的額外平衡功率。在一些例子中，較輕的負載並不需要滿載的功率，因此功率預算可安排成提供較多的功率給需要較多功率的節點，其視來自較輕負載節點的可提供之功率而定。

【0023】 因此，總平衡功率預算(TBP)係藉由將未用總功率(UTP)與各個節點的平衡功率相加來決定。總平衡功率預算可藉由下式計算：

$$TBP = UTP + \sum_{x=1}^n SBPx = UTP + \sum_{x=1}^n RP_x$$

【0024】 各個節點的功率使用程度係表示為 PU_x ，其中功率使用程度係為節點的實功率(RP_x)除以節點的設定功率(SP_x)。因此，節點1的功率使用程度可為 $380/450 = 0.844$ 。功率使用程度可表示各個節點需要多少功率。若節點的功率使用程度為1或是大於1，這表示此節點需要完整的設定功率或是多於設定功率值的功率。在本實施例中，節點1的功率使用程度小於1，因此此節點需要比設定功率少的功率。

【0025】 系統中的節點x的功率使用比例係表示為 $\%(PU_x)$ 且可藉由將節點的使用功率除以所有節點的總使用功率來決定。因此，具有最高功率使用比例的節點表示此節點相較於在多節點系統中的其它節點最需要功率。節點的功率使用比例可用來分配預留給系統功率平衡的功率預算。因此，節點的功率使用比例越高，機架管理控制器142編列更多的功率預算給所述節點。

【0026】 各個節點的平衡功率預算(ABP)係表示為 ABP_x 。平衡功率預算係藉由將總平衡功率預算

(TBP)乘以節點的功率使用比例來決定。這可以表示為：

$$ABP_x = TBP * [\%(PU_x)] = (UTP + \sum_{x=1}^n yRP_x) * [\%(PU_x)]$$

【0027】系統亦決定各個節點的下個設定功率(NSP_x)。下個設定功率係根據將節點的實功率(RP_x)減去節點的額外平衡功率(SBP_x)並加上節點的平衡功率預算(ABP_x)來決定。這可以表示為：

$$NSP_x = RP_x - SBP_x + ABP_x = RP_x - yRP_x + (UTP + \sum_{x=1}^n yRP_x) * [\%(PU_x)]$$

【0028】下個設定功率係儲存於控制器(例如機架管理控制器142)的記憶體裡且用以決定節點間的功率再分配。因此，機架管理控制器142致使基板管理控制器根據下個設定功率去分配功率給各個節點130、132、134和136。各個節點130、132、134和136的功率之改變係考量到根據節點所需的功率之動態功率平衡。

【0029】第2A圖和第2B圖係表格且其顯示第1圖的例示主機板100上的各個節點130、132、134和136的設定功率(SP)、實功率(RP)、額外平衡功率(SBP_x)、功率使用程度(PU_x)、功率使用比例(%(PU_x))、平衡功率預算(ABP_x)和下個設定功率(NSP_x)。第2A圖和第2B圖的值假設為高功率使用的設定，其中第1圖的節點130、132、134和136消耗大量的功率。第2A圖和第2B圖的值係藉由機

架管理控制器 142 根據由功率監測器 150、152、154 和 156 量測的各個節點消耗的功率來決定。

【0030】 在本實施例中，未用總功率 (UTP) 為 0。在本例中各個節點的係數 y 為 0.3，因此各個節點的額外平衡功率為 0.3 倍的節點的實功率。各個節點的功率使用比例為 1 表示實功率與設定功率相同。在流程開始時，如第 2A 圖所示，提供給節點 1 的功率為 500 瓦，提供給節點 2 的功率為 400 瓦，提供給節點 3 的功率為 300 瓦，及提供給節點 4 的功率為 200 瓦。總平衡功率預算 (TBP) 為 420 瓦。因此，所有節點的功率消耗為 1400 瓦，且其它電路板和裝置的功率 (OP) 為 200 瓦。所以總功率消耗為 1600 瓦，其跟可提供的功率 1600 瓦相同且因此未用總功率 (UTP) 為 0。

【0031】 第 2B 圖的表格係顯示藉由機架管理控制器 142 執行上述的功率平衡流程後各個節點 130、132、134 和 136 調解後的值。將第 2B 圖和第 2A 圖比較可看出，最重負載之節點 (節點 1 和節點 2) 的設定功率已經減少且較輕負載之節點 (節點 3 和節點 4) 的設定功率已經增加。舉例而言，第 2A 圖的表格裡的節點 1 的下個設定功率為 455 係藉由將節點 1 的實功率 (其為 500) 減去節點 1 的額外平衡功率 (SBP_x) (其為 150) 並加上節點 1 的平衡功率預算 (APB_x) (其為 105) 來決定，因此可得到下個設

定功率為 455。如上解釋，額外平衡功率值 (SBP_x) (其為 150) 可藉由將節點 1 的實功率 (本例為 500)，乘以係數 y (本例為 0.3) 來獲得，因此可得到額外平衡功率值為 150。如上解釋，平衡功率預算 (其為 105) 可藉由將總平衡功率預算 (其為 420) 乘以節點 1 的功率使用比例 (其為 0.25) 來獲得。

【0032】 在第 2A 圖所獲得的下個設定功率接著作為如第 2B 圖所示的功率平衡流程裡下個循環的設定功率值。如第 2B 圖所示，在執行第二次的流程後，較重負載的節點 1 的下個設定功率更減少至 423.5 且同時較輕負載的節點 4 的下個設定功率更增加至 276.5。

【0033】 機架管理控制器 142 可接著使用第 2B 圖的下個設定功率值執行相同的功率平衡流程。循環地執行此流程可允許功率動態地分配給第 1 圖的節點 130、132、134 和 136。

【0034】 第 3 圖係圖表且其繪示在執行上述的功率平衡流程十次之後的各個節點 130、132、134 和 136 的實功率值。各個節點 130、132、134 和 136 的實功率值分別由實線 300、302、304 和 306 表示。如第 3 圖所示，系統負載平衡如各個節點的實功率值收斂於 350 瓦。

