



(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 I475802 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：099115835

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 05 月 18 日

(51)Int. Cl. : **H03G3/20 (2006.01)**

(30)優先權：2009/08/07 日本

2009-184411

(71)申請人：京三製作所股份有限公司 (日本) KYOSAN ELECTRIC MFG. CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：讓原逸男 YUZURIHARA, ITSUO (JP)；秦佳久 HATA, YOSHIHISA (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 521541

US 4500563A

US 6271508B1

US 6472822B1

審查人員：陳明德

申請專利範圍項數：31 項 圖式數：27 共 96 頁

(54)名稱

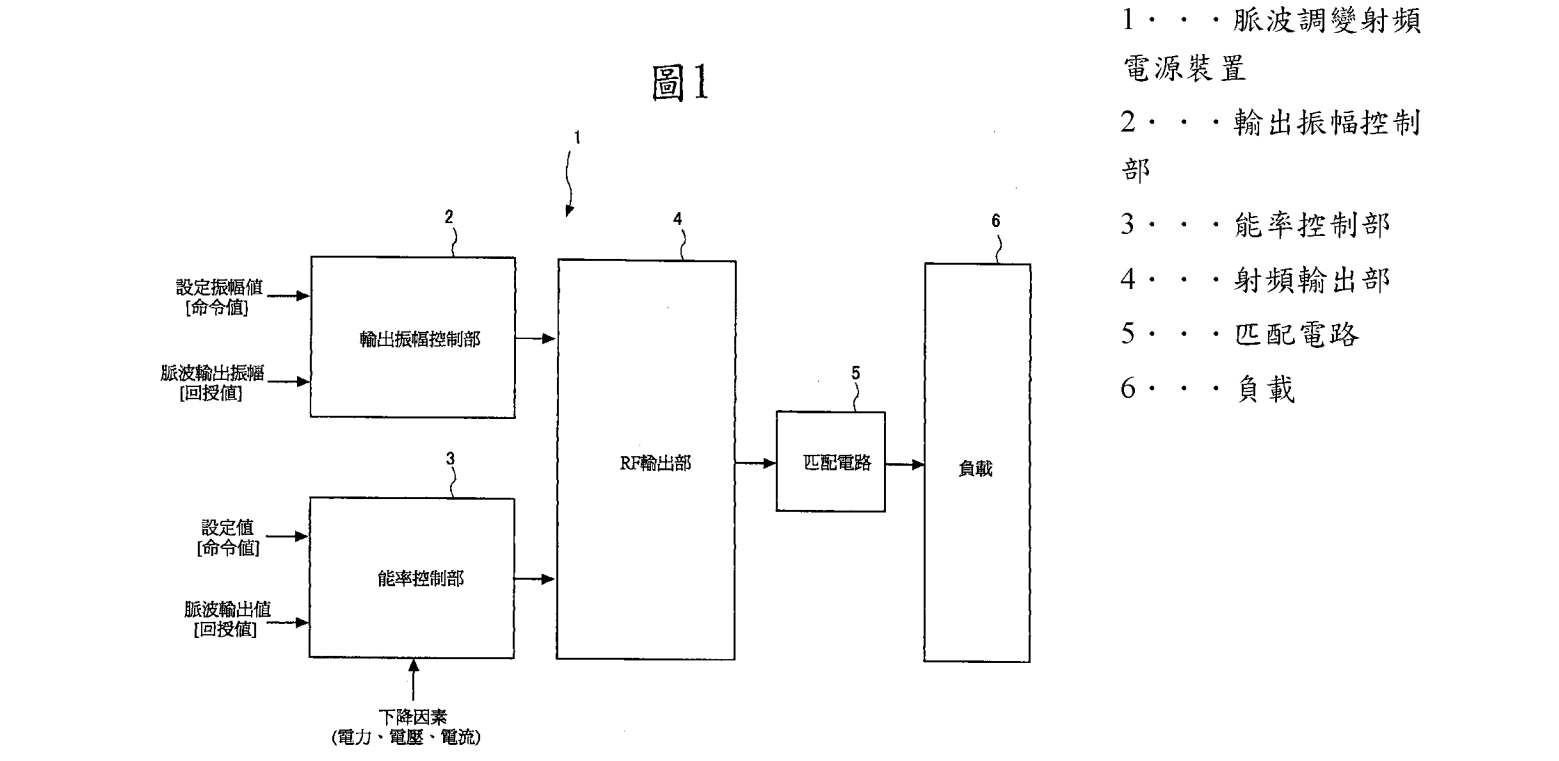
脈波調變射頻電力控制方法及脈波調變射頻電源裝置

PULSE MODULATED RF POWER CONTROL METHOD AND PULSE MODULATED RF POWER
SUPPLY DEVICE

(57)摘要

在脈波電力控制中，輸出電力的電力振幅(峰值電力)被控制為恆定來對抗電力的波動，藉此，能夠避免對負載的影響，此影響係由輸出電力的電力振幅之波動所產生。脈波調變 RF 電力控制方法包括：輸出振幅控制步驟，用以控制脈波輸出的振幅；以及能率(duty)控制步驟，用以控制脈波輸出的能率比。輸出振幅控制步驟執行恆定振幅控制，以控制脈波輸出的振幅值，使得振幅值變成等於設定振幅值。根據輸出振幅控制之恆定振幅控制例如指定由電力控制所輸出之脈波輸出的振幅值之回授值，獲得回授值和設定振幅值之間的差值，以及控制脈波輸出的振幅值，使得差值變成零。

In a pulse power control, power amplitude (peak power) of output power is controlled to be constant against the fluctuation of the power, whereby it is possible to avoid an effect on a load, which is caused by the fluctuation of the power amplitude of the output power. The pulse modulated RF power control method includes an output amplitude control step for controlling amplitude of a pulse output, and a duty control step for controlling a duty ratio of the pulse output. The output amplitude control step performs a constant amplitude control to control an amplitude value of the pulse output so that the amplitude value becomes equal to a set amplitude value. The constant amplitude control according to the output amplitude control, for instance, gives a feedback of the amplitude value of the pulse output outputted by the power control, obtains a difference value between the feedback value and the set amplitude value, and controls the amplitude value of the pulse output so that the difference value becomes zero.



777166

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：099115835

H03G 3/20 (2006.01)

※申請日：099 年 05 月 18 日

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文／英文)

脈波調變射頻電力控制方法及脈波調變射頻電源裝置

Pulse modulated RF power control method and pulse modulated RF power supply device

二、中文發明摘要：

在脈波電力控制中，輸出電力的電力振幅（峰值電力）被控制為恆定來對抗電力的波動，藉此，能夠避免對負載的影響，此影響係由輸出電力的電力振幅之波動所產生。脈波調變 RF 電力控制方法包括：輸出振幅控制步驟，用以控制脈波輸出的振幅；以及能率(duty)控制步驟，用以控制脈波輸出的能率比。輸出振幅控制步驟執行恆定振幅控制，以控制脈波輸出的振幅值，使得振幅值變成等於設定振幅值。根據輸出振幅控制之恆定振幅控制例如指定由電力控制所輸出之脈波輸出的振幅值之回授值，獲得回授值和設定振幅值之間的差值，以及控制脈波輸出的振幅值，使得差值變成零。

三、英文發明摘要：

In a pulse power control, power amplitude (peak power) of output power is controlled to be constant against the fluctuation of the power, whereby it is possible to avoid an effect on a load, which is caused by the fluctuation of the power amplitude of the output power. The pulse modulated RF power control method includes an output amplitude control step for controlling amplitude of a pulse output, and a duty control step for controlling a duty ratio of the pulse output. The output amplitude control step performs a constant amplitude control to control an amplitude value of the pulse output so that the amplitude value becomes equal to a set amplitude value. The constant amplitude control according to the output amplitude control, for instance, gives a feedback of the amplitude value of the pulse output outputted by the power control, obtains a difference value between the feedback value and the set amplitude value, and controls the amplitude value of the pulse output so that the difference value becomes zero.

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

1：脈波調變射頻電源裝置

2：輸出振幅控制部

3：能率控制部

4：射頻輸出部

5：匹配電路

6：負載

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】

本發明係關於射頻（RF）電力控制方法和 RF 電源裝置，尤其是，其係關於脈波電力調變，用以利用供應到負載之脈波式波形來調變電力。

【先前技術】

作為用以控制要被供應到負載之 RF 電力的方法，已知有執行建立從 RF 電源裝置所輸出之恆定正向電力的控制之方法（PF 控制），以及執行建立藉由從正向電力減掉反射電力所獲得之恆定負載電力的控制之方法（PL 控制），如同將分別被稱作“專利文件 1”和“專利文件 2”之日本未審查專利申請案號碼 2007-087908（見段落 0002 及 0009、0026、及 0027）和日本未審查專利申請案公開號碼 2009-111940（見段落 0002 及 0011）所揭示者。

作為用以控制輸出電力的振幅之方法，已知有連續電力控制法，用以控制連續電力的電力振幅；及脈波電力控制法，用以改變脈波寬度或脈波的能率比，如同將被稱作“專利文件 3”之日本專利號碼 4065820（見段落 0014 及 0015）所揭示者。

在控制脈波電力或連續電力中，已知在反射電力增加的例子中，輸出電力降低，以保護 RF 電源裝置。在用以控制負載電力的峰值之峰值負載電力控制中，當峰值反射電力波動時，峰值正向電力被控制成可變的。

在習知電力控制中，當峰值正向電力隨著反射電力波動一起改變時，峰值正向電力增加或減少。峰值正向電力的波動可能產生問題，諸如使輸出電力不穩定，及影響負載側上之室中所實行的處理等。

舉例來說，設置在 RF 電源和負載之間的匹配電路藉由匹配操作來匹配由於峰值正向電力的增加或減少所產生之阻抗變化。在此時，匹配點依據匹配電路的此匹配操作而波動。匹配點的此波動使電漿室中的阻抗不安定，以處理負載側上的電漿，且致使反射電力的進一步波動。結果，輸出電力變得不穩定。此外，當峰值正向電力波動時，使室內的電漿密度和電漿氛圍同時改變，因此，對室中所執行之處理的同質性和產量會產生不利的影響。

在由負載側上的電漿所執行之處理的操作期間，若正向電力的輸出降低以保護 RF 電源裝置，則在由於阻抗的變化而導致室中之峰值反射電力增加的情況中，有著正向電力的降低會致使電漿活化的減少、中斷處理發展、及影響產品品質之問題。

在負載側上的處理開始之時，在電漿尚未被點燃的狀態中，反射電力通常容易變大。在此，指出一問題，即若正向電力的輸出被降低以便保護 RF 電源裝置免於反射電力之增加的傷害，則電漿的點燃可能會變得更困難。

專利文件 1 說明在正向電力被控制成為恆定的同時增加反射電力之情況中，會有下列問題。

在正向電力被控制成為恆定的情況中，正向電力的峰

值被控制成爲恆定。因此，若增加反射電力，則供應給負載之電力量被降低，及改變室內的電漿狀態，藉以使負載阻抗能夠波動。此波動可能會從匹配狀態中產生偏移以後，無法保持電漿，且因此電漿消失。

此外，當供應給負載的電力之量變得不穩定且負載側阻抗波動時，匹配的目標點也可能變得不穩定。因此，匹配電路之可變阻抗元件的目標位置也可能變得不穩定，且會有可變阻抗元件產生擺動現象的可能性。如上述之匹配處理期間的此種擺動現象(hunting phenomenon)僅操作匹配電路之可變阻抗元件的一部分，且會縮短可變阻抗元件的使用期限。

因此，在習知電力控制中，當諸如正向電力和負載電力之輸出電力被控制時，輸出電力依據反射電力的波動而被增加或減少。因此，輸出電力的電力振幅變得不穩定，而產生諸如室內的電漿狀態之波動的問題。

本發明之目的在於藉由在脈波電力控制中將輸出電力的電力振幅（峰值電力）控制成爲恆定以對抗電力變化，以便防止由於輸出電力的電力振幅之波動而對負載造成的影響，以解決如上述之此種習知問題。

本發明之另一目的在於穩定地控制輸出電力的電力振幅，藉以使負載側上之電漿密度和電漿氛圍穩定，及提高藉由電漿處理所獲得到之處理同質性和藉由該處理所獲得到之產品品質二者。

此外，本發明之另一目的在於抑制平均反射電力以對

抗反射電力的增加，以使保護電源裝置，且同時維持正向電力的電力振幅（峰值正向電力），藉以去除不必要的匹配電路之匹配操作且使電漿負載穩定。

本發明之另一目的在於在負載處之處理開始時幫助室內電漿的產生。

【發明內容】

本發明係有關電力控制，其包括：輸出振幅控制，其執行恆定電力控制，使得輸出電力的電力振幅變成等於設定值；以及能率控制，用以控制脈波電力的能率比，使得對應於輸出電力量之量變成等於設定值，藉以對輸出電力的電力振幅建立穩定控制，且保護電源裝置以對抗反射電力的增加。

本發明包括脈波調變 RF 電力控制方法的態樣和脈波調變 RF 電源裝置的態樣，以及本發明之態樣的其中之一或二者通常結合輸出振幅控制，其對輸出電力的電力振幅執行恆定電力控制；及能率控制，用以藉由使用脈波電力的能率比來控制對應於輸出電力量之量，藉以對輸出電力的電力振幅實施穩定控制，並保護電源裝置以對抗反射電力的增加。

根據本發明的脈波調變 RF 電力控制方法為用來控制 RF 電力之方法，其控制要被供應到負載之 RF 電力。依據本發明的控制方法而被輸出到負載之 RF 輸出為脈波輸出。連續輸出為在時間上被連續輸出之 RF 電力，但是脈波

輸出為在時間上被間歇輸出之 RF 電力。在時間上被間歇輸出之脈波輸出被輪流提供有兩個時間週期；當峰值電力被供應到負載時之時間週期（ON 週期），及當小於峰值電力的電力被供應到負載時之時間週期（OFF 週期）。在此，當峰值電力被供應到負載時之時間週期被假設為 ON 週期，及當小於峰值電力的電力被供應到負載時之時間週期被假設為 OFF 週期。以 ON 週期和 OFF 週期的組合方式來供應電力，該組合被假設為一個循環(cycle)。

圖 27 為 RF 電力的脈波輸出被供應到負載之脈波調變 RF 控制的說明圖。在圖 27A 中，在時間上間歇性供應 RF 電力，其中， T_{cyc} 被假設為一個循環。一個循環（ T_{cyc} ）係供應有 ON 週期（ T_{on} ）和 OFF 週期（ T_{off} ）。藉由控制 ON 週期和 OFF 週期的比率（能率比），脈波調變 RF 電力控制控制要被供應到負載之電力，在 ON 週期和 OFF 週期的比率（能率比）中，在 ON 週期中供應 RF 電力而在 OFF 週期中調整 RF 電力。

圖 27A 及圖 27B 圖解同一個輸出狀態。

圖 27B 圖示 ON 週期中之 RF 電力的簡化改變狀態。

下面說明中的各個圖式以與圖 27B 相同方式來簡化 RF 電力的輸出狀態。

假設本發明之 OFF 週期除了當峰值電力並未供應到負載時之時間週期外，還包括用以供應小於峰值電力之電力的時間週期。此外，在本發明中，假設峰值電力的“峰值”一詞指示最大電力振幅。經由例子，“峰值正向電力”表示

在從 RF 電源行經到負載的正向電力之中具有最大振幅值之正向電力。另一方面，振幅值並未到達最大振幅之正向電力簡單表示為“正向電力”。

本發明的脈波調變 RF 電力控制方法包括輸出振幅控制步驟，用以控制脈波輸出的振幅；以及能率控制步驟，用以控制脈波輸出的能率比。

輸出振幅控制步驟控制脈波輸出的振幅值，且執行恆定振幅控制，使得振幅值變成等於設定振幅值。例如，依據輸出振幅控制之恆定振幅控制給予由電力控制所輸出的脈波輸出之振幅值的回授，獲得回授值和設定振幅值之間的差值，及控制脈波輸出的振幅值，使得差值變零。可藉由 PWM（脈波寬度調變）控制來實施輸出振幅控制。例如，依據差值調整 ON 週期的持續時間，以形成脈波控制信號，然後輸入的 DC 電力經過所形成之脈波控制信號的切換，藉以控制脈波輸出的振幅值。

能率控制步驟控制脈波輸出的能率比，且執行恆定電力控制，使得由能率比所決定的電力量變成等於設定電力值。

在此，藉由能率控制步驟而受到恆定電力控制的電力量例如可以是峰值正向電力的平均電力值，或從峰值正向電力和峰值反射電力所獲得之峰值負載電力的平均電力值。在此，峰值反射電力對應於從負載返回到 RF 電源側之反射電力的最大振幅，及峰值負載電力對應於供應給負載之負載電力的最大振幅。

峰值正向電力的平均電力值和峰值負載電力的平均電力值二者對應於從 RF 電源測供應給負載側之電力的平均電力值。

能率控制步驟中之恆定電力控制係要控制從 RF 電源供應到負載側之電力量，使得電力量變成等於設定電力值，及保持恆定而不受暫時波動的影響。電力量並不侷限於峰值正向電力或峰值負載電力的平均電力值，拿來作為上述說明中的例子，但是亦可應用峰值正向電力或峰值負載電力的媒體值或最經常值，他們為經常表示電力量的值。

依據本發明之脈波調變 RF 電力控制方法獨立地執行輸出振幅控制步驟和能率控制步驟，且執行 RF 電力的脈波調變，藉此，在不彼此干擾之下操作兩種控制。因此，例如，能夠操作控制，使得峰值正向電力變成恆定，且同時平均正向電力亦變成恆定。

輸出振幅控制步驟和能率控制步驟亦可執行控制，除了供應到負載之電力外，假設供應到負載之電壓和電流為脈波輸出的控制目標。

在依據本發明的脈波調變 RF 電力控制方法中，能率控制步驟另外包括以下步驟：藉由控制能率比將未輸出 RF 電力之 OFF 時間設定為零，及執行控制，使得脈波輸出的電力量變成等於脈波輸出的振幅值，以便將脈波輸出切換成為連續輸出。

本發明的脈波調變 RF 電力控制方法可包括兩個模式：用以執行假設峰值正向電力做為控制目標之控制的模式

；以及假設平均負載電力做為控制目標之控制的模式。

在能率控制步驟中，在執行假設峰值正向電力做為控制目標之控制的模式中，脈波輸出的控制目標係針對峰值正向電力。在輸出振幅控制步驟中，執行恆定振幅控制，使得峰值正向電力的振幅值變成等於設定振幅值。在能率控制步驟中，執行恆定電力控制，使得由能率比所決定之峰值正向電力的平均電力值變成等於設定電力值，且因此，峰值正向電力被控制。

能率控制步驟包括脈波輸出控制，用以產生不連續的輸出；以及連續輸出控制，用以使脈波輸出變成連續輸出。

在脈波輸出控制中，在由脈波輸出的一個循環中之 ON 週期和 OFF 週期所決定的能率比中，ON 週期被設定成小於 100%，及峰值正向電力的平均電力值被控制變成小於峰值正向電力的振幅值，使得脈波輸出變成不連續輸出。

在連續輸出控制中，在由脈波輸出的一個循環內之 ON 週期和 OFF 週期所決定的能率比中，OFF 週期被設定成 0%而 ON 週期被設定成 100%，使得脈波輸出變成連續輸出。

此控制使得峰值正向波電力的平均電力值被控制而變成等於峰值正向波電力的振幅值。

在能率控制步驟中，在用以執行假設平均負載電力做為控制目標之控制的模式中，在輸出振幅控制步驟中，脈

波輸出的控制目標係針對峰值正向電力，而在能率控制步驟中，脈波輸出的控制目標係針對平均負載電力。輸出振幅控制步驟執行恆定振幅控制，使得峰值正向電力的振幅值變成恆定，及能率控制步驟執行恆定電力控制，使得獲得自由能率比所決定之峰值正向電力和峰值反射電力的峰值負載電力之平均電力值變成等於設定電力值，且因此，平均負載電力被控制。

在依據本發明的能率控制中，根據藉由輸出振幅控制步驟的恆定電力控制所獲得到之回授值，以使脈波輸出的能率比增加或減少。

在增加或減少能率比之控制中，能率控制步驟給予峰值反射電力值的回授，且當峰值反射電力係增加時，能率比中的 ON 週期之比例降低，以便抑制平均反射電力的增加。

在增加或減少能率比之控制中，能率控制步驟給予峰值反射電力值的回授，且當峰值反射電力係增加時，能率比中的 ON 週期之比例擴大，以便控制平均負載電力而為恆定。

在負載電力控制中，當峰值反射電力波動時，若峰值正向電力被控制成執行峰值負載電力控制，則負載側上之電漿密度可能波動，並且由於峰值正向電力的波動而引起不穩定。另一方面，若調整能率比的 OM 週期之比例，以控制平均負載電力變成恆定值，則能夠穩定化峰值正向電力的輸出。