【0035】 另一個負載的例子為當特定節點具有較低功率的需求。第4A圖、第4B圖和第4C圖係表格且其顯示在執行上述的功率平衡流程期間，第1圖的例示系統100上的各個節點130、132、134和136的設定功率(SP)、實功率(RP)、額外平衡功率(SBP_x)、功率使用程度(PU_x)、功率使用比例($\%(PU_x)$)、平衡功率預算(ABP_x)和下一個設定功率(NSP_x)。在本實施例中，節點1和節點3屬於高功率需求且同時節點2和節點4屬於低功率需求。

【0036】 在本實施例中，各個節點的係數 y 為0.1且因此各個節點的額外平衡功率為0.1倍的各個節點的實功率。節點1和節點3的功率使用比例為1表示實功率與設定功率相同且他們具有較高功率需求。節點2和節點4的功率使用比例為0.9表示他們具有比節點1和節點3較低的功率需求。如第4A圖所示，在流程開始時，節點1的設定功率為500，提供給節點2的設定功率為500，提供給節點3的設定功率為300，提供給節點4的設定功率為300。相對地，節點1的實功率為500，節點2的實功率為450，節點3的實功率為300，節點4的實功率為270。總平衡功率預算(TBP)為232。所有節點的總功率消耗為1600瓦，且其它電路板和裝置的功率為200瓦。因此，總功率消耗與可用的功率1800瓦相同且未用總功率(UTP)為0。

【0037】 第4B圖的表格係顯示第4A圖的值經由執行上述的功率平衡流程之後調整的值。將第4B圖與第4A圖比較可看出，最重負載節點(節點1和節點3)的設定功率已經增加，且較輕負載節點(節點2和節點4)的設定功率已經減少。舉例而言，第4A圖的表格的節點1的下個設定功率(其為511.1)係藉由將節點1的實功率(其為500)減去額外平衡功率值(SBP_x)(其為50)並加上平衡功率預算(ABP_x)(其為61.1)來決定，因此可得到節點1的下個設定功率為511.1。如上解釋，額外平衡功率值(SBP_x)(其為50)可藉由將節點1的實功率(本例為500)，乘以係數 y (本例為0.1)來獲得，因此可得到節點1的額外平衡功率值為150。如上解釋，平衡功率預算(其為61.1)可藉由將總平衡功率預算(其為232)乘以節點1的功率使用比例(其為0.26)來獲得。

【0038】 在第4A圖所獲得的下個設定功率接著作為，如第4B圖所示，功率平衡流程裡下個循環的設定功率值。如第4B圖所示，在執行第二次的流程後，較重負載的節點1的下個設定功率更增加至520.8。

【0039】 相反地，具有較低功率需求的節點導致下個設定功率值的減少。舉例而言，第4B圖的表格的節點2的設定功率(其為459.9)係藉由將第4A圖所

示的節點2的實功率(其為450)減去額外平衡功率值(SBP_x)(其為45)並加上平衡功率預算(ABP_x)(其為54.9)來決定，因此可得到第4A圖的節點2的下個設定功率為459.9。如上解釋，額外平衡功率值(SBP_x)(其為45)可藉由將節點2的實功率(本例為450)，乘以係數 y (本例為0.1)來獲得，因此可得到節點2的額外平衡功率值為150。如上解釋，平衡功率預算(其為54.9)可藉由將總平衡功率預算(其為232)乘以節點2的功率使用比例(其為0.24)來獲得。如第4B圖所示，較輕負載的節點2的下個設定功率更減少至433.5。

【0040】 第4C圖顯示在執行功率平衡應用第三次循環時各個節點的功率值。較高功率需求的節點1和節點3的設定功率已經從第4B圖的值增加，且同時較低功率需求的節點2和節點4的設定功率已經從第4B圖的值減少。

【0041】 第5圖係圖表且其繪示從在第4A圖的表格裡的初始值到執行功率平衡流程十次之後的各個節點130、132、134和136的實功率值。各個節點130、132、134和136的實功率值分別由實線500、502、504和506表示。如第5圖所示，系統負載平衡節點間的功率，其允許對具有高功率需求的節點(例如由實線500表示的節點1和由實線504表示的節點3)增加設定功率。對具有低功率

需求的節點(例如由實線 502 表示的節點 2 和由實線 506 表示的節點 4)減少設定功率。

【0042】 如上解釋，係數 y 可視系統需求調整以優化功率平衡。在上述之關於第 2A~2B 圖和第 3 圖的例子中，當所有節點需要更多的功率，為了使所有節點獲得相同的平均功率，係數 y 被設定為 0.3。第 6 圖係圖表顯示從第 2A 圖的初始值開始執行上述的平衡功率流程十次後各個節點 130、132、134 和 136 的設定功率值。在係數 y 設定為 0.1 的情況下，各個節點 130、132、134 和 136 的設定功率值分別由實線 600、602、604 和 606 表示。將第 6 圖和第 3 圖比較可看出，系統負載以較慢的速率平衡，如此顯示當所有節點需要額外功率時，較高的 y 值對於平衡功率是較為理想的。

【0043】 在上述之關於第 4A~4C 圖和第 5 圖的例子中，為了使具有較高功率需求的節點接收較多的功率分配功率且具有較低功率需求的節點接收較少的功率分配功率，係數 y 被設定為 0.1。第 7 圖係圖表且其繪示從在第 4A 圖的表格裡的初始值到執行功率平衡流程十次之後的各個節點 130、132、134 和 136 的設定功率值。在係數 y 設定為 0.3 的情況下，各個節點 130、132、134 和 136 的設定功率值分別由實線 700、702、704 和 706 表示。將第 7 圖和第 5 圖比較可看出，系統分配較少

功率給需要較多功率的節點，如此顯示當僅有一些節點需要額外功率時，較低的 y 值對於平衡功率是較為理想的。

【0044】 第 8 圖係繪示藉由管理控制器 (例如第 1 圖的機架管理控制器 142) 執行的演算法用以動態分配功率給多節點系統之節點的流程圖。第 8 圖的流程圖係代表用於多節點系統 (例如第 1 圖的系統 100) 之例示機器可讀取的指令。在本實施例中，機器可讀取的指令包含演算法可藉由：(a) 處理器、(b) 控制器、及 / 或 (c) 一或多個其它適當的處理裝置來執行。本演算法由軟體實現並儲存在有形媒體裝置，如快閃記憶體、唯讀記憶光碟、軟式碟片、硬碟、數位多功能影音光碟、或其他記憶體裝置。然本領域之技術人員可了解部分及 / 或整個演算法可選擇性地由處理器之外的裝置執行，及 / 或由韌體或由常用的專用硬體 (例如：特殊應用積體電路 (ASIC)、可程式邏輯裝置 (PLD)、場式可邏輯裝置 (FPLD)、場式可程式陣列 (FPGA)、離散電路等) 實現。舉例而言，介面的任一或所有元件可由軟體、硬體、及 / 或韌體實現。再者，第 8 圖的流程圖所代表的部分或所有機器可讀取之指令可手動實現。再者，雖然本實施例之演算法係搭配第 8 圖的流程圖說明，本領域之技術人員可了解可實現本例之機器可讀

取之指令的其它方法亦可選擇性地使用。舉例而言，執行的方塊步驟之順序可以改變，及/或部分的方塊步驟之內容可以改變、去掉或是結合。

【0045】 機架管理控制器 142 首先開始功率平衡流程 (800)。功率平衡流程可針對多節點系統定期性地執行，或是可以響應於一或多個節點的操作之改變而被啟動。機架管理控制器 142 藉由將電源供應單元 102 的總功率輸出 (MOP) 減去系統的總功率 (TP) 以決定未用總功率 (UTP) (802)。機架管理控制器 142 接著藉由將乘以係數 y 的各個節點的實功率相加以決定系統的額外平衡功率 (804)。機架管理控制器 142 接著決定各個節點的功率使用比率 (806)。節點的功率使用比例係藉由將節點的功率使用程度 (PU_x) 除以所有節點的功率使用程度的總和 (PU) 來決定。功率使用程度係藉由將節點的實功率 (RP_x) 除以節點的設定功率 (SP_x) 來決定。

【0046】 機架管理控制器 142 接著藉由在節點間分配總平衡功率預算以將總平衡功率預算加回至各節點 (808)。節點的平衡功率預算 (ABP_x) 係藉由將總平衡功率預算乘以節點的功率使用比例 ($\%(PU_x)$) 來決定。總平衡功率預算係藉由將未用總功率 (UTP) 和所有的額外平衡功率相加來決

定，其中額外平衡功率係藉由各個節點的實功率乘以係數 $y(yRP_x)$ 來決定。

【0047】 機架管理控制器 142 接著決定各個節點的下個設定功率 (NSP_x) (810)。下個設定功率係藉由將各個節點的實功率 (RP_x) 減去節點的額外平衡功率 (SBP_x) 並加上節點的平衡功率預算 (ABP_x) 來決定。機架管理控制器 142 接著調節電源供應單元 102 提供給系統上的各個節點的設定功率達到下個設定功率值。接著流程返回迴路並根據各個節點的下個設定功率再平衡功率分配。

【0048】 用在本案的術語如元件、模組、系統等一般是指電腦相關之實體，可為硬體(如電路)、硬體和軟體之組合、軟體和與具有一或多個特定功能相關之運算機器的實體之其中一者。舉例而言，元件可例如是，但並未限制於，在處理器執行的程序(如數位訊號處理器)、處理器、物件、可執行的程序、執行線程、程式、及/或電腦。舉例而言，在控制器執行的應用程式和控制器皆可為元件。一或多個元件可位於處理器及/或執行線程裡，且元件可集中於電腦及/或分散於兩個或多個元件之間。進一步而言，裝置可為，以特定設計之硬體形成；藉由執行軟體可使一般硬體特別化使其可執行特定之功能；軟體儲存於電腦可讀取之媒體；或上述之組合。

【0049】一般的運算裝置包含多個媒體，其包含電腦可讀取之儲存媒體及/或通訊媒體，其中這兩個使用的術語如下所述並不相同。電腦可讀取之儲存媒體為任何有用之可被電腦存取之儲存媒體，一般具有非暫態之特性且可同時包含揮發性和非揮發性媒體，可移除或不可移除媒體。舉例而言，但並未限制於，電腦可讀取之儲存媒體可由用於儲存資訊的任何方法或科技來實現，例如電腦可讀取之指令、程式模組、具結構之資料或是非結構之資料。電腦可讀取之儲存媒體包含，但並未限制於，隨機存取記憶體、唯讀記憶體、電子抹除式可複寫唯讀記憶體、快閃記憶體或其它記憶體科技、光碟、數位多功能影音光碟或其它光學式儲存碟片、卡盒式磁帶、卡帶、磁碟或其它磁儲存裝置、或其它可用於儲存想要的資訊之有形的及/或非暫態媒體。電腦可讀取之儲存媒體可由一或多個現場的或遠端的運算裝置進行存取，例如透過存取要求、查詢或其它擷取資料之協定，對多個關於儲存在媒體之資訊之進行操作。

【0050】這裡使用的術語僅是為了描述特定實施例的目的，而不易域限制本發明。如這裡所使用的，單數形式「一」、「一個」和「該」也意在包含複數形式，除非上下文清楚表明並非如此。還

將理解，擴增性用語「包含」(“including”或“includes”)、「具有」(“having”或“has”)、「有」(“with”)或其變形，使用於說明書細部及/或請求項中，此些用語隱含的用法類似於「包含」(“comprising”)。