在 RF 電力受連續輸出控制的控制之例子中，若峰值反射電力的振幅值過大，則可應用根據本發明的脈波調變 RF 電力控制方法，藉以抑制平均反射電力的增加。

可應用脈波調變 RF 電力控制以取代連續輸出控制之控制模式包括：連續正向電力控制模式和處理開始控制模式；前者是在穩態中根據連續輸出來供應峰值正向電力之控制模式，而後者是藉由 RF 電源裝置來開始電漿負載處理以及點燃電漿之控制模式。

在連續正向電力控制模式中，在穩態中連續地輸出恆定峰值正向電力，及當峰值反射電力的振幅值在此連續輸出期間變得過大時，藉由從連續輸出控制切換來應用脈波輸出控制，藉以控制能率比，且因此抑制平均反射電力的增加。

另一方面，在處理開始控制模式中，在增加峰值正向電力的階段期間應用脈波輸出控制，而在峰值正向電力到達預定值之後，將脈波輸出控制切換成連續輸出控制。當峰值反射電力的振幅值在峰值正向電力增加期間變得過大時，將連續輸出控制切換成脈波輸出控制及應用脈波輸出控制，藉以控制能率比，且因此抑制平均反射電力的增加。

在穩態中供應峰值正向電力之控制模式中（連續正向電力控制模式），室內之阻抗可能由於處理期間之氣體壓力和離子反應的變化而改變，且暫時地增加反射電力。在如上述增加反射電力之情況中，若以習知方式來降低輸出

電力，則室內之電漿由於匹配電路的匹配操作之組合動作 (movement) 而變得不穩定。

另一方面，在本發明中，脈波能率比的 ON 週期之比例被假設為 100%，及使平均正向電力和峰值正向電力匹配，以建立連續正向電力控制模式。在此種條件下，若峰值反射電力的振幅值過大，則能率比的 ON 週期之比例自 100% 下降，且將連續輸出控制切換成為脈波輸出控制，藉以抑制平均反射電力的增加。

利用如上述之控制，能夠避免峰值正向電力的改變，使到負載的電源能夠穩定。

應注意的是，在處理開始控制模式中，具有在點燃電漿之前峰值反射電力增加的傾向。在此時，若如習知一般地降低輸出電力，則輸出電壓變成低於點燃室中電漿所需之電壓，使其難以點燃電漿。

另一方面，在本發明的處理開始控制模式中，在連續輸出控制中增加峰值正向電力的同時亦供應峰值正向電力，且若峰值反射電力的振幅值在增加峰值正向電力的過程中過大，則能率比的 ON 週期之比例自 100% 下降，並將連續輸出控制切換成脈波輸出控制。然後，在藉由點燃電漿將峰值反射電力下降到可允許的範圍之後，增加峰值正向電力，接著，將能率比的 ON 週期之比例恢復到 100%，及將脈波輸出控制切換成連續輸出控制。因此，在當增加峰值正向電力時的時間週期期間，能夠抑制平均反射電力的增加。

依據如上述之控制，即使當增加峰值反射電力時，仍在抑制平均反射電力的同時維持峰值正向電力之供應。因此，這有助於點燃電漿，且在點燃室內的電漿之後，電漿氛圍變成正常，及使峰值反射電力減少。因此，藉由能率控制而將能率比的 ON 週期之比例恢復到 100%，且將脈波輸出控制切換成連續輸出控制。

例如，藉由比較峰值反射電力的回授值與設定值，以決定峰值反射電力的振幅值是否過大。此外，進一步能夠藉由比較峰值反射電力的回授值之增加比率與設定值來作成決定。

處理開始控制模式可藉由能率控制來予以執行，以取代上述的連續輸出控制。

在處理開始控制模式期間的能率控制中，當峰值反射電力的振幅值係過大時，使能率比的 ON 週期之比例逐漸增加，藉以抑制平均反射電力的增加。

利用上述控制，即使當峰值反射電力係增加時，仍能夠在抑制平均反射電力的同時維持峰值正向電力之供應。因此，能夠點燃電漿，且在點燃室內的電漿之後，電漿氛圍變成正常，然後降低峰值反射電力。結果，藉由能率控制而將能率比的 ON 週期之比例變成 100%，且將能率控制切換成連續輸出控制。

在依據本發明之脈波調變 RF 電力控制的能率控制中，脈波輸出的一個循環包括 ON 週期和 OFF 週期，且依據時間週期的每一個中之電力位準而具有兩電力控制模式。

電力控制模式的其中之一是 ON/OFF 電力控制，其中，在能率控制中，OFF 週期期間之脈波輸出的電力值被假設為零，而 ON 週期期間之脈波輸出的電力值被假設為設定電力值。另一個電力控制模式是 HIGH/LOW 電力控制，其中，OFF 週期期間之脈波輸出的電力值被假設為界定在零和設定電力值之間的預定電力值，而 ON 週期期間之脈波輸出的電力值被假設為設定電力值。

HIGH/LOW 電力控制將 LOW 週期期間之脈波的電力位準設定為等於或高於預定值，藉以避免 OFF 週期期間電漿消失的情況。

在本發明的脈波調變 RF 電力控制中，可應用一個以上的控制模式作為能率控制。

作為能率控制之控制模式的其中之一是使用恆定頻率之 PWM（脈波寬度調變）控制，且在保持頻率恆定的同時，其控制 ON 週期持續期間和 OFF 週期持續期間之間的持續期間之比率。能率控制之另一個控制模式是使用恆定 ON 週期持續期間或恆定 OFF 週期持續期間之 PFM（脈波頻率調變）控制，且其在保持 ON 週期持續期間恆定的同時，藉由改變 OFF 週期持續期間，或者在保持 OFF 週期持續期間恆定的同時，藉由改變 ON 週期的持續期間，以控制脈波輸出的頻率。

藉由輸出振幅控制所執行之 PWM 振幅控制係藉由切換輸入的 DC 電力來控制脈波輸出的振幅值，而由能率控制所執行之 PWM 控制係在保持由輸出振幅控制所控制之

振幅值的同時控制平均正向電力。那些控制的控制目標彼此不同，且彼此不干擾，藉以能夠分別獨立控制。因此，即使當峰值反射電力增加時，也能夠控制平均正向電力，卻不必降低峰值正向電力的振幅值。

接著，將說明依據本發明之脈波調變 RF 電源裝置的一個態樣。

本發明的脈波調變 RF 電源裝置係供應 RF 電力到負載，且包括 RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出；輸出振幅控制部，用以控制脈波輸出的振幅；以及能率控制部，用以控制脈波輸出的能率比。

輸出振幅控制部控制脈波輸出的振幅值，及執行恆定振幅控制，使得振幅值變成等於設定振幅值。能率控制部控制脈波輸出的能率比，及執行恆定電力控制，使得由能率比所決定之電力量變成等於設定電力值。輸出振幅控制部和能率控制部獨立地各自控制 RF 輸出部，藉以執行 RF 電力的脈波調變。

本發明的脈波調變 RF 電源裝置具有包括如上述之輸出振幅控制部和能率控制部的組態，且此組態能夠實施結合在如上述的脈波調變 RF 電力控制中之控制元件的每一個。

需注意的是，脈波調變 RF 電源裝置所實施之脈波調變 RF 電力控制的控制元件與上述者相同，因此，在此將不再贅述。

用以實施脈波調變 RF 電力控制之控制元件的每一個

之硬體可構成輸出振幅控制部和能率控制部。此外，CPU、用以實施控制元件的每一個之程式、用以儲存計算結果之記憶體等亦可構成那些控制部。

輸出振幅控制部可結合例如誤差偵測器，用以獲得設定振幅值（振幅命令值）和來自 RF 輸出部的回授之脈波輸出的振幅值之間的差；以及 PWM 控制器，用以根據由誤差偵測器所偵測到的差值來執行關於來自振盪器的脈波信號之 PWM 控制。

能率控制部可結合例如誤差偵測器，用以獲得設定電力值（平均電力命令值）和來自 RF 輸出部之回授的平均值之間的差值；以及能率比修改符(modifier)，其根據由誤差偵測器所偵測到的差值來修改關於來自振盪器的脈波信號之脈波信號的能率比。

RF 輸出部執行 DC 電力的脈波調變和輸出 RF 電力。RF 輸出部依據來自輸出振幅控制部的控制信號執行 DC 電力的恆定振幅控制，且執行脈波調變，使得振幅值變成等於設定振幅值。接著，根據來自能率控制部的控制信號，RF 控制部控制經過輸出振幅控制部的恆定振幅控制之脈波輸出的能率比，及執行恆定電力控制，使得脈波輸出電力量變成等於設定電力值。

RF 輸出部係設置有放大器，其根據來自輸出振幅控制部的控制信號而在 DC 電力上執行恆定振幅控制，及輸出脈波輸出；以及切換電路，用以根據來自能率控制部的控制信號，在來自輸出振幅控制部的脈波輸出上執行恆定

電力控制。此外，RF 輸出部係另外設置有偵測器，用以偵測經過在能率控制部的脈波調變之脈波輸出，及將脈波輸出的回授給予輸出振幅控制部和能率控制部。設置在 RF 輸出部之偵測器不僅偵測脈波輸出的電力，而且偵測電壓和電流，使係此種偵測值的任一個能夠被使用作為回授值。

RF 輸出部供應脈波輸出到負載。在供應脈波輸出中，匹配盒(matching box)設置在 RF 輸出部和負載之間，以實行阻抗匹配。

依據本發明的態樣，輸出電力的電力振幅被穩定地控制，藉以使負載側上之電漿密度和電漿氛圍穩定，且增加由電漿處理所獲得到之處理同質性，和由處理所獲得到之產品品質。

依據本發明的態樣，抑制平均反射電力以對抗反射電力的增加，以便在維持正向電力之電力振幅（峰值正向電力）的同時，保護電源裝置，藉以去除不必要的匹配盒之匹配操作的需要，及使電漿負載穩定。

此外，依據本發明的態樣，在負載側上的處理開始時有助於室內之電漿的產生。

如上所述，依據本發明的脈波調變 RF 電力控制方法和脈波調變 RF 電源裝置，能夠控制輸出電力的電力振幅（峰值電力）為恆定，以對抗脈波電力控制中的電力波動，藉以避免由於輸出電力的電力振幅之波動所產生之對負載的影響。

【實施方式】

下面，將參考附圖來詳細說明本發明的較佳實施例。

參考圖 1 至圖 5，將說明本發明之脈波調變 RF 電源裝置的基本組態和本發明之脈波調變 RF 電力控制方法；參考圖 6 至圖 8，將說明有關採用正向電力作為控制目標之例子；參考圖 9 至圖 12，將說明有關當增加峰值反射電力時之處理的例子；參考圖 13 至圖 16，將說明有關由脈波峰值負載電力控制來控制脈波輸出的負載之情況；參考圖 17 至圖 20，將說明有關應用能率控制到連續正向電力控制模式之情況；參考圖 21 至圖 24，將說明有關應用能率控制到連續正向電力控制模式以便在諸如處理開始之時序中增加峰值正向電力之情況；參考圖 25 及圖 26，將說明有關在能率控制中增加諸如處理開始之時序中的峰值正向電力之情況。

[脈波調變 RF 電力控制之基本組態]

首先，參考圖 1，將說明有關依據本發明之脈波調變 RF 電源裝置的概要組態。脈波調變 RF 電源裝置 1 結合輸出振幅控制部 2，用以控制脈波輸出的振幅；能率控制部 3，用以控制脈波輸出的能率比；及 RF 輸出部 4，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，且 RF 輸出部 4 輸出 RF 輸出到負載 6。負載 6 例如可以是產生在室內之電漿負載。

匹配電路 5 可被連接在 RF 輸出部 4 和負載 6 之間，

以匹配其間的阻抗。

RF 輸出部 4 執行 DC 電力的脈波調變且產生 RF 輸出。DC 電力可獲得自 DC 電源，或 DC 電力係可藉由使 AC 電力受到 AC/DC 轉換而被獲得。電力在 RF 輸出部 4 和負載 6 之間雙向傳送。正向電力從 RF 輸出部 4 供應到負載 6，且反射電力從負載 6 返回到 RF 輸出部 4。根據正向電力和反射電力之間的差異，供應從 RF 輸出部 4 引導到負載 6 的負載電力。在此處，正向電力的最大振幅被稱作“峰值正向電力”，及反射電力的最大振幅被稱作“峰值反射電力”。

依據輸出振幅控制部 2 的脈波輸出之振幅控制和依據能率控制部 3 的電力量控制來執行脈波調變。

輸出振幅控制部 2 輸入設定振幅值當作命令值，輸入脈波輸出的振幅值當作回授值，且執行恆定振幅控制，使得振幅值變成等於設定振幅值。可將電力值、電壓值、或電流值假設為脈波輸出的振幅值，及設置在 RF 輸出部 4 內之偵測器，或設置在 RF 輸出部 4 和負載 6 之間的偵測器能夠偵測此振幅值。在輸出振幅控制部 2 的恆定振幅控制中，脈波輸出的振幅值（峰值）被控制變成等於設定值。

能率控制部 3 輸入設定值當作命令值，及輸入脈波輸出值當作回授值。然後，能率控制部控制能率比，使得脈波輸出值變成等於設定值，且執行恆定值控制，使得由能率比所界定的值變成等於設定值。脈波輸出值可藉由電力

值、電壓值、或電流值來予以表示。

例如，能夠假設對應於脈波輸出的電力值之量為平均正向電力。在此情況中，平均輸出電力命令值被使用當作設定值。能率控制部 3 的恆定電力控制係用以執行有關從 RF 電源側供應到負載側的電力之控制，使得電力量經常變成等於平均輸出電力命令值，卻不必依賴暫時波動。此值並不侷限於峰值正向電力或峰值負載電力的平均電力值，而是亦可應用經常表示電力量的其他值，諸如峰值正向電力或峰值負載電力的媒體值或最經常值等。

本發明的輸出振幅控制部 2 和能率控制部 3 獨立地控制 RF 輸出部 4，以執行 RF 電力的脈波調變。

應注意的是，在圖 1 中，為了說明簡單起見，將輸出振幅控制部 2 和能率控制部 3 圖解成為分開元件，但是可將他們組構成為一個控制部。而且，RF 輸出部 4 被圖解為個別元件，但是它可與結合輸出振幅控制部 2 和能率控制部 3 的組合控制部一起組構成為一個電路。

需注意的是，各個控制部和 RF 輸出部可以是結合 CPU、儲存使 CPU 能夠執行各個信號之程式以及計算處理結果的記憶體等之硬體組態，或軟體組態。

[能率控制]

參考圖 2 及圖 3，將說明依據能率控制部 3 的能率控制。

在能率控制中，脈波輸出的能率控制被改變，藉以執

行輸出電力值的脈波調變。在此處，說明採用正向電力當作例子。在根據本發明的脈波調變 RF 電力控制中，輸出振幅控制部 2 執行控制，使得峰值正向電力 P_F 的最大振幅值（峰值）變成等於設定值。在將峰值正向電力維持成設定值的同時，能率比被控制成平均正向電力 P_{FAV} 變成等於設定電力值。

脈波電力的一個循環係提供有 ON 週期和 OFF 週期，且根據週期的每一個之電力位準具有兩個電力控制模式。

一個電力控制模式是能率控制中的 ON/OFF 電力控制，其中，將 OFF 週期期間之脈波輸出的電力值假設為零，且將 ON 週期期間之脈波輸出的電力值假設為設定電力值。圖 2 圖解此 ON/OFF 電力控制。在圖 2 中，一個循環 T_{cyc} 包括 ON 持續期間 T_{on} ，其為用以輸出峰值正向電力之週期；及 OFF 持續期間 T_{off} ，其為當沒有電力輸出時之週期，及依據 T_{on} 及 T_{off} 來決定能率比。例如，能率比係以 ON 能率 D_{on} 來表示，ON 能率 D_{on} 為 ON 持續期間 T_{on} 對一個循環 T_{cyc} 的比率。

$$D_{on} = T_{on} / (T_{on} + T_{off})$$

$$T_{cyc} = T_{on} + T_{off}$$

平均正向電力 P_{FAV} 可藉由使用 ON 能率 D_{on} 以下面公式來表示。

$$P_{FAV} = P_F \times D_{on}$$

因此，藉由改變 ON 能率 D_{on} ，能夠執行控制，以讓平均正向電力 P_{FAV} 成為預定電力值。

在此能率控制中，當能率比被控制成平均正向電力 P_{FAV} 變成等於設定電力值時，能夠使平均正向電力 P_{FAV} 變成下降。例如，反射電力的增加（圖 2B）或反射電壓或電流的增加可以是產生平均正向電力 P_{FAV} 下降之因素。

如圖 2A 所示，其可被控制而使 ON 能率 D_{on} 降低，藉以降低平均正向電力 P_{FAV} ，以防備產生平均正向電力 P_{FAV} 下降之因素。

另一電力控制模式是能率控制中的 HIGH/LOW 電力控制，其中，OFF 週期期間之脈波輸出的電力值被假設為界定在零和設定電力值之間的持續期間之預定電力值，以及 ON 週期期間之脈波輸出的電力值被假設為設定電力值。

圖 3 圖解 HIGH/LOW 電力控制。在圖 3 中，一個循環 T_{cyc} 包括 HIGH 持續期間 T_{high} ，其為用以輸出峰值正向電力之週期；及 LOW 持續期間 T_{low} ，其為使電力輸出成為低於峰值正向電力的正向電力低位準 P_{low} 之週期。根據 T_{high} 和 T_{low} 來決定能率比。例如，能率比係以 HIGH 持續期間 T_{high} 對一個循環 T_{cyc} 的比率來表示。平均正向電力 P_{FAV} 係由此能率比、峰值正向電力 P_F 、及正向電力低位準 P_{low} 來決定。

HIGH/LOW 電力控制將 LOW 週期期間之脈波的電力位準設定為等於或高於預定值，藉以避免在 LOW 週期期間電漿消失的情況。

接著，參考圖 4，將說明能率控制的控制模式。

能率控制的一個控制模式為保持頻率恆定之 PWM 控制。圖 4A 為解說 PWM 控制圖。

頻率被保持恆定。在圖 4A 至圖 4C 中，循環 T_{cyc} 被保持恆定。在 ON 週期持續期間 T_{on} 和 OFF 週期持續期間 T_{off} 之間的時間持續之比率被控制。以時間持續 T_{on} 的比例之上升順序來圖解圖 4A 至圖 4C。

能率控制的另一個控制模式為 PFM 控制，其保持 ON 持續期間或 OFF 持續期間恆定。

圖 4D 至圖 4F 圖解保持 ON 週期的時間持續恆定而改變 OFF 週期的時間持續之 PFM 控制的例子，以 OFF 週期時間持續 T_{off} 的上升順序來圖解那些例子。

圖 4G 至圖 4I 圖解保持 OFF 週期的時間持續恆定而改變 ON 週期的時間持續之 PFM 控制的例子，以 ON 週期時間持續 T_{on} 的上升順序來圖解那些例子。

[脈波調變 RF 電源裝置的組態例子]

接著，參考圖 5，將解說有關脈波調變 RF 電源裝置 1 的更詳細組態例子。

RF 輸出部 4 係設置有電路部，用以根據來自輸出振幅控制部 2 的控制信號，在 DC 輸入電力的振幅值上執行

PWM 控制；以及電路部，用以根據來自能率控制部 3 的控制信號，控制脈波輸出的能率比。

例如，用以操作 PWM 控制之電路部可結合切換電路 4a，用以改變 DC 輸入電力的振幅值；以及平滑電路 4b，用以從其振幅值已受到切換電路 4a 所控制之 DC 電力中去除雜訊成分。

作為 DC 輸入電力，能夠利用獲得自 DC 電源之 DC 輸入電力，除此之外，亦可應用透過 AC/DC 轉換器已從獲得自 AC 電源的 AC 電力轉換之 DC 電力。

用以控制能率比之電路部可結合切換電路 4c，其使用經由上述電路部的振幅控制之 DC 電力作為脈波輸出，以及控制脈波輸出的能率比，使得電力量變成等於設定電力值。

RF 輸出部 4 可結合偵測電路，用以偵測被給予輸出振幅控制部 2 和能率控制部 3 作為回授之回授值。應注意的是，此偵測電路可被設置在 RF 輸出部 4 的外面。

圖 5 圖示用以偵測峰值正向電力之電力偵測器 4d 當作偵測器。電力偵測器 4d 藉由定向耦合器（未圖示出）來選擇和偵測峰值正向電力。所偵測到的峰值正向電力被給予輸出振幅控制部 2 作為回授，及同時已藉由平均處理電路 7 的平均處理所獲得到之平均正向電力被給予能率控制部 3 作為回授。

例如，輸出振幅控制部 2 可結合誤差偵測器 2a、振盪器 2b 及 PWM 控制電路 2c。誤差偵測器 2a 輸入設定振幅

值作為命令值，同時輸入來自 RF 輸出部 4 的回授之峰值正向電力作為回授值的脈波輸出振幅值，且偵測脈波輸出振幅值和設定振幅值之間的差值。

PWM 控制電路 2c 將由誤差偵測器 2a 所偵測到之差值假設為控制信號，且在來自振盪器 2b 的脈波信號上執行 PWM 控制。依據 PWM 控制，PWM 控制 2c 形成另一個控制信號，用以執行達成振幅值變成等於設定振幅值之控制。

RF 輸出部 4 的切換電路 4a 根據來自 PWM 電路 2c 的控制信號來控制 DC 電力的振幅值。

例如，能率控制部 3 可結合誤差偵測器 3a、振盪器 3b 及能率比改變電路 3c。

誤差偵測器 3a 輸入設定電力值作為命令值；同時輸入平均正向電力作為回授的電力值，平均正向電力被給予當作來自 RF 輸出部 4 的回授並且已經過平均處理電路 7 的平均處理；及偵測給予作為回授的電力值和設定電力值之間的差值。

能率比改變電路 3c 將由誤差偵測器 3a 所偵測到的差值假設為控制信號，及改變來自振盪器 3b 的脈波信號之能率比。利用能率比的變化，能率比改變電路 3c 形成控制信號，用以執行達成電力值變成等於設定電力值之控制。

RF 輸出部 4 的切換電路 4c 根據來自能率比改變電路 3c 的控制信號來控制脈波輸出的能率比。

[第一實施例：當假設正向電力為控制目標時之組態及控制]

接著，作為本發明的第一實施例，將參考圖 6 至圖 8 解說有關假設正向電力為控制目標之例子的組態和控制操作。

圖 6 為假設正向電力為控制目標之情況的組態例子圖。在圖 6 中，脈波調變 RF 電源裝置 1A 的組態與圖 1 所示之組態幾乎相同，結合峰值正向電力控制部 2A 作為用以控制脈波輸出的振幅之輸出振幅控制部 2；平均正向電力控制部 3A 作為用以控制脈波輸出的能率比之能率控制部 3；及 RF 輸出部 4A 作為用以輸出脈波輸出的 RF 輸出之 RF 輸出部 4。RF 輸出部 4A 輸出 RF 輸出到負載。

峰值正向電力控制部 2A 輸入峰值正向電力命令值作為振幅命令值，輸入峰值行進波回授值作為脈波輸出的振幅值，及在 RF 輸出部 4A 之 RF 輸出電路 4d0 上執行恆定振幅控制，使得峰值正向電力的振幅值變成等於峰值正向電力命令值。

平均正向電力控制部 3A 輸入平均正向電力命令值作為電力命令值，輸入平均行進波回授值作為脈波輸出的電力值，且在 RF 輸出部 4A 的 RF 輸出電路 4d0 上執行能率控制，使得平均正向電力的電力值變成等於平均正向電力命令值。在此能率控制中，當能率比被控制成平均正向電力回授值變成等於平均正向電力命令值時，若使平均正向電力下降之下降因素產生（例如、反射電力、反射電壓、

電流的增加等)，則將 ON 能率 D_{on} 控制而被下降，藉以降低平均正向電力。

設置在 RF 輸出部 4A 中之定向耦合器 4d1 分開正向電力，藉以使正向電力偵測器 4d2 能夠偵測峰值行進波回授值。峰值正向電力控制部 2A 輸入此峰值行進波回授值。

平均處理部 7A 將峰值行進波回授值經過平均處理，以獲得平均正向電力。平均正向電力控制部 3A 輸入此平均正向電力作為回授值。

圖 7 及圖 8 分別為流程圖及信號圖，用以解說使用正向電力作為控制目標之能率控制的操作例子。

正向電力偵測部 4d2 偵測峰值正向電力 (S1)，在平均處理部 7A 中獲得所偵測到之峰值正向電力的平均值，及所獲得到之平均正向電力被輸入至平均正向電力控制部 3A (S2)。

平均正向電力控制部 3A 獲得所輸入的平均正向電力和平均正向電力命令值之間的差值 (S3)。有關所獲得到的差值，若平均正向電力小於平均正向電力命令值 (S4)，則 ON 能率 D_{on} 被設定為較大值 (S5)，及當平均正向電力大於平均正向電力命令值時，ON 能率 D_{on} 被設定為較小值 (S6)。

當平均正向電力匹配平均正向電力命令值時，ON 能率 D_{on} 的值被保持相同而不需要任何改變 (S7)。

在圖 8 所示之信號圖中，圖 8A 圖解峰值正向電力 P_F

，圖 8B 圖解平均正向電力 P_{FAV} ，及圖 8C 圖解能率比（ON 能率 D_{on} ）。

當平均正向電力的回授值（在圖 8B 中以實線來表示）變成小於平均正向電力命令值（在圖 8B 中以虛線來表示）時（在圖 8B 中的時間點 A），使 ON 能率 D_{on} 較大（圖 8C 中的時間點 A）。當 ON 能率 D_{on} 變大時，峰值正向電力 P_F 的 ON 週期之比率亦擴大（圖 8A 中的時間點 A），因此平均正向電力增加。

當平均正向電力的回授值（在圖 8B 中以實線來表示）增加且到達平均正向電力命令值（在圖 8B 中以虛線來表示）時（在圖 8B 中的時間點 B），恢復 ON 能率 D_{on} （圖 8C 中的時間點 B）。藉由恢復 ON 能率 D_{on} ，以恢復峰值正向電力 P_F 的 ON 週期之比率（圖 8A 中的時間點 B）。

當平均正向電力的回授值（在圖 8B 中以實線來表示）上升到高於平均正向電力命令值（在圖 8B 中以虛線來表示）時（在圖 8B 中的時間點 C），ON 能率 D_{on} 被降低（圖 8C 中的點 C）。當 ON 能率 D_{on} 被降低時，峰值正向電力 P_F 的 ON 週期之比率變得較小（圖 8A 中的時間點 C），因此平均正向電力減少。

當平均正向電力的回授值（在圖 8B 中以實線來表示）減少，及回授值到達平均正向電力命令值（在圖 8B 中以虛線來表示）時（圖 8B 中的時間點 D），恢復 ON 能率 D_{on} （圖 8C 中的時間點 D）。當 ON 能率 D_{on} 被恢復時

，峰值正向電力 P_F 的 ON 週期之比率亦被恢復（圖 8A 中的時間點 D）。

[第二實施例：當增加峰值反射電力時之控制例子]

接著，將參考圖 9 至圖 12 解說有關增加峰值反射電力時之正向電力的控制作為本發明之第二實施例。

在圖 9 中，脈波調變 RF 電源裝置 1B 的組態與圖 6 所示之組態幾乎相同，其結合峰值正向電力控制部 2B，用以控制脈波輸出的振幅；平均正向電力控制部 3B，用以控制脈波輸出的能率比；RF 輸出部 4B，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出；及平均處理部 7B。RF 輸出部 4B 係設置有 RF 輸出電路 4d0；正向電力偵測部 4d2；反射電力偵測部 4d3，用以偵測峰值反射電力；及定向耦合器 4d1，用以達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，以分別擷取電力。

除了反射電力偵測部 4d3 之外的構成元件幾乎與圖 6 所示之脈波調變 RF 電源裝置 1A 的組態相同。因此，下面主要將說明反射電力偵測部 4d3。

定向耦合器 4d1 達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，輸入峰值正向電力於正向電力偵測部 4d2 中，及輸入峰值反射電力於反射電力偵測部 4d3 中。

反射電力偵測部 4d3 傳送所偵測到的峰值反射電力值到平均正向電力控制部 3B。平均正向電力控制部 3B 使用所傳送的峰值反射電力值來調整能率控制。此種能率控制

調整被實行，以便例如當峰值反射電力增加時，藉由抑制平均反射電力來保護電源。在此能率控制調整中，峰值正向電力 P_F 被控制成恆定。因此，匹配電路的匹配操作變得穩定，藉以使到室內之電力注入穩定。

圖 10、11、及 12 為用以解說在增加反射電力之情況中的能率控制之操作例子的流程圖及信號圖。

在能率控制中 (S11)，反射電力偵測部 4d3 偵測反射電力。當增加反射電力時 (S12)，藉由平均正向電力控制部 3B 之能率控制所獲得到的能率比被降低 (S13)，及平均反射電力 P_{RAV} 被抑制 (S14)。

若平均反射電力 P_{RAV} 的抑制不夠，則在步驟 S13 進一步降低能率比。在充分抑制平均反射電力 P_{RAV} 之後 (S15)，恢復所降低的能率比 (S16)。圖 11 所示之信號圖圖解於正在執行能率控制的同時增加峰值反射電力之情況中平均反射電力被抑制。

圖 11A 圖解峰值反射電力 P_R 和平均反射電力 P_{RAV} ，圖 11B 圖解能率比 (ON 能率 D_{on})，及圖 11C 圖解峰值正向電力 P_F 和平均正向電力 P_{FAV} 。

當增加峰值反射電力 P_R (在圖 11A 中以實線來表示) 時 (圖 11 中的時間點 E)，ON 能率 D_{on} 被降低 (圖 11B 中的時間點 E)。藉由降低 ON 能率 D_{on} ，使峰值正向電力 P_F 的 ON 週期之比例變小 (圖 11B 中的時間點 E)，平均正向電力 P_{FAV} 被降低 (圖 11C 中的時間點 E)，因此，平均反射電力 P_{RAV} 亦被降低 (圖 11A 中的時間點 E)。

)。

當峰值反射電力的回授值被降低時（圖 11A 中的時間點 F），恢復 ON 能率 D_{on} （圖 11B 中的時間點 F）。藉由恢復 ON 能率 D_{on} ，峰值正向電力 P_F 的 ON 週期之比率被恢復（圖 11B 中的時間點 F），平均正向電力 P_{FAV} 亦被恢復（圖 11C 中的時間點 F），然後平均反射電力 P_{RAV} 被恢復（圖 11A 中的時間點 F）。

圖 12 圖解用以說明能率比（ON 能率 D_{on} ）的增加或減少和平均正向電力 P_{FAV} 的增加或減少之間的關係之信號圖。圖 12 圖示循環（ T_{cyc} ）被保持恆定，及 ON 持續期間 T_{on} 被縮短而 OFF 持續期間 T_{off} 被延長之例子。藉由縮短 ON 持續期間 T_{on} 的週期及延長 OFF 持續期間 T_{off} 的週期，在一個循環內供應於負載的方向之正向電力的電力量被減少，因此平均正向電力 P_{FAV} 被減少。

[第三實施例：負載電力控制的組態及控制]

接著，作為本發明的第三實施例，將參考圖 13 至圖 16 解說負載電力控制的組態及其控制操作。

負載電力係藉由從正向電力減掉反射電力而被獲得到，且負載電力控制實質上從脈波調變 RF 電源裝置供應到負載之平均負載電力，藉以使峰值正向電力輸出穩定。

負載電力控制假設峰值正向電力為有關輸出振幅控制中之脈波輸出的控制目標，假設平均負載電力為有關能率

控制步驟中之脈波輸出的控制目標。輸出振幅控制執行恆定振幅控制，使得峰值正向電力的振幅值變成恆定。藉由執行恆定電力控制，使得峰值負載電力的平均電力值變成等於設定電力值，而能率控制控制平均負載電力，平均電力值係獲得自根據能率控制的能率比所決定之峰值正向電力和峰值反射電力。

在圖 13 中，脈波調變 RF 電源裝置 1C 之組態具有與圖 9 所示幾乎相同的組態，其結合峰值正向電力控制部 2C，用以控制峰值正向電力的振幅；平均負載電力控制部 3C，用以控制脈波輸出的能率比；RF 輸出部 4C，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出；及平均處理部 7c1 及 7c2。RF 輸出部 4C 結合 RF 輸出電路 4d0；正向電力偵測部 4d2，用以偵測峰值正向電力；反射電力偵測部 4d3，用以偵測峰值反射電力；及定向耦合器 4d1，用以達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，以分別擷取電力。

平均處理部 7c1 從由正向電力偵測部 4d2 所偵測到之峰值正向電力獲得平均正向電力，及平均處理部 7c2 從由反射電力偵測部 4d3 所偵測到之反射電力獲得平均反射電力。

除了用以在平均負載電力上執行能率控制之平均負載電力控制部 3C，及用以從反射電力獲得平均反射電力之平均處理部 7c2 之外，其他構成元件與圖 9 所示之脈波調變 RF 電源裝置 1B 的組態相同。因此，下面主要說明平均負載電力的能率控制操作。

定向耦合器 4d1 達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，輸入峰值正向電力於正向電力偵測部 4d2 中，及輸入峰值反射電力於反射電力偵測部 4d3 中。

正向電力偵測部 4d2 傳送所偵測到之峰值正向電力值到峰值正向電力控制部 2C，及同時傳送所偵測到之峰值正向電力值到平均處理部 7c1。平均處理部 7c1 傳送所獲得之平均正向電力到平均負載電力控制部 3C。除此之外，反射波偵測部 4d3 傳送所偵測到之峰值反射電力值到平均處理部 7c2，且平均處理部 7c2 傳送平均反射電力到平均負載電力控制部 3C。

平均負載電力控制部 3C 係設置有平均負載電力偵測部（未圖示出），用以從平均正向電力值中減掉平均反射電力值，以獲得平均負載電力值，且所獲得到的平均負載電力值（為回授值）與平均負載電力命令值做比較，及能率控制被執行成平均負載電力值變成等於平均負載電力命令值。

應注意的是，平均負載電力偵測部並不侷限於如結合在平均電力控制部 3C 中的此種組態。平均負載電力偵測電力可被組構於電路中，例如平均處理部 7c1 或 7c2，或可被組構成機內 (self-contained) 電路。

平均負載電路控制部 3C 使用從反射電力偵測部 4d3 所傳送之峰值反射電力值來調整能率控制。執行能率控制的調整，例如以當增加峰值反射電力時抑制平均負載電力，及藉由抑制平均負載電力，峰值正向電力被抑制，藉以

能夠保護電源裝置。在此能率控制調整中，峰值正向電力 P_F 被控制成恆定。因此，匹配電路的匹配操作變得穩定，藉以使到室內的電力注入穩定。

圖 14、15、及 16 為解說在增加峰值反射電力的情況中之負載電力控制的操作例子之流程圖和信號圖。

在負載電力控制中，執行能率控制，使得平均負載電力變成等於平均負載電力命令值。

在平均處理部 7c1 中獲得平均正向電力 P_{FAV} (S21)，且在平均處理部 7c2 中獲得平均反射電力 P_{RAV} (S22)。平均負載電力偵測部計算所獲得到的平均正向電力 P_{FAV} 和平均反射電力 P_{RAV} 之間的差值，以便根據下面公式而獲得平均負載電力 P_{LAV} (S23)：

$$P_{LAV} = P_{FAV} - P_{RAV}$$

平均負載電力控制部 3C 獲得平均負載電力 P_{LAV} 和平均負載電力命令值 P_{LAVO} 之間的差值 (S24)，依據此差值來修改能率值，且執行控制而使得差值變零 (S26)。

藉由執行能率控制，使得平均負載電力 P_{LAV} 和平均負載電力命令值 P_{LAVO} 之間的差值變零，能夠控制平均負載電力 P_{LAV} 變成等於設定值，但不必改變峰值正向電力的振幅值 (S25)。

在能率控制的操作期間，獲得由反射電力偵測部 4d3 所偵測到之反射電力，以監視反射電力的增加。若反射電

力增加（S27），則由平均負載電力控制部 3C 的能率控制所獲得到之能率比（ON 能率 D_{on} ）提高（S28），及平均正向電力 P_{FAV} 亦提高（S29）。因此，平均負載電力 P_{FAV} 被抑制且保持恆定（S30），藉以使峰值正向電力 P_F 的輸出穩定。

若使峰值反射電力減少（S31），則將已被提高的能率比恢復（S32），且執行正常的能率控制。

圖 15 所示之信號圖圖解當在執行能率控制的同時增加峰值反射電力時，平均負載電力被抑制。

圖 15A 圖解峰值反射電力 P_R 和平均反射電力 P_{RAV} ，圖 15B 圖解能率比（ON 能率 D_{on} ），圖 15C 圖解峰值正向電力 P_F 和平均正向電力 P_{FAV} ，及圖 15D 圖解峰值負載電力 P_L 和平均負載電力 P_{LAV} 。

當在能率控制期間增加峰值反射電力 P_R （在圖 15A 中以實線來表示）時，平均反射電力 P_{RAV} 亦被增加（在圖 15A 的時間點 G 和 H 之間），反之，峰值負載電力 P_L 和平均負載電力 P_{LAV} 減少（在圖 15D 的時間點 G 和 H 之間）。

在偵測峰值反射電力 P_R 的增加時，平均負載電力控制部 3C 提高 ON 能率 D_{on} （圖 15B 的時間點 H）。藉由提高 ON 能率 D_{on} ，平均正向電力 P_{FAV} 增加（圖 15C 的時間點 H），然後平均負載電力 P_{LAV} 增加，藉以恢復（圖 15D 的時間點 H）。

之後，當被中止峰值反射電力的增加而後被恢復時，

平均反射電力 P_{RAV} 亦被降低且恢復（圖 15A 的時間點 I）。

當平均負載電力控制部 3C 偵測峰值反射電力 P_R 的新開始時，其爲了恢復降低 ON 能率 D_{on} （圖 15B 的時間點 I）。藉由降低 ON 能率 D_{on} ，平均正向電力 P_{FAV} 被減少且恢復（圖 15C 的時間點 I）。因爲平均正向電力 P_{FAV} 被恢復，所以在正常能率控制中能夠將峰值負載電力 P_L 及平均負載電力 P_{LAV} 維持在原來的狀態（圖 15D 的時間點 I）。

圖 16 圖解習知脈波峰值負載控制的操作例子。在脈波峰值負載控制中，當峰值反射電力波動時，控制峰值正向電力，以控制峰值負載電力。

經由例子，當峰值反射電力 P_R 增加時（圖 16A 的時間點 J），峰值正向電力 P_F 被控制而增加（圖 16B 的時間點 J）。峰值正向電力 P_F 被控制而增加，使得峰值負載電力 P_L 可被保持恆定（圖 16C 的時間點 J）。

當峰值反射電力 P_R 的增加被中止時（圖 16A 的時間點 K），峰值正向電力 P_F 被控制而被降低和恢復（圖 16B 的時間點 K）。

在此脈波峰值負載控制中，峰值正向電力波動。因此，供應峰值正向電力到負載亦波動，且這可能產生負載中之電漿密度的波動，因而發生不穩定。

另一方面，依據本發明的能率控制，能夠在保持峰值正向電力恆定的同時控制平均負載電力，及避免由於峰值

正向電力的波動所產生之不穩定操作。

[第四實施例：應用能率控制於連續正向電力控制模式時之組態和控制]

接著，作為本發明的第四實施例，將參考圖 17 至圖 20 解說有關應用能率控制於連續正向電力控制模式之例子的組態和控制操作。

本發明的能率控制步驟可包括脈波輸出控制，用以產生不連續輸出；以及連續輸出控制，用以從脈波輸出產生連續輸出。

在脈波輸出控制中，在由脈波輸出的一個循環內之 ON 週期和 OFF 週期所決定的能率比中，ON 週期被設定成小於 100%，且峰值正向電力的平均電力值被控制變成小於峰值正向電力，使得脈波輸出變成不連續輸出。

另一方面，在連續輸出控制中，在由脈波輸出的一個循環內之 ON 週期和 OFF 週期所決定的能率比中，OFF 週期被設定成 0% 及 ON 週期被設定成 100%，且峰值正向電力的平均電力值被控制成等於峰值正向電力，使得脈波輸出變成連續輸出。

連續正向電力控制模式為用以在正向電力上執行連續輸出控制之模式。在連續正向電力控制模式中，當在諸如處理的過程等恆定狀態將正向電力供應到負載時，若在室內的阻抗由於包括室內之氣體壓力變化和離子反應的因素而改變之此種情況下改變負載的阻抗，則可能暫時地增加

反射電力。

如上所述，本發明應用能率控制到連續正向電力控制模式，且即使當峰值反射電力增加時，平均反射電力仍被抑制，卻不必像習知控制一般改變峰值正向電力，藉以以穩定方式供應電力到負載。

圖 17 圖解當應用能率控制於連續正向電力控制模式時之組態例子。

在圖 17 中，脈波調變 RF 電源裝置 1D 的組態幾乎與圖 9 所示之組態相同，其結合峰值正向電力控制部 2D，用以控制峰值正向電力的振幅；平均正向電力控制部 3D，用以控制脈波輸出的能率比；RF 輸出部 4D，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出；及平均處理部 7D，並且該組態係另外設置有能率控制部 8D，用以控制由平均正向電力控制部 3D 所執行之能率控制的能率比。