【0051】除非另外定義，於此所使用之全部字詞(包括技術及科學字詞)具有與本技術領域中具有通常知識者之通常理解相同之意思。將進一步理解的是，例如定義於通用字典中之那些字詞應被解讀為具有與其於相關領域之文章中之含義一致的含義，而不過於理想或過度地解釋，除非本文中已明確地如此定義。

【0052】雖然本案已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0053】

100：系統、主機板

102、108：電源供應單元

130、132、134、136：節點

140：多節點系統

142：機架管理控制器

150、152、154、156：電流偵測器

302、304、306、308、500、502、504、506、600、

602、604、606、700、702、704、706：實線

800~810：步驟

SP：設定功率

RP：實功率

SBP_x：額外平衡功率

TBP：總平衡功率預算

PU_x：功率使用程度

%(PU_x)：功率使用比例

ABP_x：平衡功率預算

NSP_x：下個設定功率

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種動態分配功率的多節點系統，
該系統包括：

複數節點；

一電源提供功率給各該些節點；

一管理控制器耦接於該電源，該管理控制器操作於命令各該些節點調節該節點的功率消耗，該管理控制器更操作於藉由下列步驟平衡提供於各該些節點的功率：

決定各該些節點的一設定功率和消耗於各該些節點的一實功率；

將該電源的總功率消耗減去該系統的一總功率以決定一未用總功率；

決定各該些節點的一額外平衡功率，其中各該些節點的該額外平衡功率等同於將該節點的該實功率乘上一係數；

將該系統的該些節點的該些額外平衡功率相加以決定一總額外功率預算；

將該未用總功率與該總額外功率預算相加以決定一總平衡功率預算；

將各該些節點的該實功率除以該節點的該設定功率以決定各該些節點的一功率使用程度；

將各該些節點的該功率使用程度除以所有節點的該功率使用程度的總和，以決定各該

些節點的一功率使用比例；

將各該些節點的該實功率減去該節點的該額外平衡功率並加上該節點的一平衡功率預算，以決定各該些節點的一下個設定功率，其中該節點的該平衡功率預算係藉由將該總平衡功率預算乘以該節點的該功率使用比例來決定；及

命令各該些節點調解該節點的功率消耗達到該節點的該下個設定功率之值。

【第 2 項】如申請專利範圍第 1 項所述之多節點系統，其中該系統的該總功率係由耦接於該些節點的偵測器決定。

【第 3 項】如申請專利範圍第 1 項所述之多節點系統，其中該係數為定值。

【第 4 項】如申請專利範圍第 1 項所述之多節點系統，其中該係數為動態值。

【第 5 項】如申請專利範圍第 1 項所述之多節點系統，其中各該些節點包括一或多個處理器，且該系統係為一包括各該些節點的多節點主機板。

【第 6 項】如申請專利範圍第 1 項所述之多節

點系統，其中該些節點中的至少一節點係為一系統裝置。

【第 7 項】如申請專利範圍第 1 項所述之多節點系統，其中該管理控制器更操作於藉由使用各該些節點的該下個設定功率作為各該些節點的該設定功率以重複平衡提供給各該些節點的功率。