RF 輸出部 4D 結合 RF 輸出電路 4d0；正向電力偵測部 4d2，用以偵測峰值正向電力；反射電力偵測部 4d3，用以偵測峰值反射電力；及定向耦合器 4d1，用以達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，以分別擷取電力。

根據由正向電力偵測部 4d2 所偵測到之峰值正向電力，平均處理部 7D 獲得平均正向電力，及將所獲得到之平均正向電力當作回授給予平均正向電力控制部 3D。

除了的平均正向電力上執行能率控制之平均行進波控制部 3D 和能率控制部 8D 之外，構成元件幾乎與圖 9 所

示之脈波調變 RF 電源裝置 1B 的組態相同。因此，下面將主要說明平均正向電力控制部 3D 的連續輸出控制和能率控制操作。

定向耦合器 4d1 達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，輸入峰值正向電力於正向電力偵測部 4d2 中，及輸入峰值反射電力於反射電力偵測部 4d3 中。

正向電力偵測部 4d2 傳送所偵測到的峰值正向電力值到峰值正向電力控制部 2D，及同時傳送所偵測到的峰值正向電力到平均處理部 7D。平均處理部 7D 傳送所獲得之平均正向電力到平均正向電力控制部 3D。反射電力偵測部 4d3 傳送所偵測到的峰值反射電力值到能率控制部 8D，及能率控制部 8D 改變平均正向電力控制部 3D 所執行之能率控制的能率比，以回應反射電力的波動。

平均正向電力控制部 3D 比較來自平均處理部 7D 當作回授值之平均正向電力與平均正向電力命令值，且執行能率控制，使得平均正向電力值變成等於平均正向電力命令值。

在平均正向電力控制部 3D 中，在正常狀態中，連續輸出控制被執行設定能率比（ON 能率 D_{on} ）為 100%。然後，依據從能率控制部 8D 所傳送之控制信號來調整能率控制，及在連續輸出控制和脈波輸出控制之間進行切換。在此，連續輸出控制為用以在能率控制中將能率比（ON 能率 D_{on} ）設定為 100%之控制模式，且脈波輸出控制為以小於 100%的能率比（ON 能率 D_{on} ）來執行能率控制之控

制模式。

當峰值反射電力增加時實行此種能率控制調整，例如，藉由將能率比（ON 能率 D_{on} ）從 100% 切換到小於 100% 的預定值。因此，進行從連續輸出控制到脈波輸出控制之切換，藉以抑制平均反射電力，且保護電源。在此能率控制調整中，因為峰值正向電力 P_F 被控制成恆定，所以匹配電路的匹配操作變穩定，藉以使到室內的電力注入穩定。

圖 18、圖 19、及圖 20 為解說在連續正向電力控制模式中增加峰值反射電力之情況的行進波控制之操作例子的流程圖及信號圖。

在正常狀態中，平均正向電力控制部 3D 執行連續輸出控制，使得平均正向電力變成等於平均正向電力命令值。

在此控制狀態中，能率比（ON 能率 D_{on} ）被設定成 100%（S41），及在連續正向電力控制模式中控制峰值正向電力（S42）。

在此連續正向電力控制模式中，能率控制部 8D 監視由反射電力偵測部 4d3 所偵測到之峰值反射電力。在偵測峰值反射電力的增加時（S43），能率控制部 8D 執行從使用 100% 能率比（ON 能率 D_{on} ）之連續輸出到使用小於 100% 的能率比（ON 能率 D_{on} ）之脈波輸出的切換。因此，能夠在保持峰值正向電力 P_F 的輸出被穩定之狀態的同時抑制平均反射電力（S44）。

在偵測峰值反射電力的減少時（S45），能率控制部 8D 將能率比（ON 能率 D_{on} ）恢復到 100%，執行從脈波輸出到連續輸出的切換，及重新開始依據連續輸出的連續正向電力控制模式（S46）。

圖 19 所示之信號圖圖解連續輸出和脈波輸出之間的切換。

圖 19A 圖解峰值反射電力 P_R 和平均反射電力 P_{RAV} ，圖 19B 圖解能率比（ON 能率 D_{on} ），及圖 19C 圖解峰值正向電力 P_F 和平均正向電力 P_{FAV} 。

在連續正向電力控制模式中，在連續輸出被執行設定能率比（ON 能率 D_{on} ）為 100%的同時，若峰值反射電力 P_R （在圖 19A 中以實線來表示）增加，則平均反射電力 P_{RAV} （在圖 19A 中以虛線來表示）亦增加（圖 19A 中在時間點 L 及 M 之間）。

在偵測峰值反射電力 P_R 的增加時，能率控制部 8D 將 ON 能率 D_{on} 從 100%降低（圖 19B 中的時間點 L）。藉由降低 ON 能率 D_{on} ，平均正向電力 P_{FAV} 減少（圖 19C 中的時間點 L）。

之後，當中止峰值反射電力 P_R 的增加且將其恢復時，能率控制部 8D 偵測峰值反射電力 P_R 的減少，及將 ON 能率 D_{on} 恢復到 100%（圖 19B 中的時間點 M）。藉由利用 100%的 ON 能率 D_{on} 而重新開始連續控制，平均正向電力 P_{FAV} 被恢復到原始狀態（圖 19C 中的點 M）。

依據本發明的控制之實施例，連續輸出控制被實行在

正常狀態將 ON 能率 D_{on} 設定為 100%，且當峰值反射電力增加時，將 ON 能率 D_{on} 設定為小於 100%，及執行脈波輸出控制。結果，降低平均正向電力且抑制平均反射電力。

圖 20 圖解習知連續輸出控制的操作例子。在此連續輸出控制中，當峰值反射電力波動時，峰值正向電力被控制成控制平均正向電力。

例如，當峰值反射電力 P_R 增加時（圖 20B 中的時間點 O），以峰值正向電力 P_F 減少的此種方式來執行控制（圖 20A 中的時間點 O）。藉由減少峰值正向電力 P_F ，平均正向電力被抑制。

當中止峰值反射電力 P_R 的增加時（圖 20B 中的時間點 P），以增加峰值正向電力 P_F 且恢復的此種方式來執行控制（圖 20A 中的時間點 P）。

在此連續輸出控制中，因為峰值正向電力波動，所以峰值正向電力到負載的供應亦波動，及由於不穩定出現，這可能會產生負載中之電漿密度的變化。

另一方面，依據本發明的控制，能夠在保持峰值正向電力恆定的同時控制平均正向電力，且避免由於峰值正向電力的波動所導致之不穩定操作。

[第五實施例：應用能率控制到連續正向電力控制模式以增加峰值正向電力時之組態及控制（圖 21 至圖 24）]

接著，作為本發明的第五實施例，將參考圖 21 至圖 24 解說有關應用能率控制到連續正向電力控制模式以增加

峰值正向電力時之組態及控制操作。

在於負載側上之室中產生電漿的時候，具有在點燃電漿以開始產生電漿的處理之前反射電力增加的傾向。在習知控制方法中，使正向電力下降以對抗反射電力的增加，藉以降低對 RF 輸出電源側的影響。然而，在使正向電力下降的此種控制中，具有室內的電壓低於電漿點燃電壓之狀態使電漿點燃失敗之問題。

本實施例以與上述實施例相同的方式應用能率控制到連續正向電力控制模式，且即使當峰值反射電力增加時，仍能夠抑制平均反射電力，卻不必像習知控制一般改變峰值正向電力，且以穩定方式供應電力到負載。

本實施例和上述實施例之間的差如下：上述實施例係相關於正常狀態中之電力供應，用以供應恆定峰值正向電力，反之本實施例係相關於在處理開始時逐漸增加峰值正向電力之電力供應等。

圖 21 圖解應用能率控制到連續正向電力控制模式以增加峰值正向電力時之組態例子，且其能夠以與圖 17 所示之組態例子相同之方式來組構本例子。

在圖 21 中，脈波調變 RF 電源裝置 1E 的組態結合峰值正向電力控制部 2E，用以控制峰值正向電力的振幅；平均正向電力控制部 3D，用以控制脈波輸出的能率比；RF 輸出部 4E，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出；及平均處理部 7E，並且其另外係設置有能率控制部 8E，用以控制由平均正向電力控制部 3E 所執行之能率控制的能率比。

RF 輸出部 4E 結合 RF 輸出電路 4d0；正向電力偵測部 4d2；反射電力偵測部 4d3，用以偵測峰值反射電力；及定向耦合器 4d1，用以達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，以分別擷取電力。

平均處理部 7E 從由正向電力偵測部 4d2 所偵測到之峰值正向電力獲得平均正向電力，及將所獲得之平均正向電力當作回授給予平均正向電力控制部 3E。

定向耦合器 4d1 達成峰值正向電力和峰值反射電力之間的分離，輸入峰值正向電力於正向電力偵測部 4d2 中，及輸入峰值反射電力於反射電力偵測部 4d3 中。

正向電力偵測部 4d2 傳送所偵測到之峰值正向電力值到峰值正向電力控制部 2E，及同時傳送所偵測到之峰值正向電力到平均處理部 7E。平均處理部 7E 傳送所獲得之平均正向電力到平均正向電力控制部 3E。在處理開始時，反射電力偵測部 4d3 傳送所偵測到之峰值反射電力值到功率控制部 8E，且功率控制部 8E 改變平均正向電力控制部 3E 所執行之功率控制的功率比，以回應反射電力的波動。

平均正向電力控制部 3E 比較來自平均處理部 7E 當作回授值之平均正向電力值與平均正向電力命令值，及執行功率控制，使得平均正向電力值變成等於平均正向電力命令值。

在平均正向電力控制部 3E 中，在處理開始且在正常狀態時，連續輸出控制開始將功率比（ON 功率 D_{on} ）設定

爲 100%，然後依據從能率控制部 8E 所傳送之控制信號來調整能率控制，藉以在連續輸出控制和脈波輸出控制之間進行切換。此處，連續輸出控制爲用以在能率控制中將能率比（ON 能率 D_{on} ）設定爲 100%之控制模式，且脈波輸出控制爲以小於 100%的能率比（ON 能率 D_{on} ）來執行能率控制之控制模式。

當峰值反射電力增加時實行此種能率控制調整，例如，藉由將能率比（ON 能率 D_{on} ）從 100%切換到小於 100%的預定值。因此，進行從連續輸出控制到脈波輸出控制之切換，並且抑制平均反射電力，藉以保護電源。在此能率控制調整中，因爲峰值正向電力 P_F 被控制成恆定，所以匹配電路的匹配操作變穩定，藉以使到室內的電力注入穩定。

圖 22、圖 23、及圖 24 爲說明在連續正向電力控制模式中於處理開始時增加峰值反射電力之情況的行進波控制之操作例子的流程圖及信號圖。

平均正向電力控制部 3E 在處理開始且在正常狀態時執行連續輸出控制，使得平均正向電力被控制而變成等於平均正向電力命令值。在峰值正向電力控制部 2E 中，在處理開始時，以預定增加率將電力從零增加到恆定電力值，且根據在正常狀態中達成恆定電力值之峰值正向電力命令而開始處理（S51）。

在處理開始時，平均正向電力控制部 3E 將能率比（ON 能率 D_{on} ）控制爲 100%，及執行連續正向電力控制模

式中的控制（S52）。

在連續正向電力控制模式中，能率控制部 8E 監視由反射電力偵測部 4d3 所偵測到之峰值反射電力。在偵測峰值反射電力的增加時（S53），能率控制部 8E 執行從以 100% 的能率比（ON 能率 D_{on} ）之連續輸出到以小於 100% 的能率比（ON 能率 D_{on} ）之脈波輸出的切換。因此，能夠在峰值正向電力 P_F 的輸出被穩定之狀態中抑制平均反射電力（S54）。

在偵測點燃或可接受的峰值反射電力（S55）時，能率控制部 8E 將能率比（ON 能率 D_{on} ）恢復到 100%，且重新開始依據連續輸出之連續正向電力控制模式（S56）。例如可藉由偵測反射電力之波動來達成點燃的偵測。

圖 23 所示之信號圖圖解在處理開始時連續輸出和脈波輸出之間的切換。

圖 23A 圖解峰值反射電力 P_R 和平均反射電力 P_{RAV} ，圖 23B 圖解能率比（ON 能率 D_{on} ），及圖 23C 圖解峰值正向電力 P_F 和平均正向電力 P_{FAV} 。

在連續正向電力控制模式中，連續輸出被執行將能率比（ON 能率 D_{on} ）設定為 100%，及峰值正向電力在處理開始的開始時從零朝預定峰值正向電力值增加（圖 23C 中的 Q）。在處理開始的此時，若峰值反射電力 P_R （在圖 23A 中以實線來表示）增加，則平均反射電力 P_{RAV} （由虛線來表示）亦增加（圖 23A 中的時間點 R）。

在偵測峰值反射電力 P_R 的增加時，能率控制部 8E 將

ON 能率 D_{on} 從 100% 降低（圖 23B 中的時間點 R）。藉由降低 ON 能率 D_{on} ，平均正向電力 P_{FAV} 的增加被抑制（圖 23C 中的週期 R-S），因此，平均反射電力 P_{RAV} 的增加亦被抑制（圖 23A 中的週期 R-S）。

之後，當峰值反射電力 P_R 的增加被中止且被恢復時，能率控制部 8E 偵測峰值反射電力 P_R 的減少，及將 ON 能率 D_{on} 恢復到 100%（圖 23B 中的時間點 S）。藉由利用 100% 的 ON 能率 D_{on} 來重新開始連續控制，平均正向電力 P_{FAV} 變成正常狀態（圖 23C 中的點 S）。

依據本發明的控制之實施例，連續輸出控制被實行，在處理開始時將 ON 能率 D_{on} 設定為 100%，且當峰值反射電力增加時，將 ON 能率 D_{on} 設定為小於 100% 以執行脈波輸出控制，藉以降低平均正向電力和抑制平均反射電力。

圖 24 圖解習知連續輸出控制的操作例子。在此連續輸出控制中，當在處理開始時峰值反射電力波動時，峰值正向電力被控制以使控制平均正向電力。

例如，當峰值反射電力 P_R 增加時（圖 24B 中的時間點 T），執行控制以降低峰值正向電力 P_F （圖 24A 中的時間點 T）。因此，峰值正向電力 P_F 減少，藉以抑制平均正向電力。

在此連續輸出控制中，因為峰值正向電力波動，所以峰值正向電力到負載之供應亦波動，及由於不穩定出現，這可能會產生負載中之電漿密度的變化。

另一方面，依據本發明的控制，能夠在保持峰值正向

電力恆定的同時控制平均正向電力，且避免由於峰值正向電力的波動所導致之不穩定操作。

[第六實施例：在能率控制中峰值正向電力增加時之組態及控制]

接著，作為本發明的第六實施例，將參考圖 25 及圖 26 解說有關能率控制中之峰值正向電力增加時的組態和控制操作。

此處所說明之實施例為處理開始時之控制模式，其類似於上述實施例。在上述實施例中，能率控制被應用到連續正向電力控制模式，且當峰值反射電力增加時，藉由能率控制將連續輸出切換到脈波輸出。另一方面，本實施例為如下述一般的控制模式：用以執行正向電力控制使得峰值正向電力的振幅變成恆定，及同時依據脈波輸出初始化處理開始，然後使能率比（ON 能率 D_{on} ）能夠增加，及在穩態中，將能率比（ON 能率 D_{on} ）設定為 100%，以進行從脈波輸出到連續輸出之切換。

依據此控制模式，即使當在處理開始時峰值反射電力增加時，能率比（ON 能率 D_{on} ）仍是在小於 100% 的狀態中。因此，平均反射電力被抑制，卻不必像習知控制一般改變峰值正向電力，且以穩定方式供應電力到負載。

因為此實施例的組態可與圖 21 所示之第五組態例子相同，所以不再贅述。

圖 25 及圖 26 為用以解說在能率控制中於處理開始時

峰值正向電力增加之情況中的行進波控制之操作例子的流程圖和信號圖。

在處理開始時，平均正向電力控制部藉由能率控制來增加平均正向電力，及藉由能率控制在穩態中控制電力變成預定平均正向電力。此控制能夠藉由根據平均正向電力命令值和回授值之間的比較來予以達成。

此外，根據具有預定尺寸之峰值正向電力命令值，峰值正向電力控制部使峰值正向電力的振幅值受到恆定振幅控制。

在處理開始時（S61），平均正向電力控制部將能率比（ON 能率 D_{on} ）從零連續增加到 100%（S62，S63）。在這些步驟期間點燃電漿。在此實施例中，能率控制被執行，直到平均正向電力到達穩態的電力量為止，藉以抑制供應到負載之平均正向電力。因此反射電力亦被抑制。

圖 26 所示之信號圖圖解處理開始時之能率控制。圖 26A 圖解能率比（ON 能率 D_{on} ），圖 26B 圖解峰值反射電力 P_R 和平均反射電力 P_{RAV} ，及圖 26C 圖解峰值正向電力 P_F 和平均正向電力 P_{FAV} 。

在處理開始時，能率比（ON 能率 D_{on} ）從 0% 逐漸增加到 100%（圖 26A），及平均正向電力從零增加到預定正向電力值（圖 26C）。

在處理開始時，當峰值反射電力 P_R （在圖 26B 中以實線來表示）增加時，平均反射電力 P_{RAV} （在圖 26B 中以虛線來表示）亦被增加。

在處理開始時，平均正向電力 P_{FAV} 已被抑制。因此，甚至當反射波出現時，仍能夠抑制對 RF 電源的影響，因為平均反射電力 P_{RAV} 亦被抑制。

需注意的是，本發明並不侷限於上述實施例的每一個。應明白，只要不明顯違背本發明的原則和優點，可對例示實施例進行許多修改。因此，所有此種修改將包括在本發明的範疇內。

根據本發明之脈波調變 RF 電力控制方法和脈波調變 RF 電源裝置可被應用到在用以執行電漿蝕刻和電漿 CVD 的電漿處理設備等中之 RF 電力到負載的供應等。

【圖式簡單說明】

圖 1 為依據本發明之脈波調變 RF 電源裝置的概要組態圖；

圖 2 為依據本發明之能率控制圖；

圖 3 為依據本發明之能率控制圖；

圖 4 為依據本發明之能率控制的控制模式圖；

圖 5 為依據本發明之脈波調變 RF 電源裝置的詳細組態例子圖；

圖 6 為依據本發明的第一實施例之正向電力被假設為控制目標的情況之組態例子圖；

圖 7 為依據本發明的第一實施例之正向電力被假設為控制目標的情況之能率控制的操作例子之流程圖；

圖 8 為依根據本發明的第一實施例之正向電力被假設

為控制目標的情況之能率控制的操作例子之信號圖；

圖 9 為依據本發明的第二實施例之反射電力的控制之組態例子圖；

圖 10 為依據本發明的第二實施例之當增加反射電力時的操作例子之流程圖；

圖 11 為依據本發明的第二實施例之當增加反射電力時的操作例子之信號圖；

圖 12 為依據本發明的第二實施例之當增加反射電力時的操作例子之信號圖；

圖 13 為本發明的第三實施例之負載電力控制的組態例子圖；

圖 14 為本發明的第三實施例之負載電力控制的操作例子之流程圖；

圖 15 為本發明的第三實施例之負載電力控制的操作例子之信號圖；

圖 16 為本發明的第三實施例之負載電力控制的習知操作例子之信號圖；

圖 17 為本發明的第四實施例之應用能率控制到連續正向電力控制模式的組態例子圖；

圖 18 為本發明的第四實施例之應用能率控制到連續正向電力控制模式的控制操作例子之流程圖；

圖 19 為本發明的第四實施例之應用能率控制到連續正向電力控制模式的控制操作例子之信號圖；

圖 20 為本發明的第四實施例之連續正向電力控制模

式的習知控制操作例子之信號圖；

圖 21 為本發明的第五實施例之應用能率控制到連續正向電力控制模式以增加峰值正向電力的情況之組態例子圖；

圖 22 為本發明的第五實施例之應用能率控制到連續正向電力控制模式以增加峰值正向電力的情況之控制操作例子的流程圖；

圖 23 為本發明的第五實施例之應用能率控制到連續正向電力控制模式以增加峰值正向電力的情況之控制操作例子的信號圖；

圖 24 為本發明的第五實施例之在連續正向電力控制模式中增加峰值正向電力的情況之習知控制操作例子的信號圖；

圖 25 為本發明的第六實施例之在諸如能率控制的處理開始等時序中增加峰值正向電力之控制操作例子的流程圖；及

圖 26 為本發明的第六實施例之在諸如能率控制的處理開始等時序中增加峰值正向電力之控制操作例子的信號圖。

圖 27 為由脈波調變 RF 電力控制所執行之 RF 電力的脈波輸出圖。

【主要元件符號說明】

1：脈波調變射頻電源裝置

1A：脈波調變射頻電源裝置

1B：脈波調變射頻電源裝置

1C：脈波調變射頻電源裝置

1D：脈波調變射頻電源裝置

1E：脈波調變射頻電源裝置

2：輸出振幅控制部

2A：峰值正向電力控制部

2B：峰值正向電力控制部

2C：峰值正向電力控制部

2D：峰值正向電力控制部

2E：峰值正向電力控制部

2a：誤差偵測器

2b：振盪器

2c：脈波寬度調變控制電路

3：能率控制部

3A：平均正向電力控制部

3B：平均正向電力控制部

3C：平均負載電力控制部

3D：平均正向電力控制部

3E：平均正向電力控制部

3a：誤差偵測器

3b：振盪器

3c：能率改變電路

4：射頻輸出部

4A：射頻輸出部
4B：射頻輸出部
4C：射頻輸出部
4D：射頻輸出部
4E：射頻輸出部
4a：切換電路
4b：平滑電路
4c：切換電路
4d：電力偵測器
4d0：射頻輸出電路
4d1：定向耦合器
4d2：正向電力偵測器
4d3：反射電力偵測部
5：匹配電路
6：負載
7：平均處理電路
7A：平均處理部
7B：平均處理部
7D：平均處理部
7E：平均處理部
7c1：平均處理部
7c2：平均處理部
8D：能率控制部
8E：能率控制部