【第 8 項】一種用於包括複數個節點之一系統的功率管理方法，各該些節點消耗功率，該方法包括：

決定各該些節點的一設定功率和消耗於各該些節點的一實功率；

將一電源的總功率消耗減去該系統的一總功率以決定一未用總功率；

決定各該些節點的一額外平衡功率，其中各該些節點的該額外平衡功率等同於將該節點的該實功率乘上一係數；

將該系統的該些節點的該些額外平衡功率相加以決定一總額外功率預算；

將該未用總功率與該總額外功率預算相加以決定一總平衡功率預算；

將各該些節點的該實功率除以該節點的該設定功率以決定各該些節點的一功率使用程度；

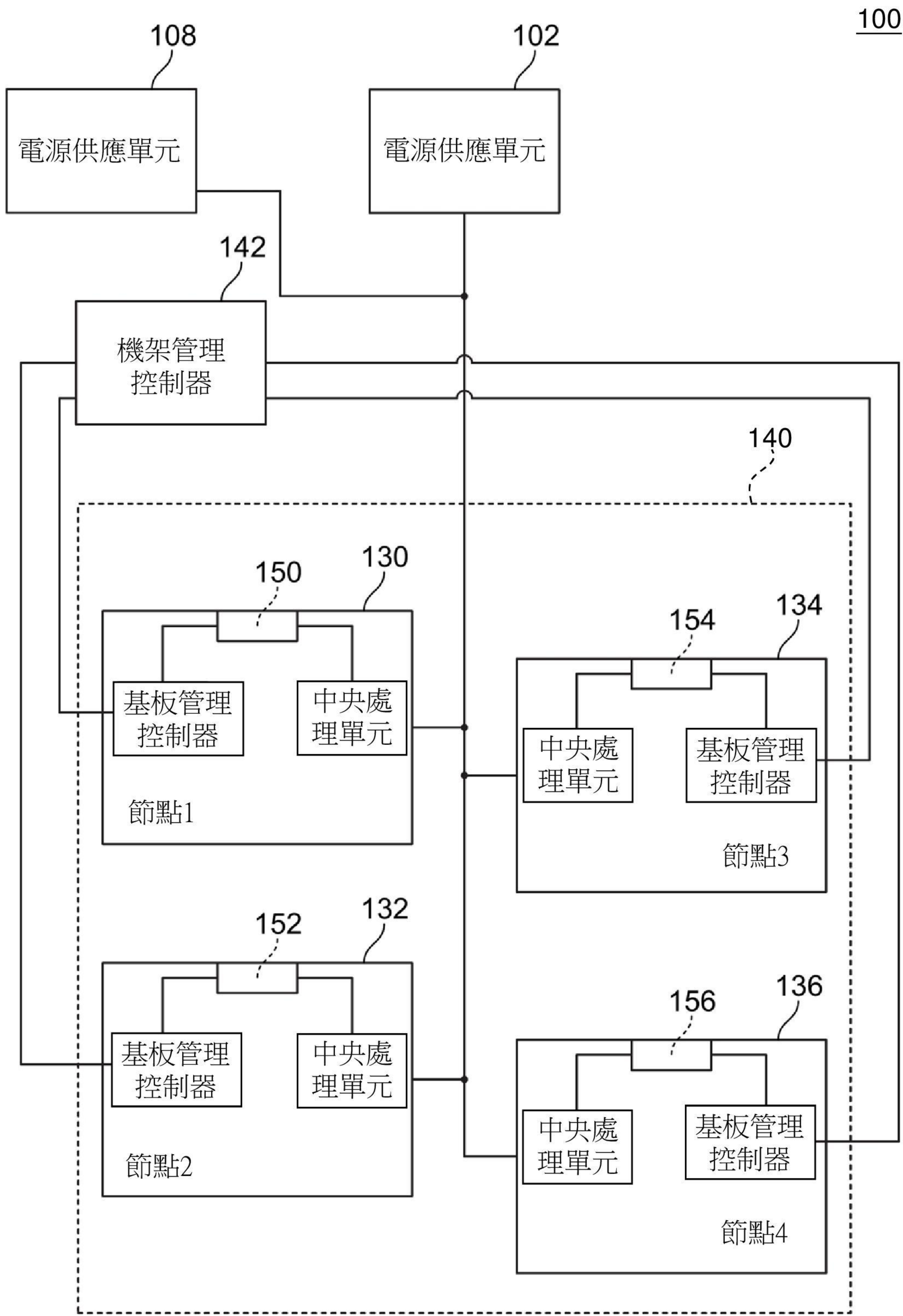
將各該些節點的該功率使用程度除以所有節

點的該功率使用程度的總和，以決定各該些節點的一功率使用比例；

將各該些節點的該實功率減去該節點的該額外平衡功率並加上該節點的一平衡功率預算，以決定各該些節點的一下個設定功率，其中該節點的該平衡功率預算係藉由將該總平衡功率預算乘以該節點的該功率使用比例來決定；及

調解各該些節點的該實功率達到該下個設定功率之值。

【發明圖式】



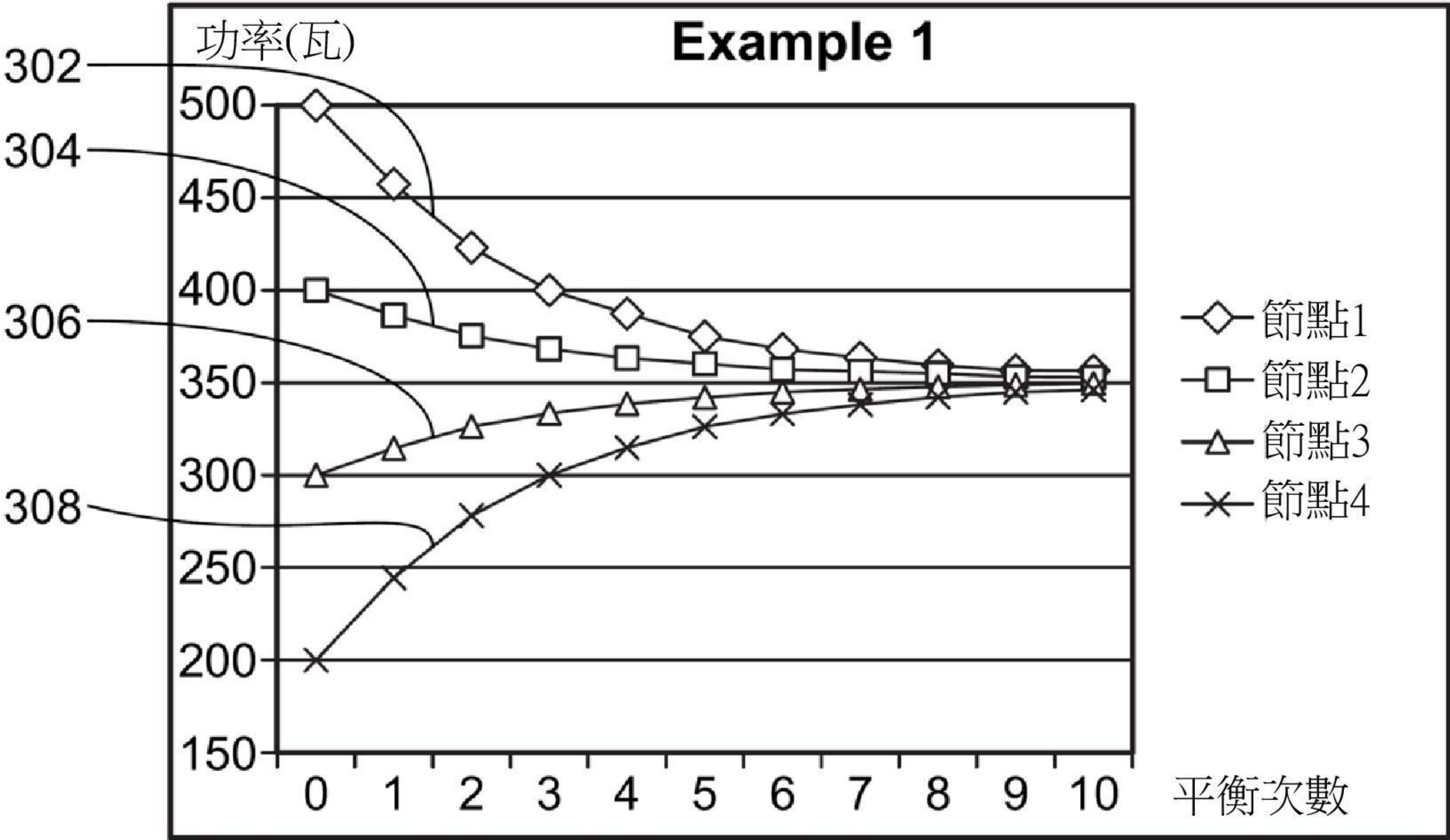
第 1 圖

第一次	SP	RP	SBPx	TBP	PUx	%(PUx)	ABPx	NSPx
節點1	500	500	150		1	0.25	105	455
節點2	400	400	120		1	0.25	105	385
節點3	300	300	90		1	0.25	105	315
節點4	200	200	60		1	0.25	105	245
總計	1400	1400	420	420	4		420	1400