空白頁

七、申請專利範圍：

1. 一種脈波調變射頻（RF）電力控制方法，用以控制要被供應到負載之 RF 電力，該 RF 電力為脈波輸出，其為在時間上被間歇輸出的 RF 輸出，該方法包含：

輸出振幅控制步驟，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制步驟，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制步驟執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制步驟執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制步驟和該能率控制步驟被獨立地操作，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

在該輸出振幅控制步驟中，峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

在該能率控制步驟中，平均負載電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制步驟執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的該振幅值變成為恆定的，並且

該能率控制步驟執行該恆定的電力控制，而使得自該峰值正向電力所獲得之峰值負載電力和由該能率比所決定之峰值反射電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉

以控制該平均負載電力。

2.如申請專利範圍第 1 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

該輸出振幅控制步驟和該能率控制步驟將作為該脈波輸出的控制目標之電力、電壓或電流供應至該負載。

3.如申請專利範圍第 1 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

該能率控制步驟包括用以藉由將在 OFF（關）週期期間之該脈波輸出的該 RF 電力設定為零來控制該能率比，並且將該脈波輸出的該電力量控制為等於該脈波輸出的該振幅值，以致使該脈波輸出為連續的輸出之步驟。

4.一種脈波調變 RF 電力控制方法，用以控制要被供應到負載之 RF 電力，該 RF 電力為脈波輸出，其為在時間上被間歇輸出的 RF 輸出，該方法包含：

輸出振幅控制步驟，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制步驟，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制步驟執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制步驟執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制步驟和該能率控制步驟被獨立地操

作，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制步驟執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的振幅值變成等於設定的振幅值，並且

該能率控制步驟執行該恆定的電力控制，而使得由該能率比所決定之該峰值正向電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉以控制該峰值正向電力，其中，

該能率控制步驟包含：

脈波輸出控制，其將由在該脈波輸出的一個循環內之 ON 週期和 OFF 週期所決定的該能率比之該 ON（開）週期設定為小於 100%，並且將該峰值正向電力的該平均電力值控制為小於該峰值正向電力的該振幅值，使得該脈波輸出被致使成為不連續的輸出，以及

連續輸出控制，其將由在該脈波輸出的一個循環內之該 ON 週期和該 OFF 週期所決定的該能率比之該 OFF 週期設定為 0%，而將由在該脈波輸出的一個循環內之該 ON 週期和該 OFF 週期所決定的該能率之該 ON 週期設定為 100%，並且將該峰值正向電力的該平均電力值控制而變成等於該峰值正向電力的該振幅值，使得該脈波輸出被致使成為連續的輸出。

5.如申請專利範圍第 4 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

在該連續輸出控制中，當峰值反射電力的振幅值過高時，使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100%而減少，並

且該連續輸出控制被切換成該脈波輸出控制，藉以抑制平均反射電力的增加。

6.如申請專利範圍第 4 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

在當藉由該連續輸出控制來增加該峰值正向電力時的該週期期間，

當峰值反射電力的振幅值過高時，使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100%而減少，並且該連續輸出控制被切換成該脈波輸出控制，以及

在增加該峰值正向電力之後，使該能率比的該 ON 週期之該比例恢復成 100%，並且該脈波輸出控制被切換成該連續輸出控制，藉以在當增加該峰值正向電力時的該週期期間抑制平均反射電力的增加。

7.如申請專利範圍第 1 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

根據藉由該輸出振幅控制步驟中的該恆定電力控制所獲得之回授值，該能率控制步驟增加或減少該脈波輸出的該能率比。

8.一種脈波調變 RF 電力控制方法，用以控制要被供應到負載之 RF 電力，該 RF 電力為脈波輸出，其為在時間上被間歇輸出的 RF 輸出，該方法包含：

輸出振幅控制步驟，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制步驟，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制步驟執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制步驟執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制步驟和該能率控制步驟被獨立地操作，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制步驟執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的振幅值變成等於設定的振幅值，並且

該能率控制步驟執行該恆定的電力控制，而使得由該能率比所決定之該峰值正向電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉以控制該峰值正向電力，其中，

在將該峰值正向電力假設為該脈波輸出的該控制目標下控制該峰值正向電力中，

該能率控制步驟將峰值反射電力值給予作為回授，並且當增加該峰值反射電力時，藉由減少該能率比的該 ON 週期之該比例來抑制平均反射電力的增加。

9.如申請專利範圍第 1 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

在將該峰值正向電力和該平均負載電力假設為該脈波輸出的該等控制目標下控制負載電力中，

該能率控制步驟將該峰值反射電力給予作為回授，並

且當增加該峰值反射電力時，藉由放大該能率比的該 ON 週期之該比例來控制該平均負載電力成為恆定的。

10.如申請專利範圍第 3 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

在該連續輸出控制中，當峰值反射電力的振幅值過高時，使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100%而減少，並且該連續輸出控制被切換成該脈波輸出控制，藉以抑制平均反射電力的增加。

11.如申請專利範圍第 3 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

在當藉由該連續輸出控制來增加該峰值正向電力時的該週期期間，

當峰值反射電力的振幅值過高時，使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100%而減少，並且該連續輸出控制被切換成該脈波輸出控制，以及

在增加該峰值正向電力之後，將該能率比的該 ON 週期之該比例恢復成 100%，並且該脈波輸出控制被切換成該連續輸出控制，藉以在當增加該峰值正向電力時的該週期期間抑制平均反射電力的增加。

12.一種脈波調變 RF 電力控制方法，用以控制要被供應到負載之 RF 電力，該 RF 電力為脈波輸出，其為在時間上被間歇輸出的 RF 輸出，該方法包含：

輸出振幅控制步驟，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制步驟，用以控制該脈波輸出的能率比，其

中，

該輸出振幅控制步驟執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制步驟執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制步驟和該能率控制步驟被獨立地操作，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制步驟執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的振幅值變成等於設定的振幅值，並且該能率控制步驟執行該恆定的電力控制，而使得由該能率比所決定之該峰值正向電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉以控制該峰值正向電力，其中，

在當藉由該能率控制來增加該峰值正向電力時的該週期期間，

藉由逐漸增加該能率比的該 ON 週期之該比例來抑制平均反射電力的增加。

13.如申請專利範圍第 1 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

在該能率控制中，將該 OFF 期間之該脈波輸出的電力值假設為零，並且將該 ON 週期期間之該脈波輸出的電力值假設為設定的電力值。

14.一種脈波調變 RF 電力控制方法，用以控制要被供應到負載之 RF 電力，該 RF 電力為脈波輸出，其為在時間上被間歇輸出的 RF 輸出，該方法包含：

輸出振幅控制步驟，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制步驟，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制步驟執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制步驟執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制步驟和該能率控制步驟被獨立地操作，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

在該能率控制中，將該 OFF 期間之該脈波輸出的電力值假設為界定在零與設定的電力值之間的預定電力值，並且將該 ON 週期期間之該脈波輸出的電力值假設為該設定的電力值。

15.如申請專利範圍第 1 項之脈波調變 RF 電力控制方法，其中，

在該能率控制中，使頻率保持恆定，並且控制介於 ON 週期持續期間與 OFF 週期持續期間之間的持續期間之比率。

16.一種脈波調變 RF 電力控制方法，用以控制要被供

應到負載之 RF 電力，該 RF 電力為脈波輸出，其為在時間上被間歇輸出的 RF 輸出，該方法包含：

輸出振幅控制步驟，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制步驟，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制步驟執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制步驟執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制步驟和該能率控制步驟被獨立地操作，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

在該能率控制中，在使 ON 週期持續期間保持恆定的同時改變 OFF 週期持續期間，或者在使該 OFF 週期持續期間保持恆定的同時改變該 ON 週期持續期間，藉以控制該脈波輸出的該頻率。

17.一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅

值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

在該輸出振幅控制部中，峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

在該能率控制部中，平均負載電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制部執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的該振幅值變成為恆定的，並且

該能率控制部執行該恆定的電力控制，而使得自該峰值正向電力所獲得之峰值負載電力和由該能率比所決定之峰值反射電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉以控制該平均負載電力。

18.如申請專利範圍第 17 項之脈波調變 RF 電源裝置，其中，

該輸出振幅控制部和該能率控制部將作為該脈波輸出的控制目標之電力、電壓或電流供應至該負載。

19.一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制部執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行該恆定的電力控制，而使得由該能率比所決定之該峰值反射電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉以控制該峰值正向電力，其中，

該能率控制部致能介於下述二者之間的切換；

脈波輸出控制，其係由在該脈波輸出的一個循環內之 ON 週期和 OFF 週期所決定的，而該 ON 週期被設定為小於該能率比之 100% 的，並且將該峰值正向電力的該平均電力值控制為小於該峰值正向電力的該振幅值，而使得該脈波輸出被致使成為不連續的輸出，以及

連續輸出控制，其將由在該脈波輸出的一個循環內之該 ON 週期和該 OFF 週期所決定的該能率比之該 OFF 週期設定為 0%，而將由在該脈波輸出的一個循環內之該 ON 週

期和該 OFF 週期所決定的該能率比之該 ON 週期設定為 100%，並且將該峰值正向電力的該平均電力值控制而變成等於該峰值正向電力的該振幅值，使得該脈波輸出被致使成成為連續的輸出。

20.如申請專利範圍第 17 項之脈波調變 RF 電源裝置，其中，

根據該脈波輸出的回授值，該能率控制部增加或減少由該恆定電力控制所獲得之該能率比。

21.一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制部執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行該恆定的電力控制，而使得由該能率比所決定之該峰值反射電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉以控制該峰值正向電力，其中，

在將該峰值正向電力假設為該脈波輸出的該控制目標下控制該峰值正向電力中，

該能率控制部將峰值反射電力值給予作為回授，並且當該反射電力增加時，藉由減少該能率比的該 ON 週期之該比例來抑制平均反射電力的增加。

22.如申請專利範圍第 17 項之脈波調變 RF 電源裝置，其中，

在將該峰值正向電力和該平均負載電力假設為該脈波輸出的該等控制目標下控制該負載電力中，

該能率控制部將該峰值反射電力給予作為回授，並且當該峰值反射電力增加時，藉由放大該能率比的該 ON 週期之該比例來控制該平均負載電力為恆定。

23.一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸

出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力量，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

該能率控制部藉由在 OFF 週期期間將該脈波輸出的該 RF 電力設定為零來控制該能率比，將該脈波輸出的該電力量控制而變成等於該脈波輸出的該振幅值，以便致使該脈波輸出成為連續的輸出，其中，

在該連續輸出控制中，當峰值反射電力的振幅值過高時，該能率控制部使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100% 而減少，並且執行從該連續輸出控制切換成該脈波輸出控制，藉以抑制平均反射電力的增加。

24. 一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力量，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF

電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

該能率控制部藉由在 OFF 週期期間將該脈波輸出的該 RF 電力設定為零來控制該能率比，將該脈波輸出的該電力量控制而變成等於該脈波輸出的該振幅值，以便致使該脈波輸出成為連續的輸出，其中，

在當藉由該連續輸出控制來增加該峰值正向電力時的該週期期間，

當峰值反射電力的振幅值過高時，該能率控制部使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100% 而減少，並且執行從該連續輸出控制切換成該脈波輸出控制，以及

在增加該峰值正向電力之後，該能率控制部將該能率比的該 ON 週期之該比例恢復成 100%，並且執行從該脈波輸出控制切換成該連續輸出控制，藉以在當增加該峰值正向電力時的該週期期間抑制平均反射電力的增加。

25. 一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等

於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

峰值正向電力被假設為該脈波輸出的控制目標，

該輸出振幅控制部執行該恆定的振幅控制，而使得該峰值正向電力的振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行該恆定的電力控制，而使得由該能率比所決定之該峰值反射電力的平均電力值變成等於設定的電力值，藉以控制該峰值正向電力，其中，

在當藉由該能率控制來增加該峰值正向電力時的該週期期間，

該能率控制部藉由逐漸增加該能率比的該 ON 週期之該比例來抑制平均反射電力的增加。

26. 一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

該能率控制部將該 OFF 期間之該脈波輸出的電力值假設為零，並且將該 ON 週期期間之該脈波輸出的電力值假設為設定的電力值。

27. 一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

該能率控制部將該 OFF 期間之該脈波輸出的電力值假設為界定在零與設定的電力值之間的預定電力值，並且將該 ON 週期期間之該脈波輸出的電力值假設為該設定的電力值。

28. 如申請專利範圍第 17 項之脈波調變 RF 電源裝置，其中，

該能率控制部使頻率保持恆定，並且控制介於 ON 週期持續期間與 OFF 週期持續期間之間的持續期間之比率。

29.一種脈波調變 RF 電源裝置，用以供應 RF 電力到負載，該裝置包含：

RF 輸出部，用以輸出脈波輸出的 RF 輸出，

輸出振幅控制部，用以控制該脈波輸出的振幅，

能率控制部，用以控制該脈波輸出的能率比，其中，

該輸出振幅控制部執行恆定的振幅控制，以控制該脈波輸出的振幅值，而使得該振幅值變成等於設定的振幅值，

該能率控制部執行恆定的電力控制，以控制該脈波輸出的該能率比，而使得由該能率比所決定之電力量變成等於設定的電力值，以及

該輸出振幅控制部和該能率控制部獨立地操作該 RF 電力輸出部，以執行該 RF 電力的脈波調變，其中，

該能率控制部在使 ON 週期持續期間保持恆定的同時改變 OFF 週期持續期間，或者在使該 OFF 週期持續期間保持恆定的同時改變該 ON 週期持續期間，藉以控制該脈波輸出的該頻率。

30.如申請專利範圍第 19 項之脈波調變 RF 電源裝置，其中，

在該連續輸出控制中，當峰值反射電力的振幅值過高時，該能率控制部使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100%而減少，並且執行從該連續輸出控制切換成該脈波輸

出控制，藉以抑制平均反射電力的增加。

31.如申請專利範圍第 19 項之脈波調變 RF 電源裝置，其中，

在當藉由該連續輸出控制來增加該峰值正向電力時的該週期期間，

當峰值反射電力的振幅值過高時，該能率控制部使該能率比的該 ON 週期之該比例自 100%而減少，並且執行從該連續輸出控制切換成該脈波輸出控制，以及

在增加該峰值正向電力之後，該能率控制部將該能率比的該 ON 週期之該比例恢復成 100%，並且執行從該脈波輸出控制切換成該連續輸出控制，藉以在當增加該峰值正向電力時的該週期期間抑制平均反射電力的增加。