第 2A 圖

第二次	SP	RP	SBPx	TBP	PUx	%(PUx)	ABPx	NSPx
節點1	455	455	136.5		1	0.25	105	423.5
節點2	385	385	115.5		1	0.25	105	374.5
節點3	315	315	94.5		1	0.25	105	325.5
節點4	245	245	73.5		1	0.25	105	276.5
總計	1400	1400	420	420	4		420	1400

第 2B 圖



第 3 圖

第一次	SP	RP	SBPx	TBP	PUx	%(PUx)	ABPx	NSPx
節點1	500.0	500.0	50.0		1.00	0.26	61.1	511.1
節點2	500.0	450.0	45.0		0.90	0.24	54.9	459.9
節點3	300.0	300.0	30.0		1.00	0.26	61.1	331.1
節點4	300.0	270.0	27.0		0.90	0.24	54.9	297.9
總計	1600.0	1520.0	152.0	232.0	3.8		232.0	1600.0

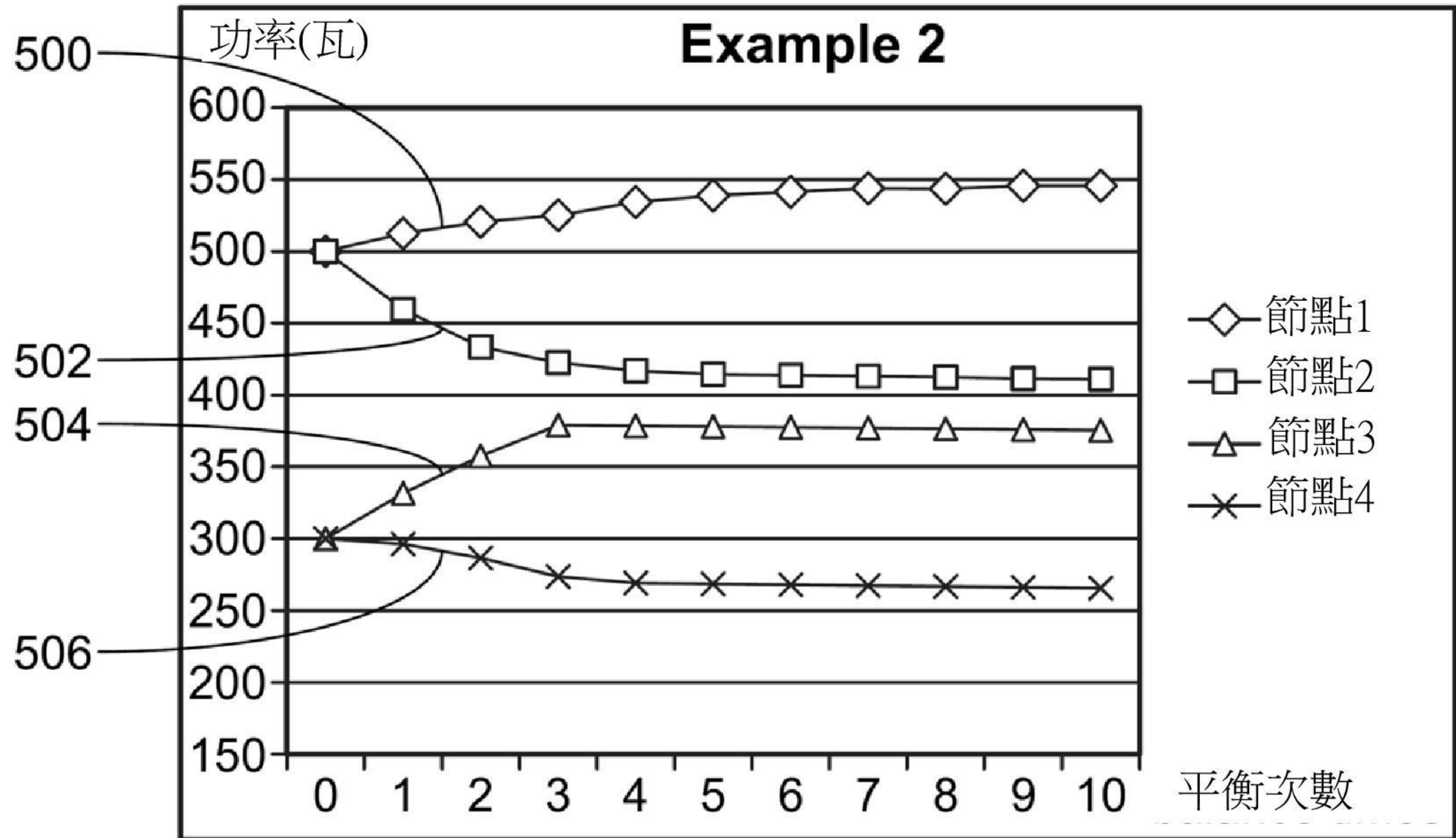
第 4A 圖

第二次	SP	RP	SBPx	TBP	PUx	%(PUx)	ABPx	NSPx
節點1	511.1	511.1	51.1		1.00	0.26	60.8	520.8
節點2	459.9	420.0	42.0		0.91	0.24	55.5	433.5
節點3	331.1	331.1	33.1		1.00	0.26	60.8	358.8
節點4	297.9	260.0	26.0		0.87	0.23	53.0	287.0
總計	1600.0	1522.2	152.2	230.0	3.8		230.0	1600.0

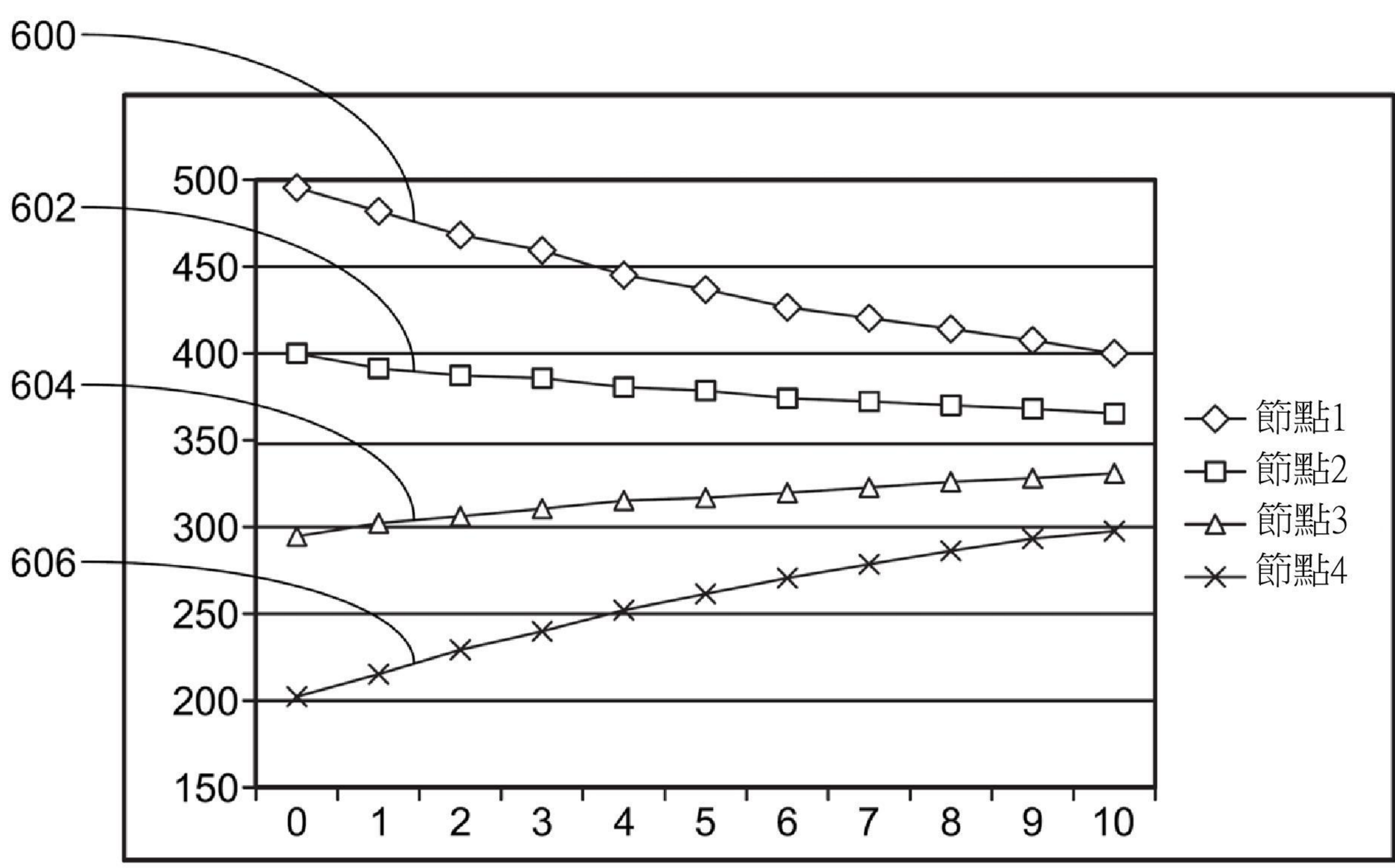
第 4B 圖

第三次	SP	RP	SBPx	TBP	PUx	%(PUx)	ABPx	NSPx
節點1	520.8	520.8	52.1		1.00	0.26	56.2	524.9
節點2	433.5	410.0	41.0		0.95	0.25	53.1	422.1
節點3	358.8	358.8	35.9		1.00	0.26	56.2	379.1
節點4	287.0	250.0	25.0		0.87	0.23	48.9	273.9
總計	1600.0	1539.6	154.0	214.4	3.8		214.4	1600.0