圖1

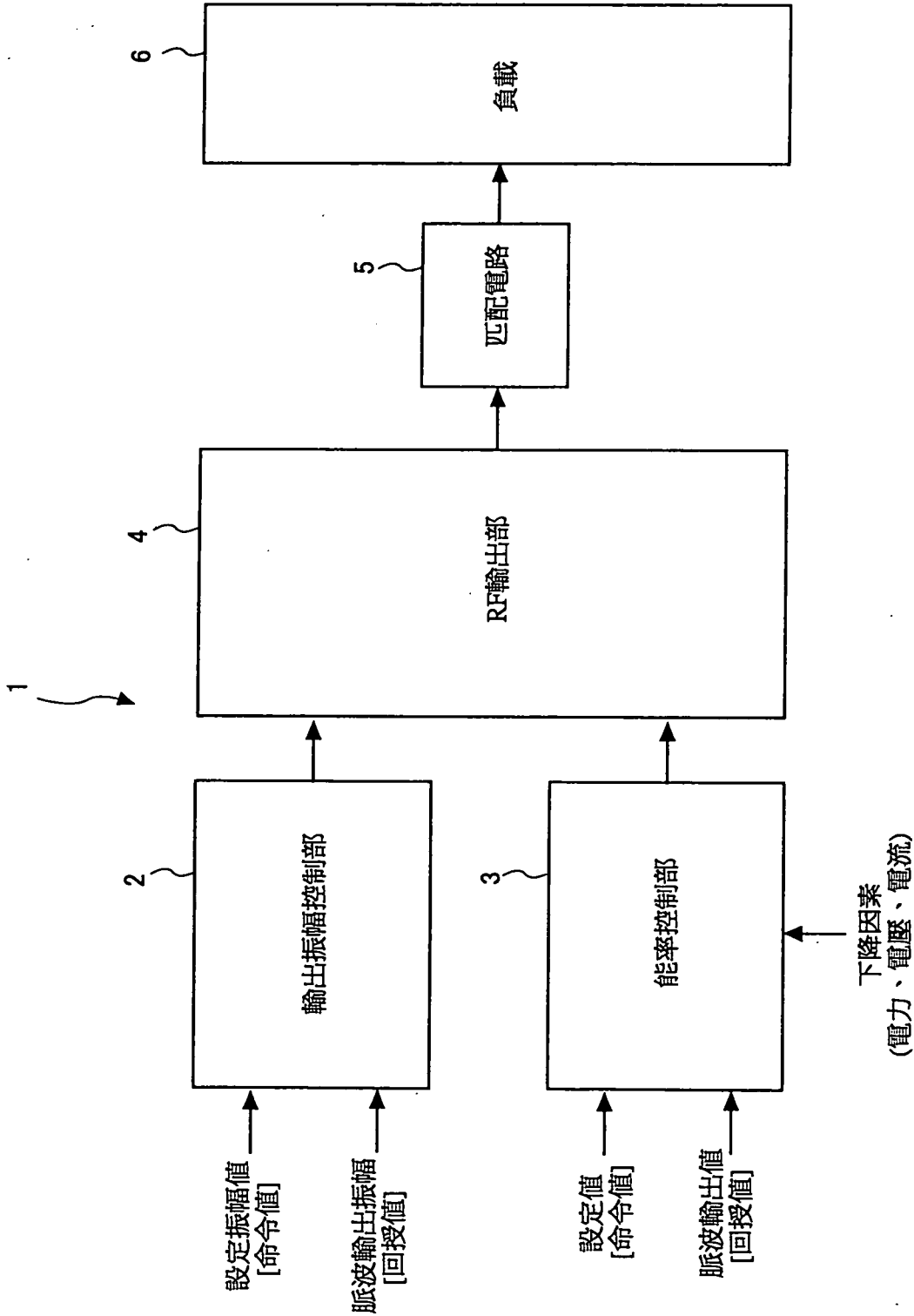


圖2A

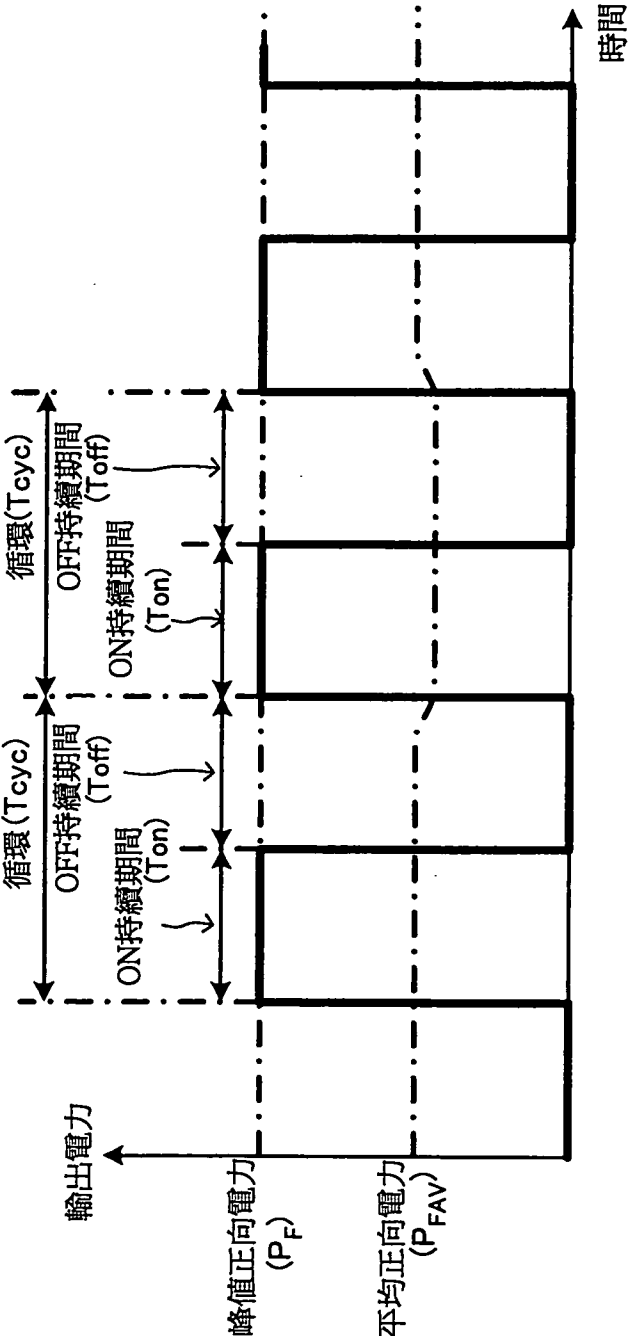


圖2B

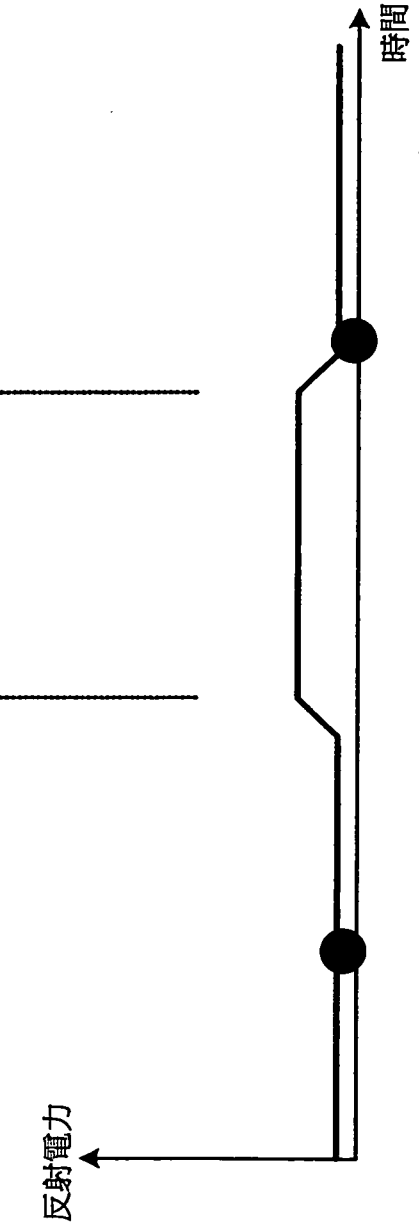


圖3

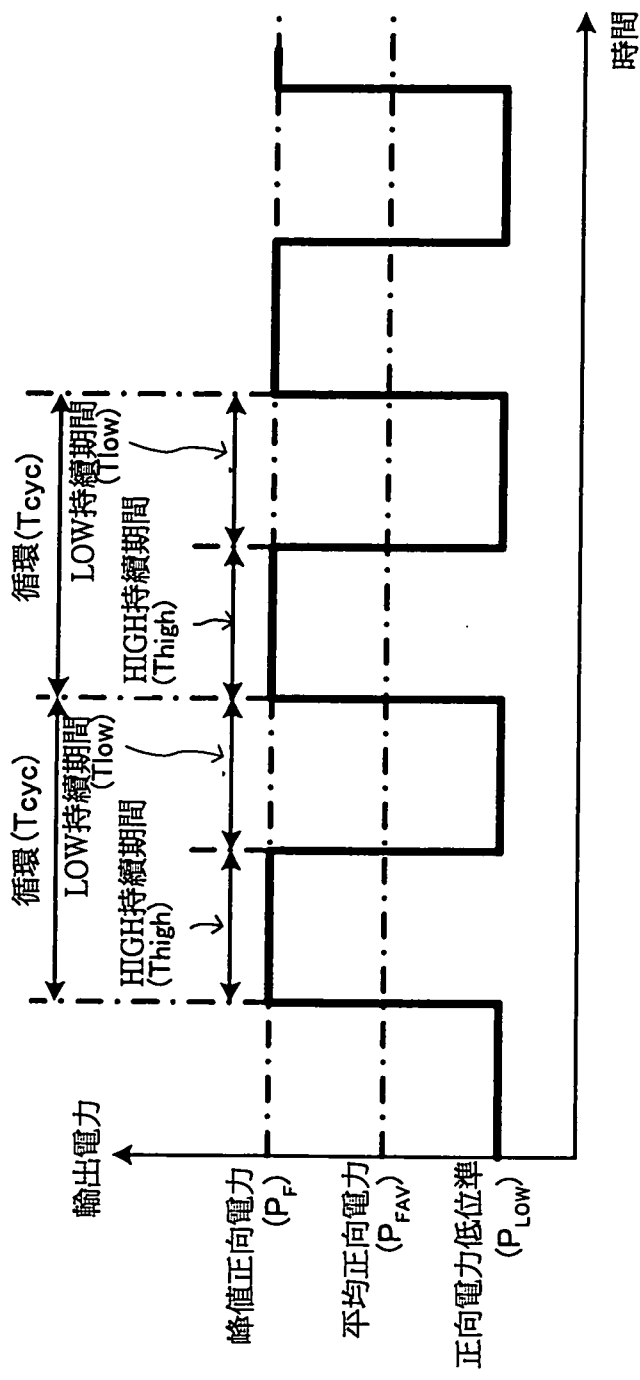


圖 4

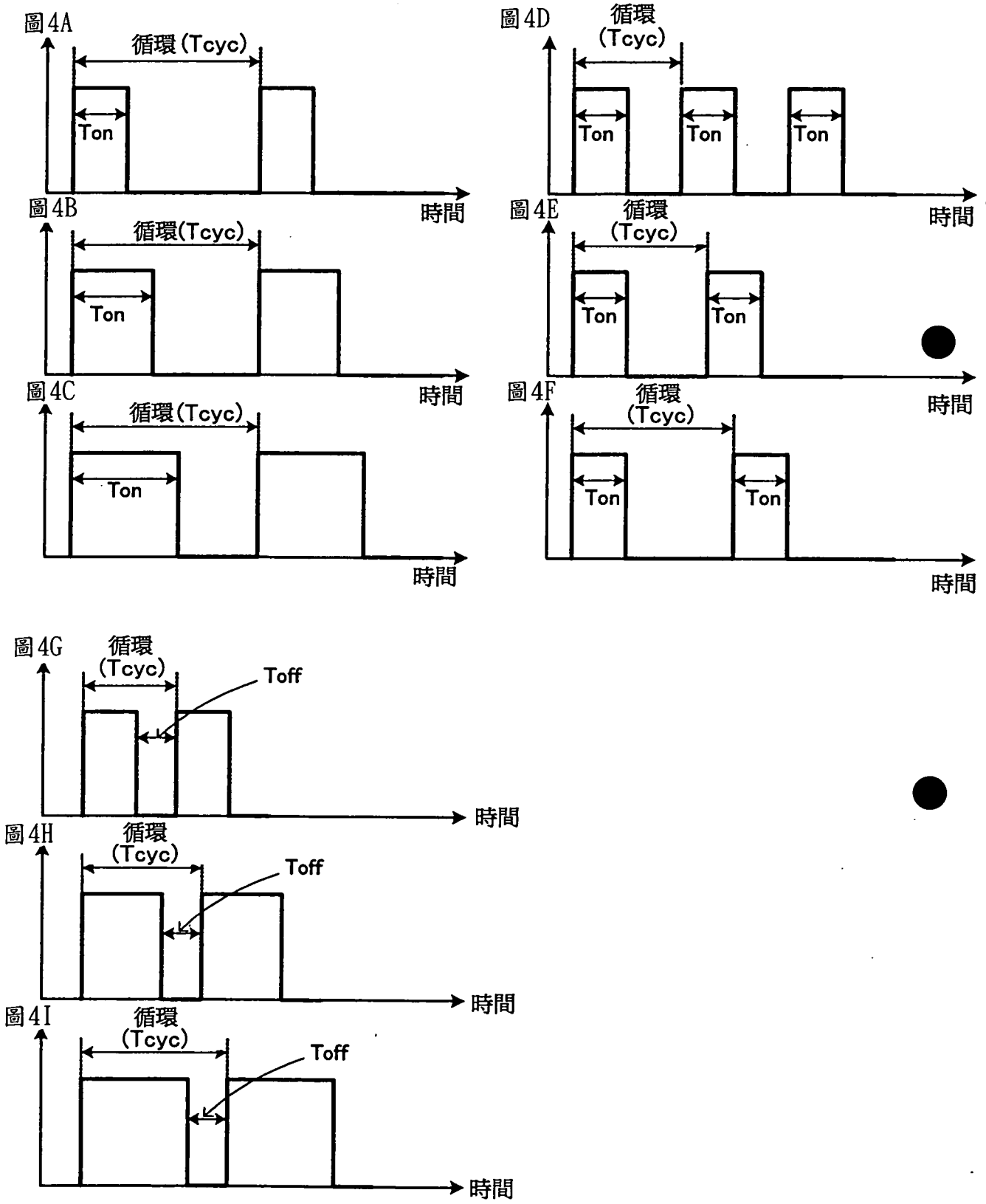


圖5

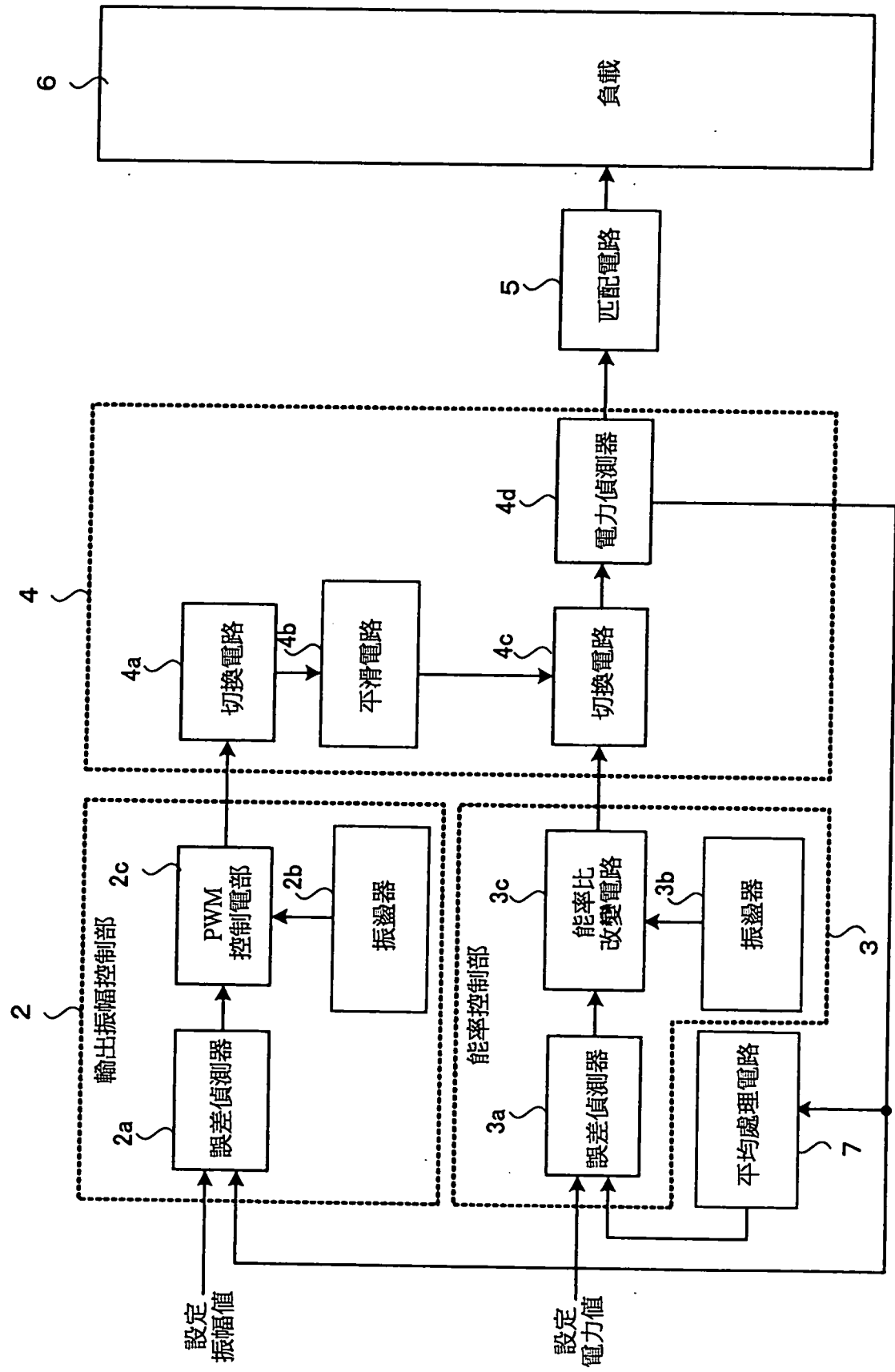


圖6

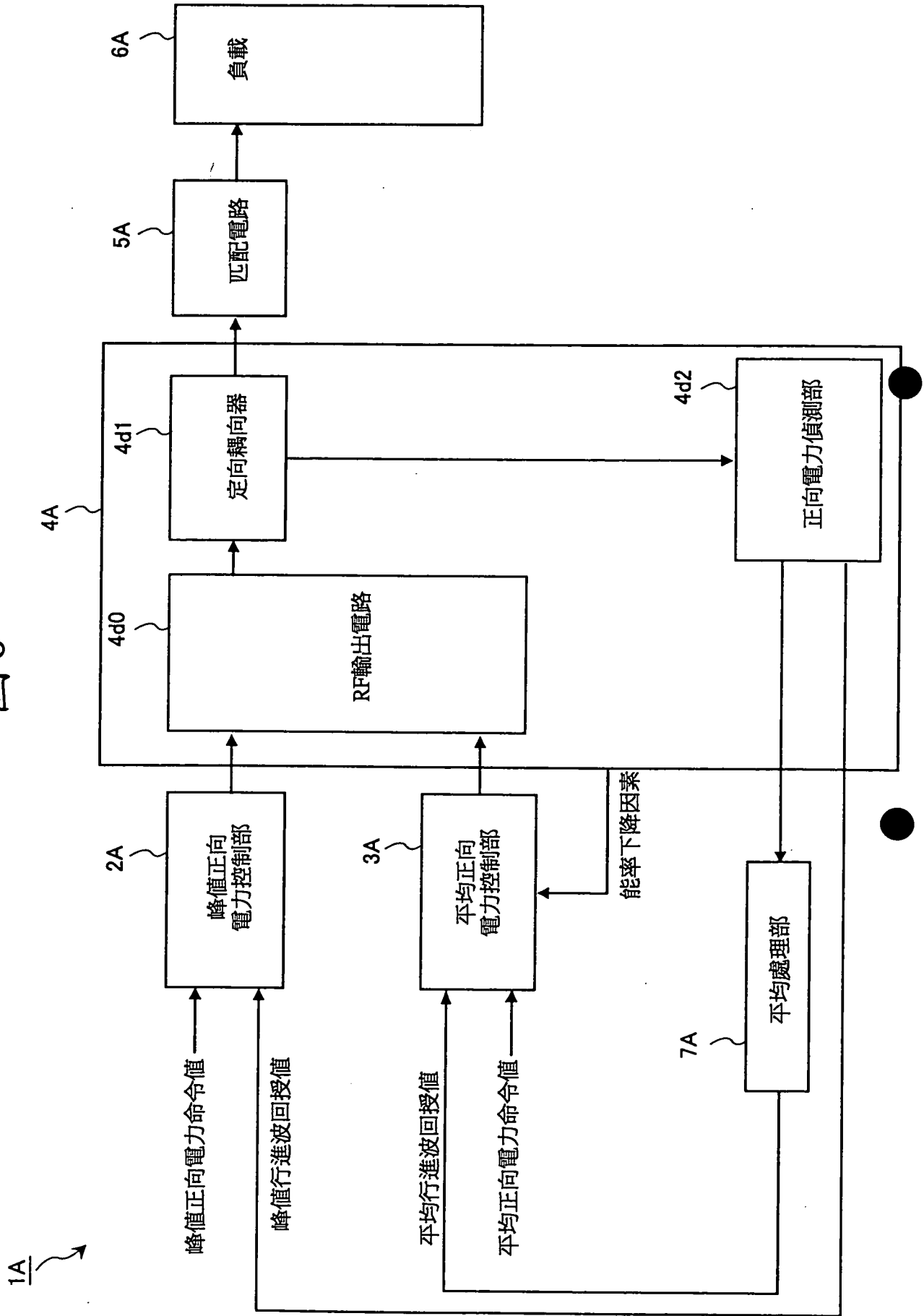


圖 7

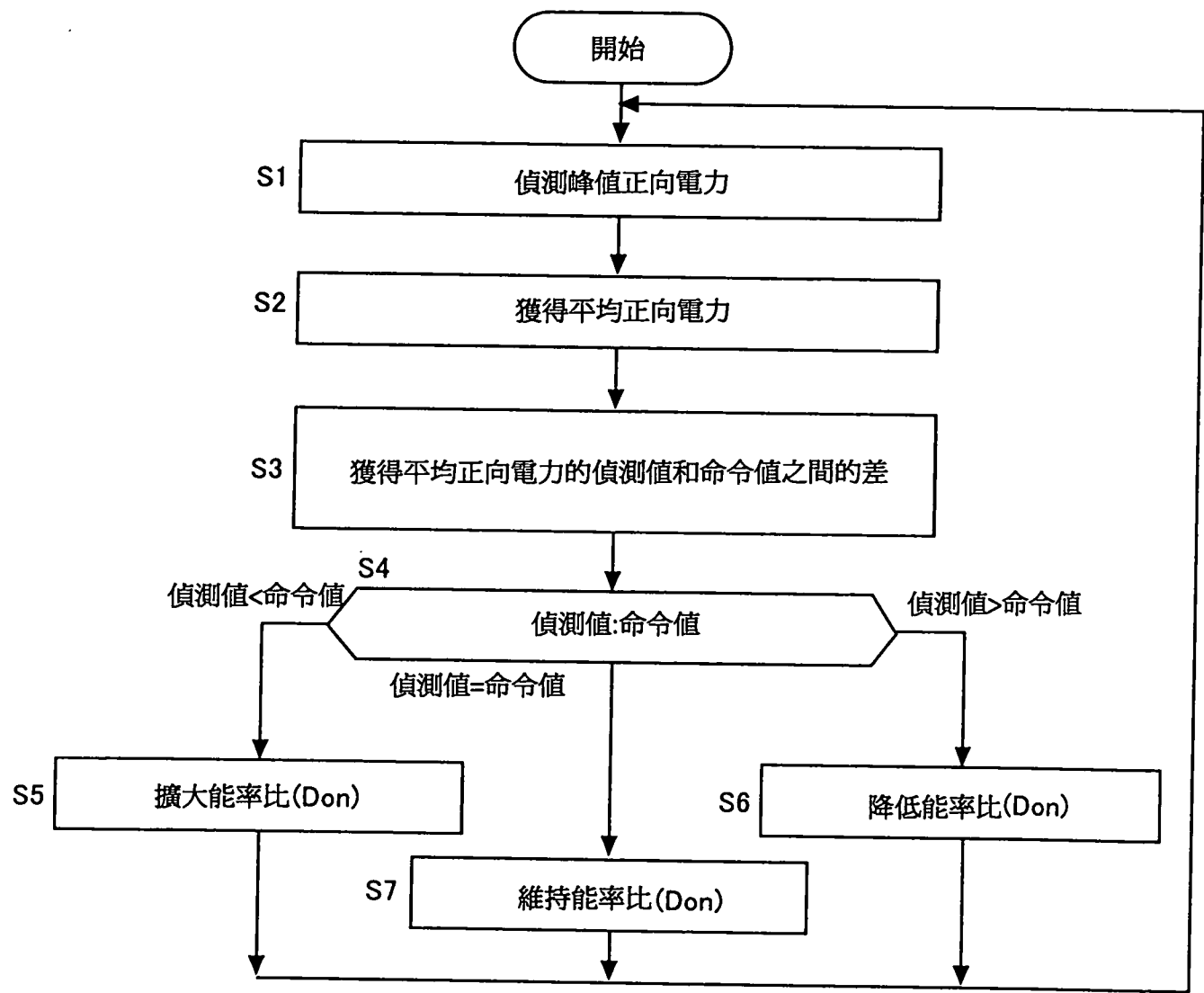


圖 8A

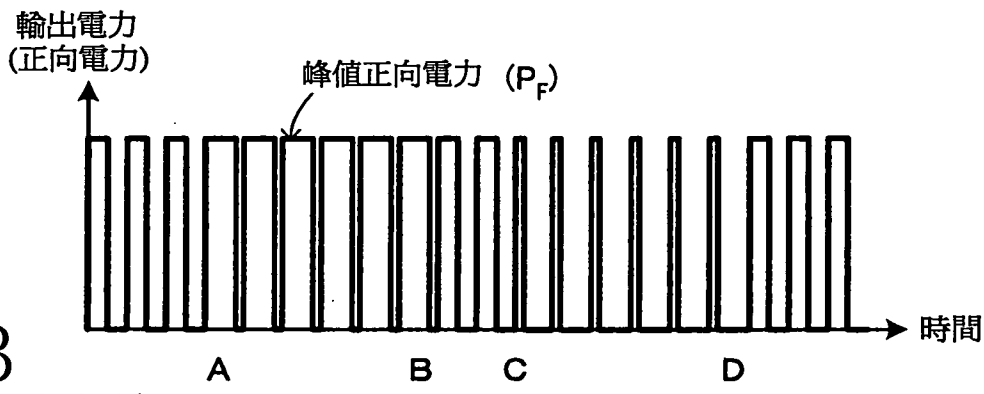


圖 8B

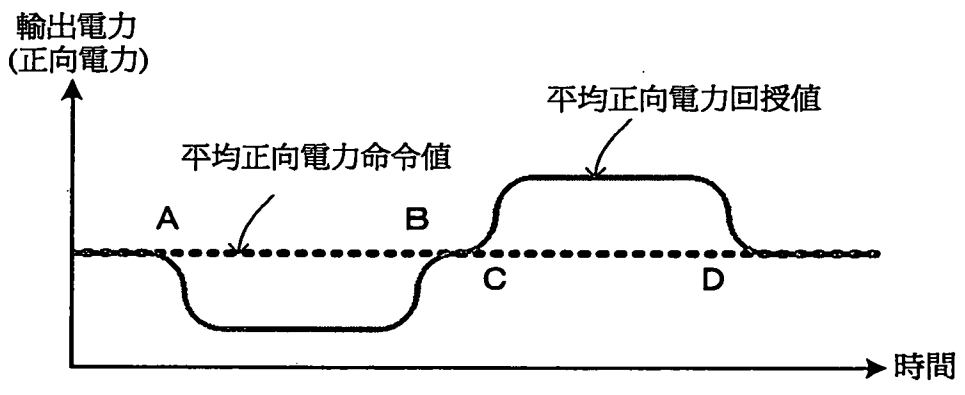


圖 8C

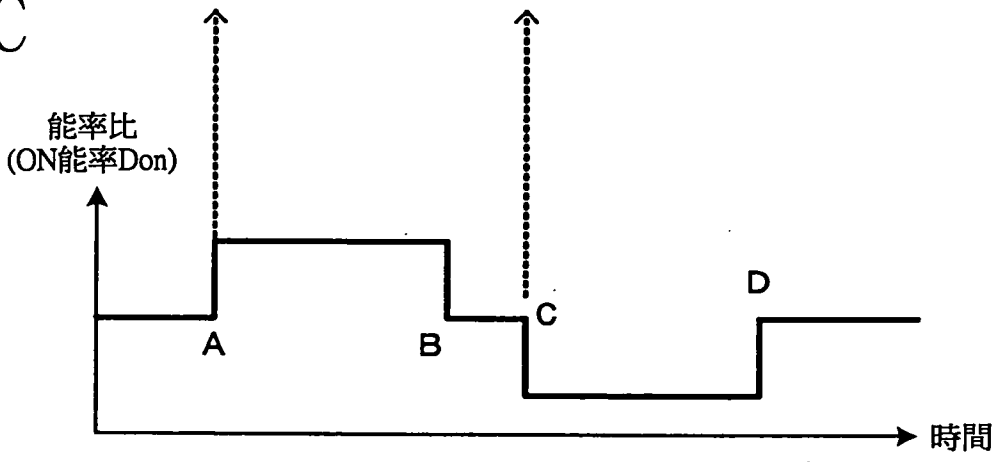


圖9

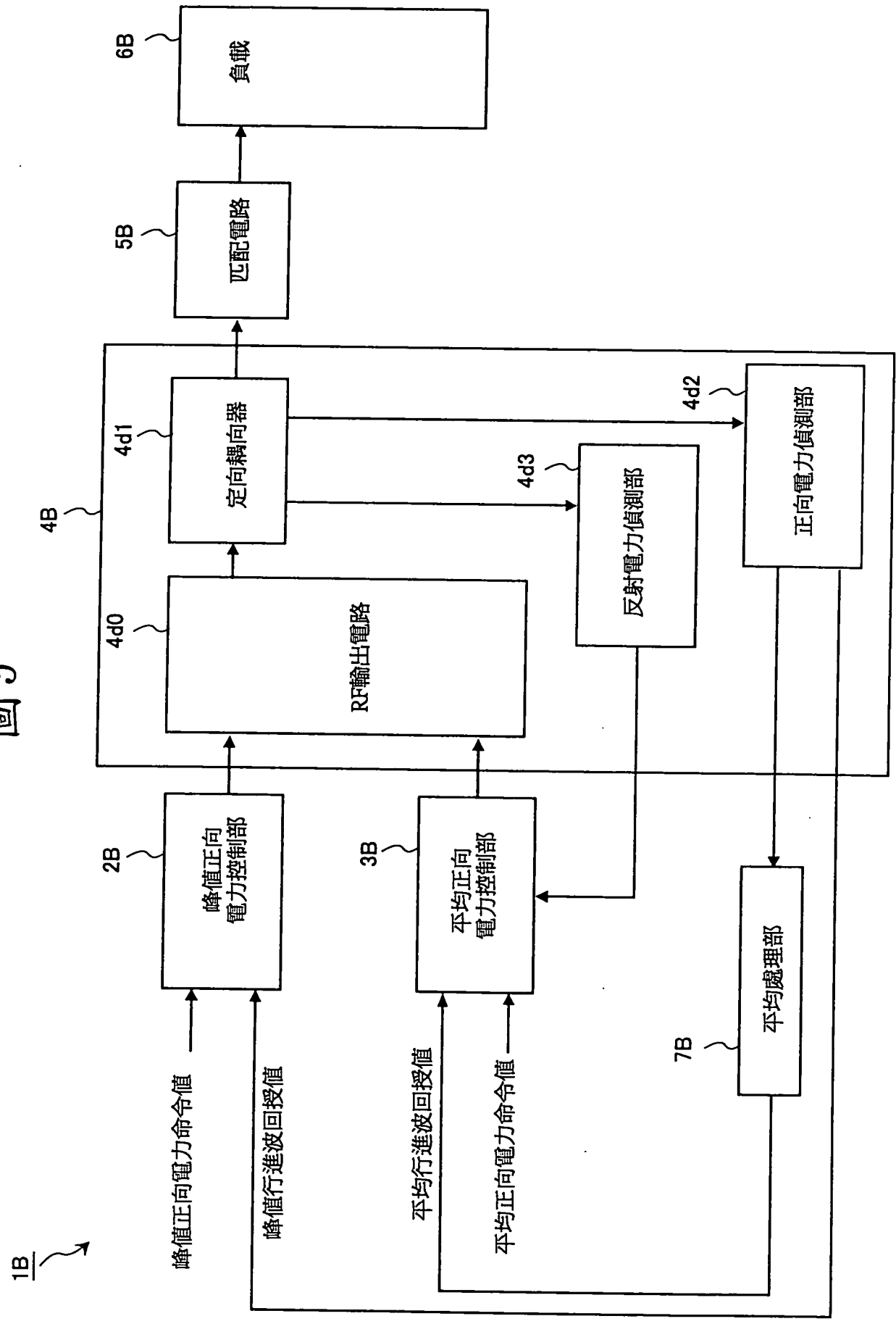


圖 10

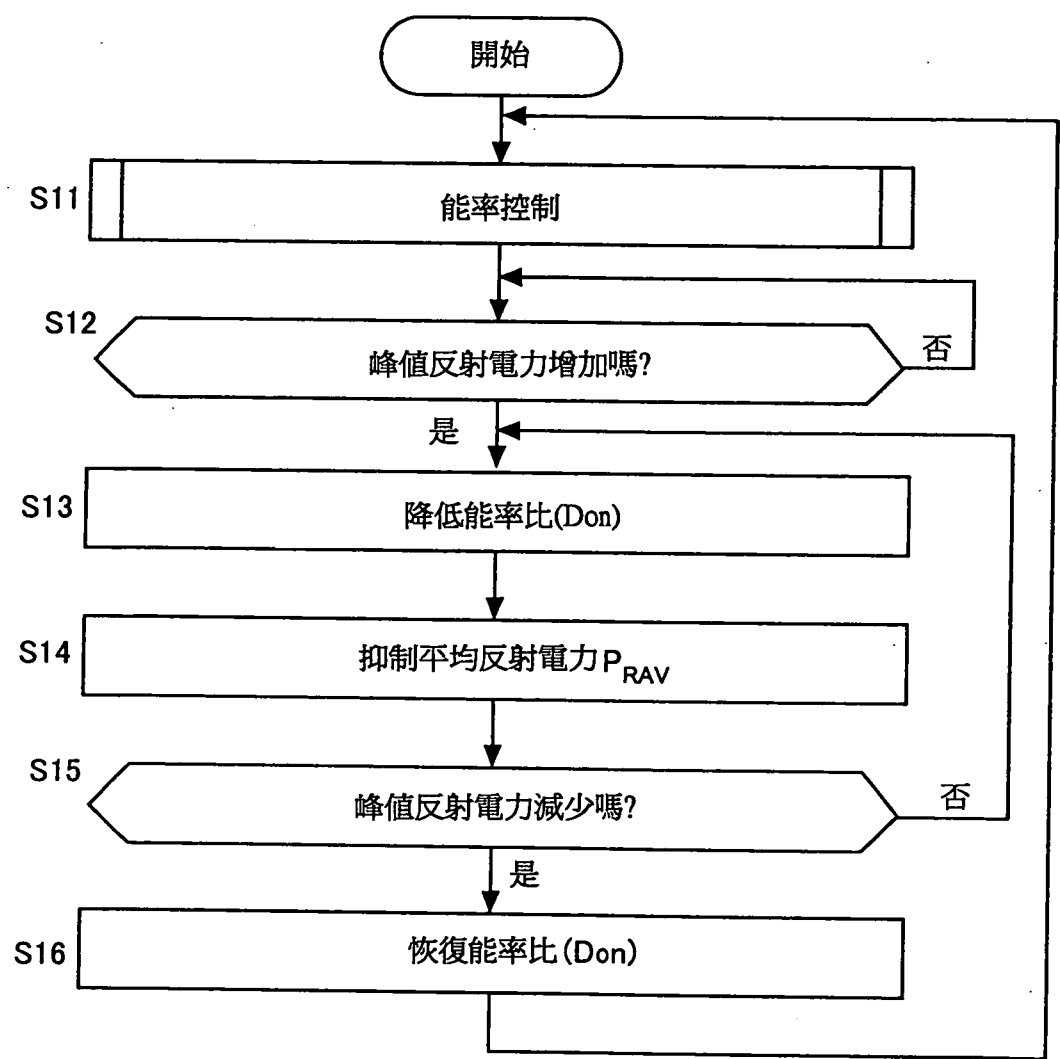


圖 11A

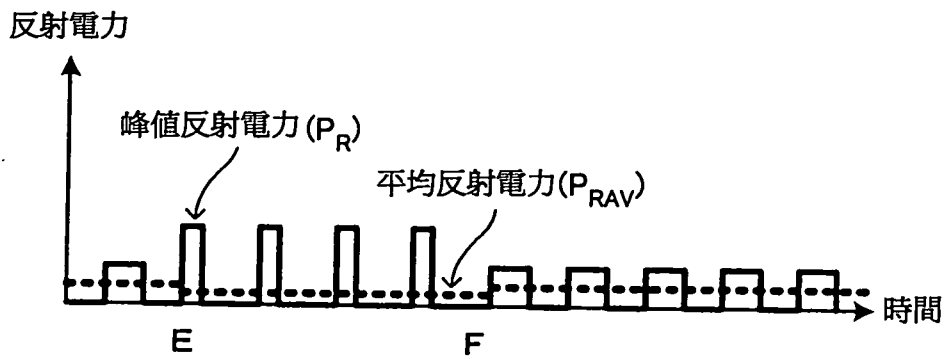


圖 11B

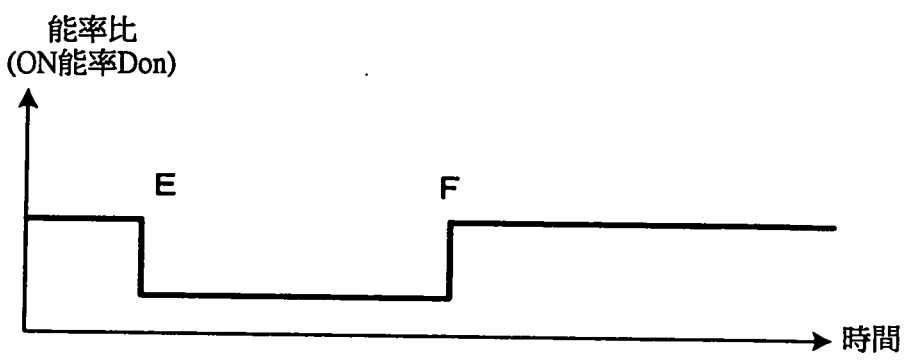


圖 11C

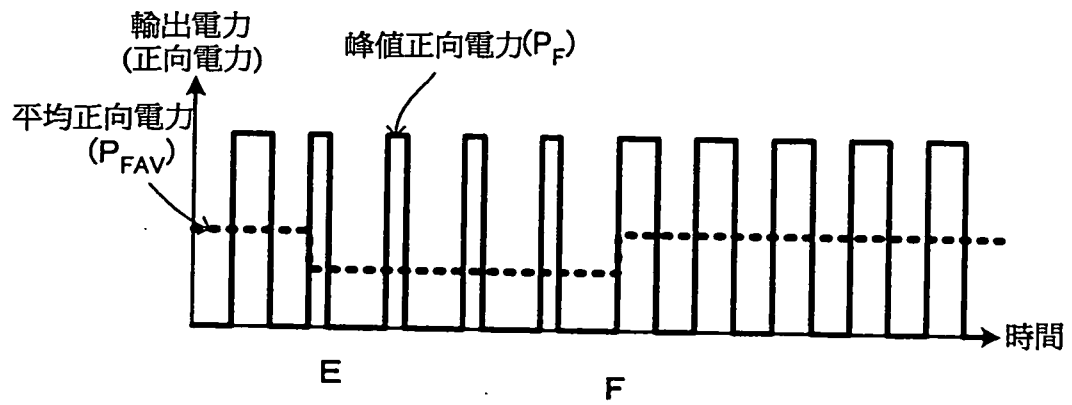


圖12

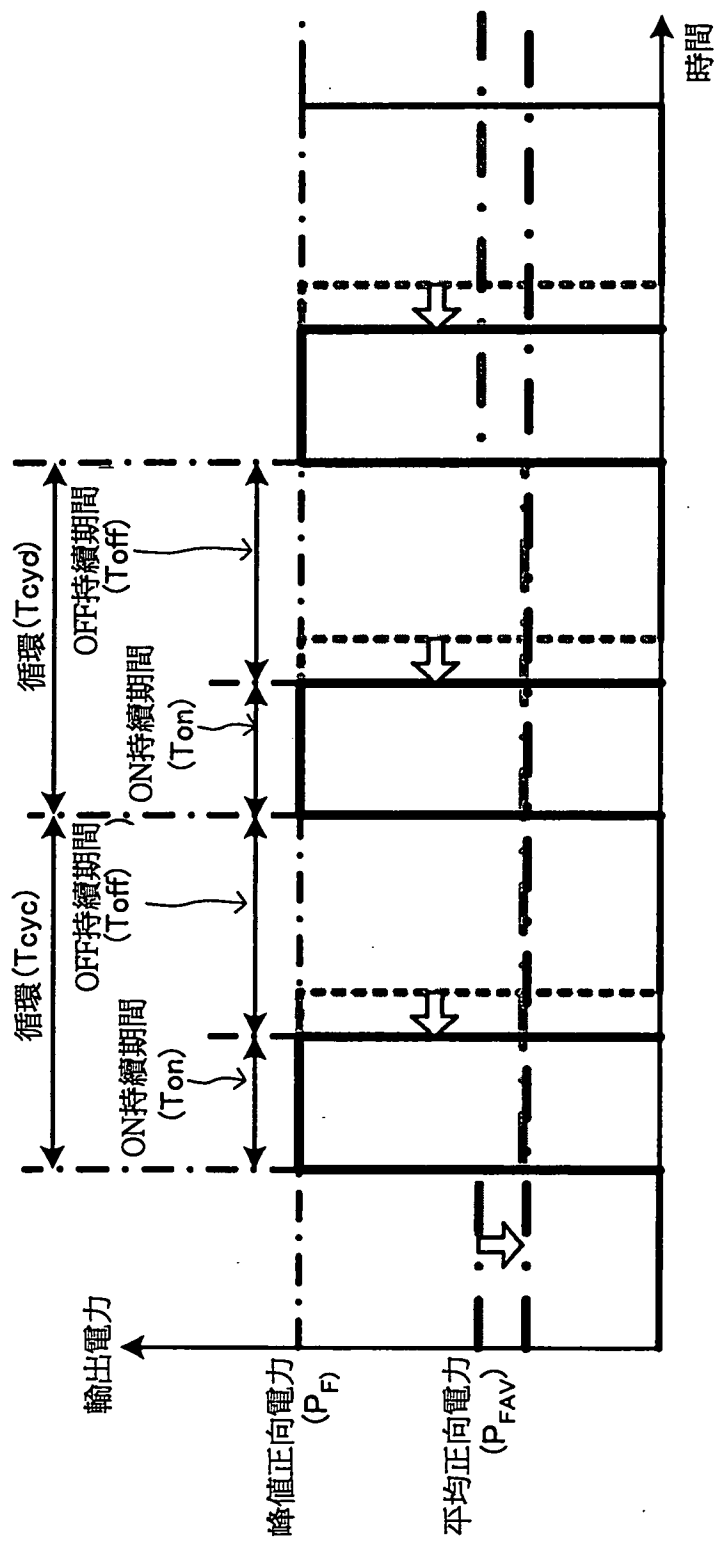


圖13

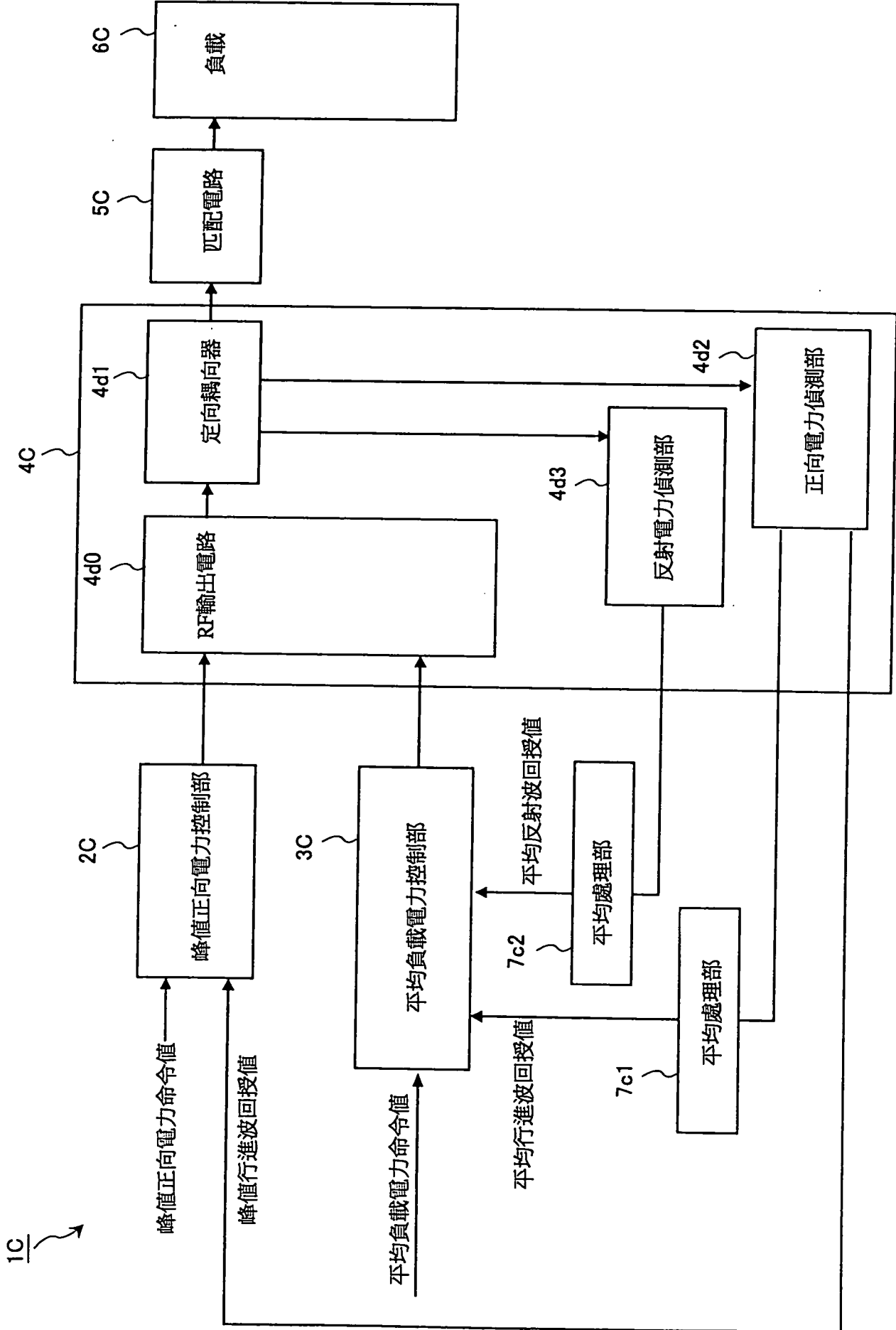


圖 14

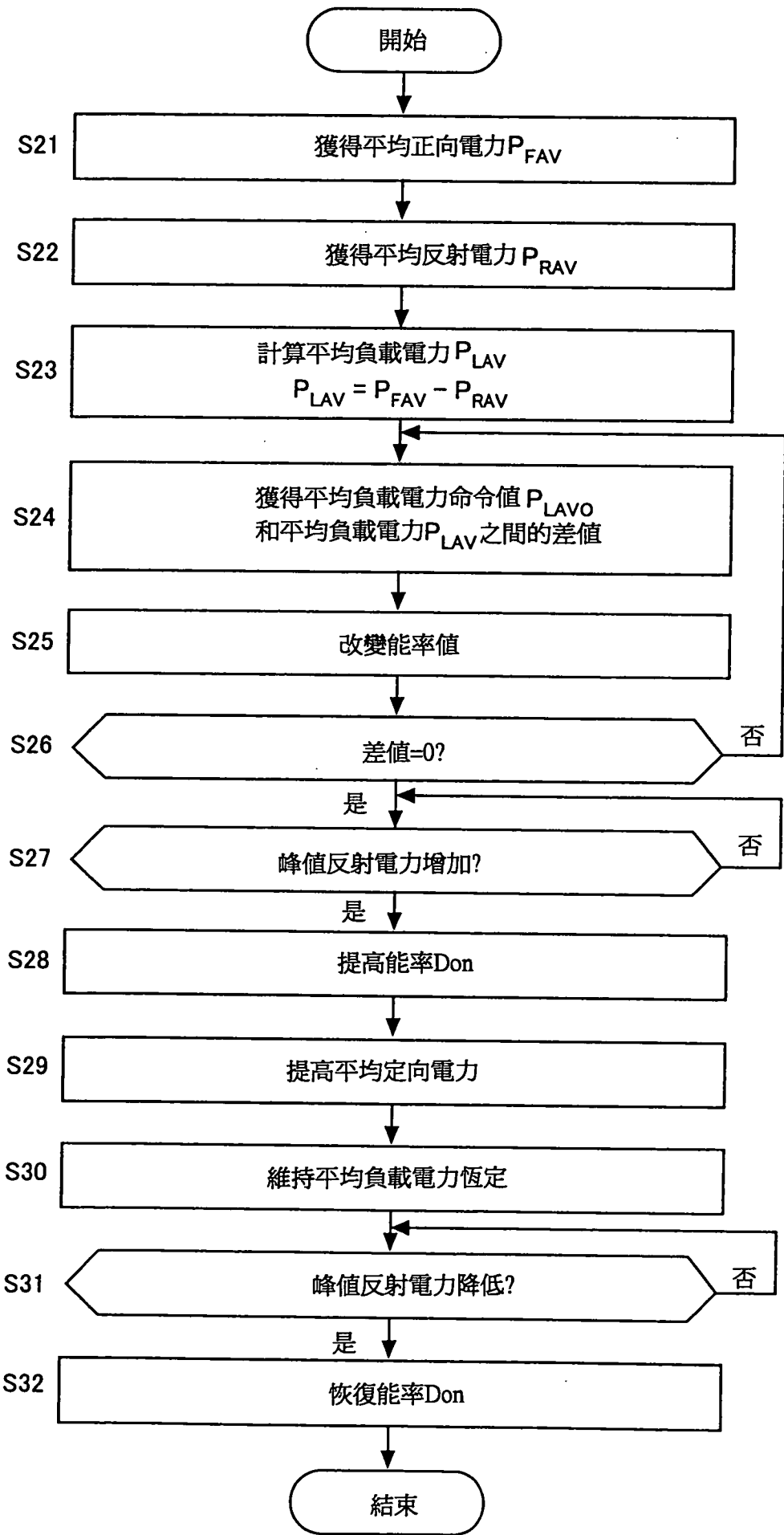