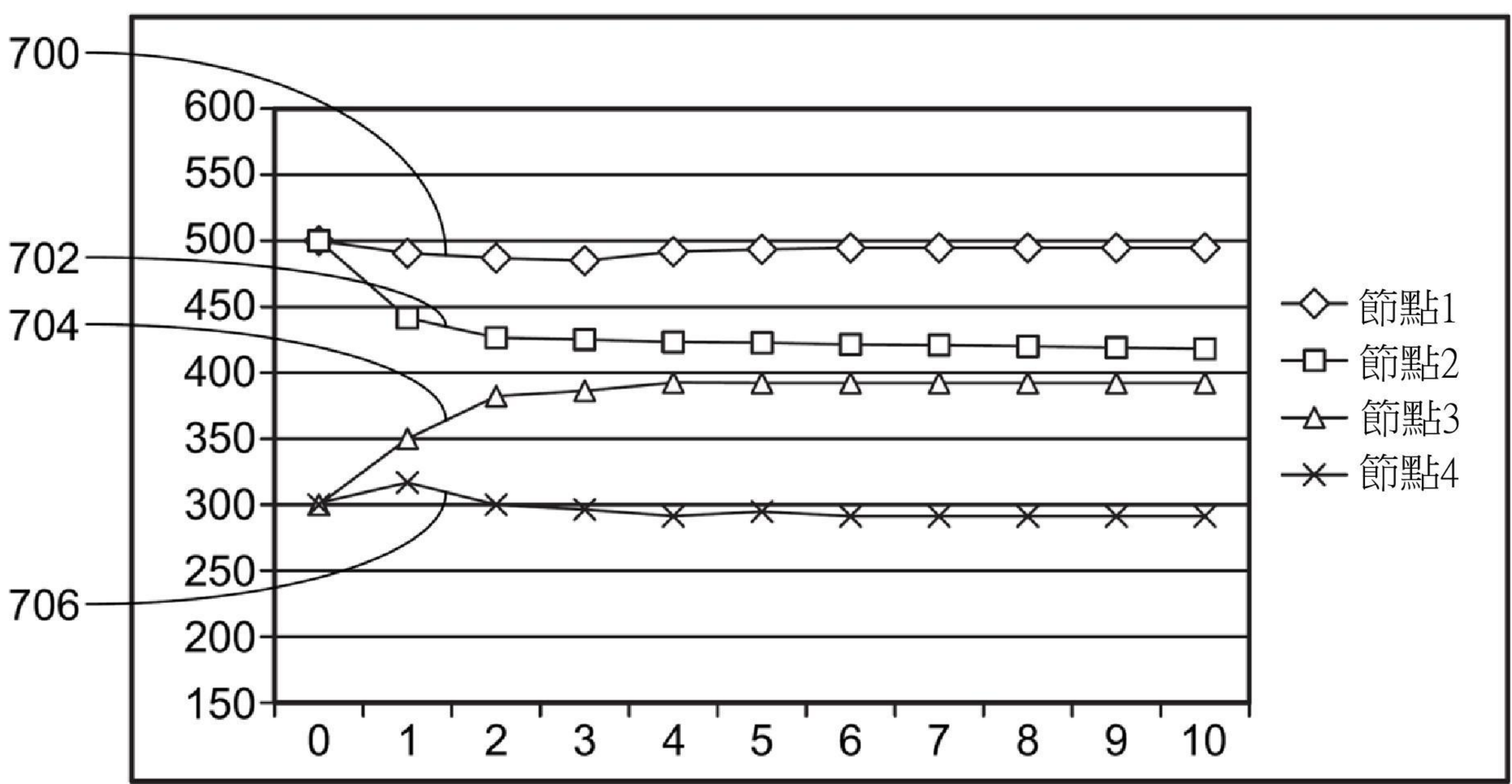
第 4C 圖



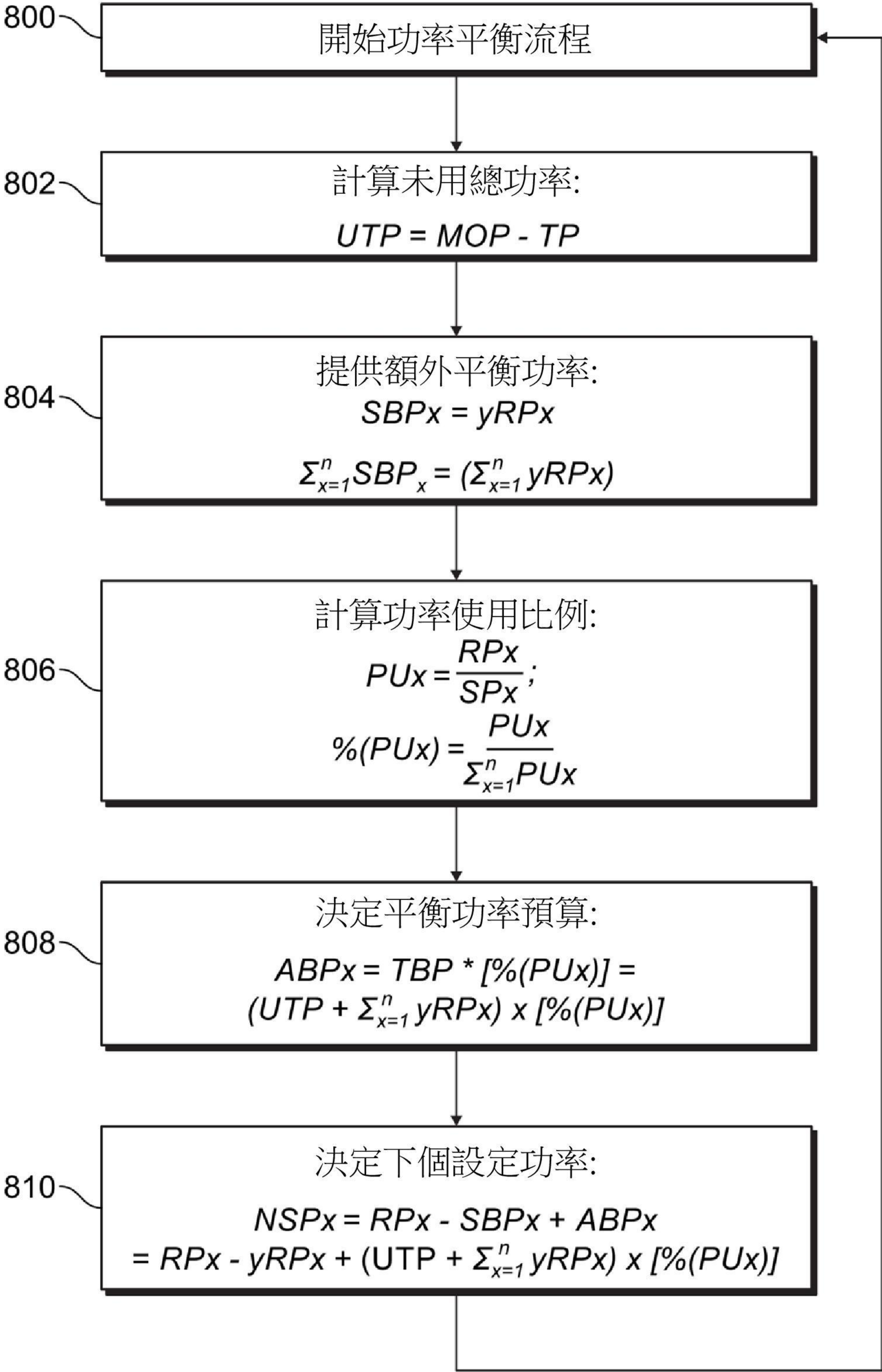
第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