圖 15A

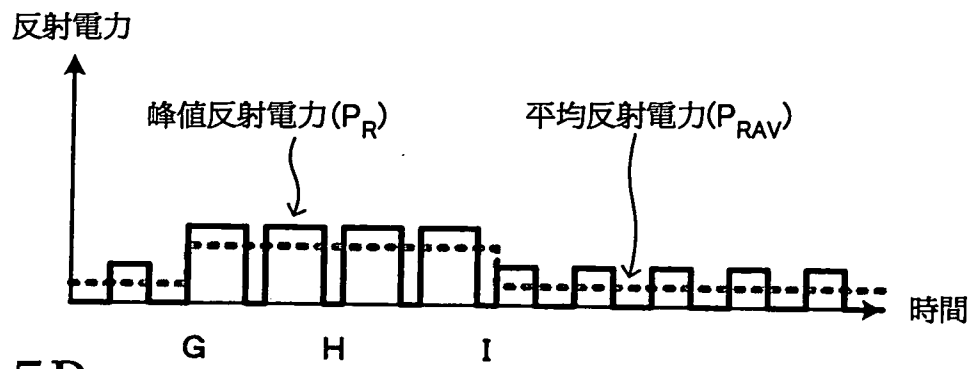


圖 15B

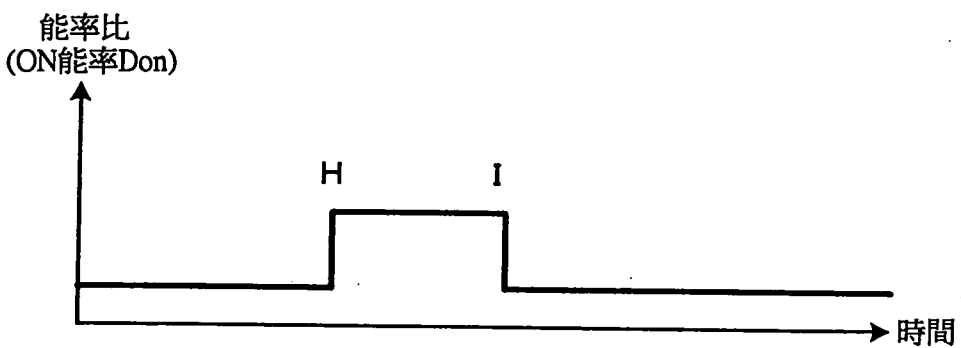


圖 15C

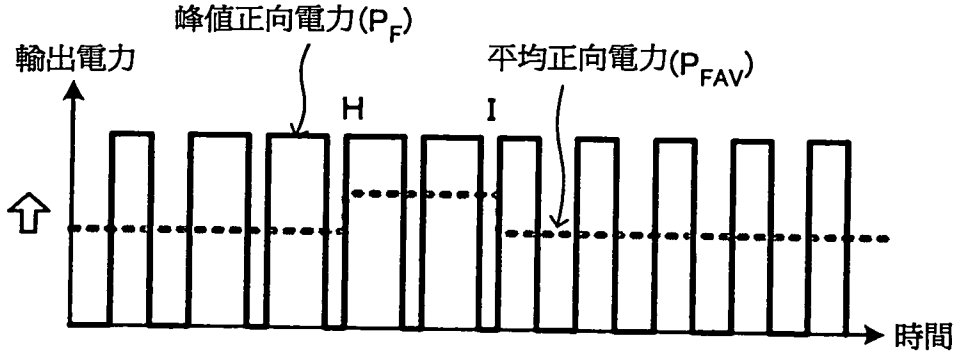


圖 15D

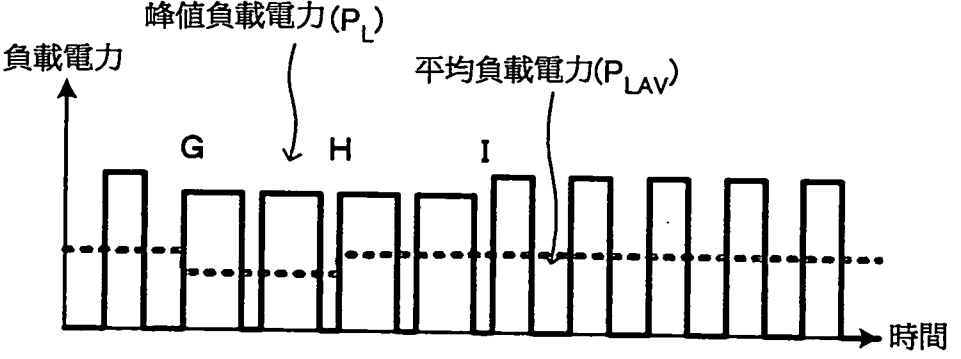


圖 16A

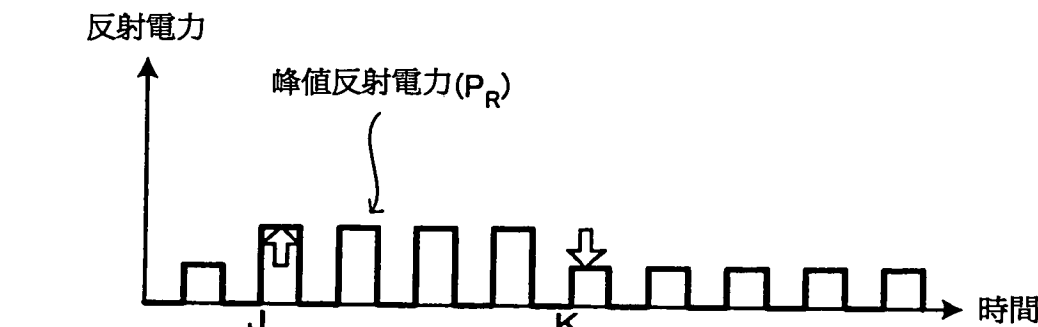


圖 16B

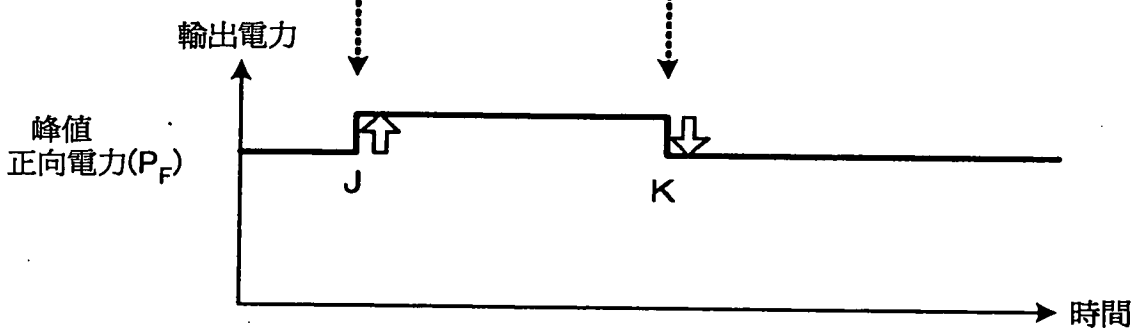


圖 16C

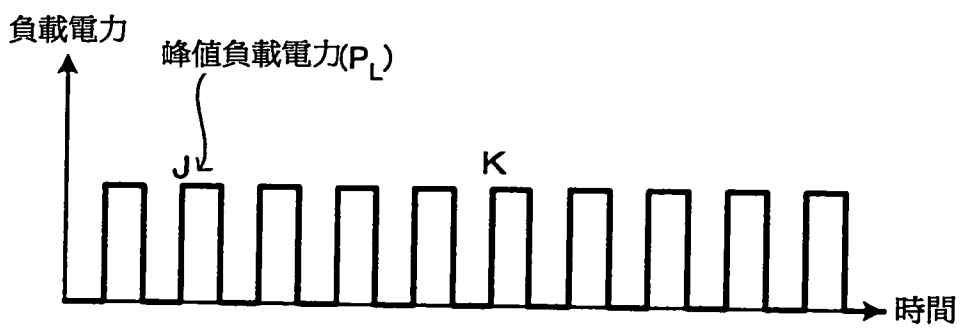


圖17

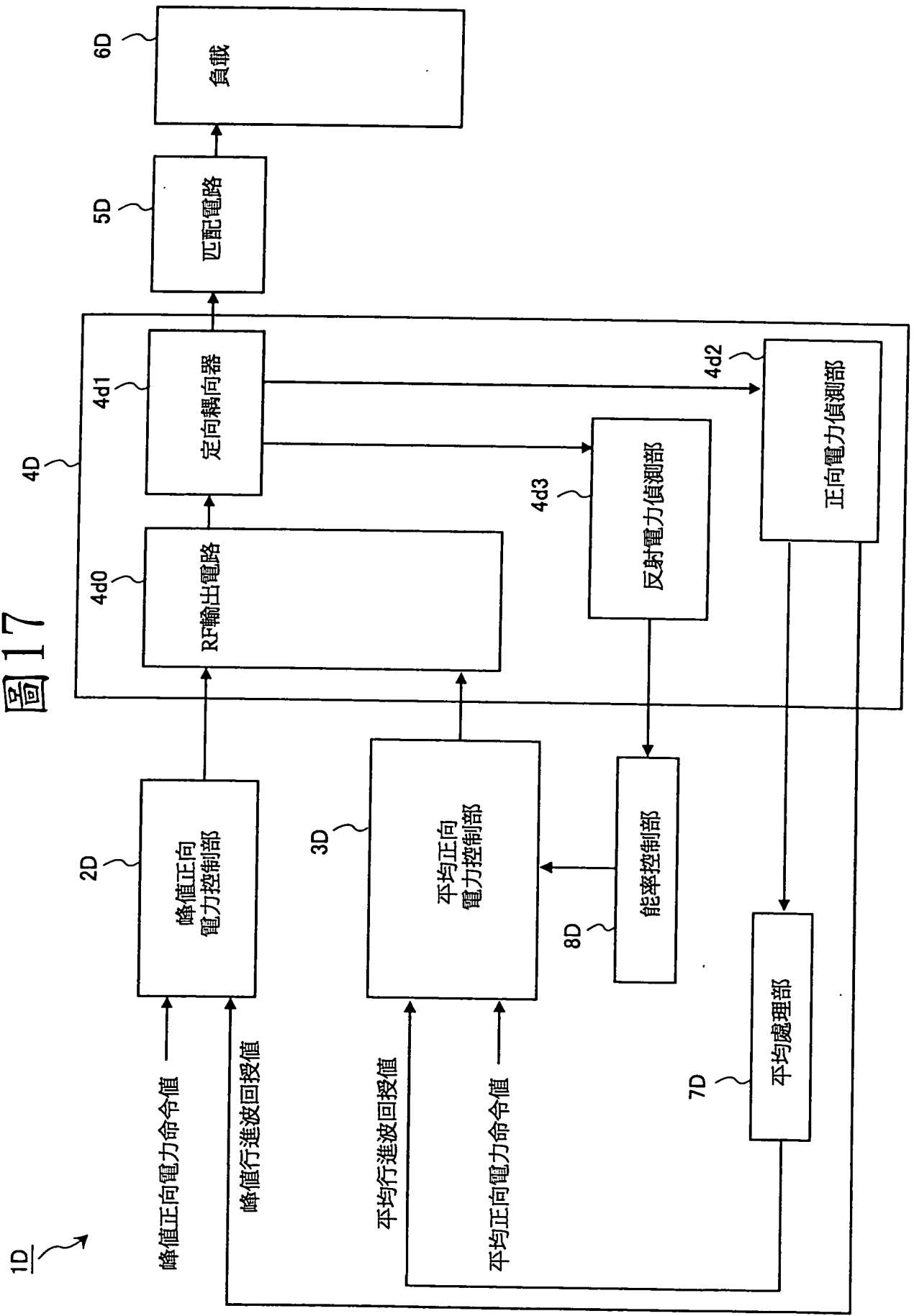


圖 18

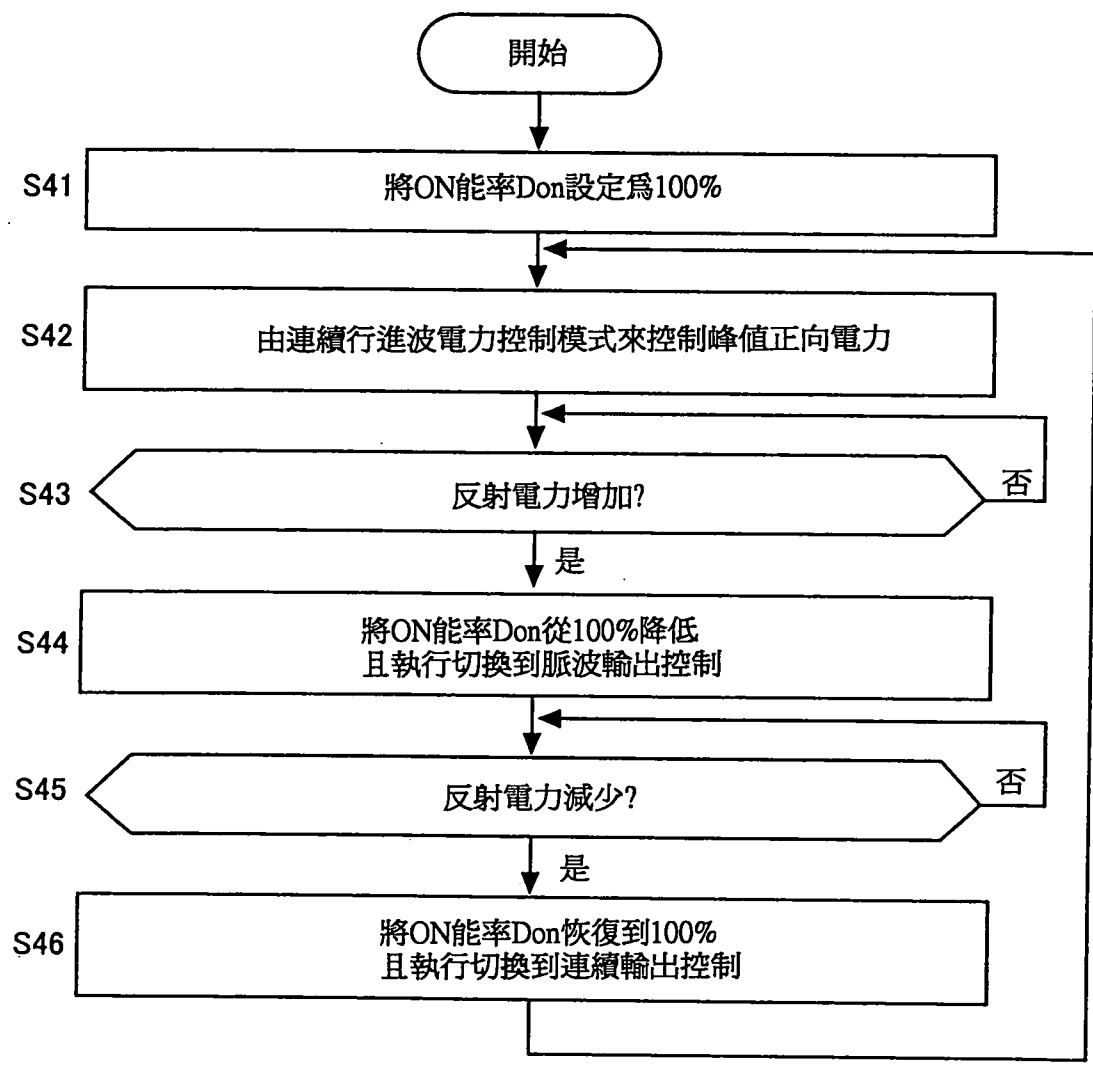


圖 19A

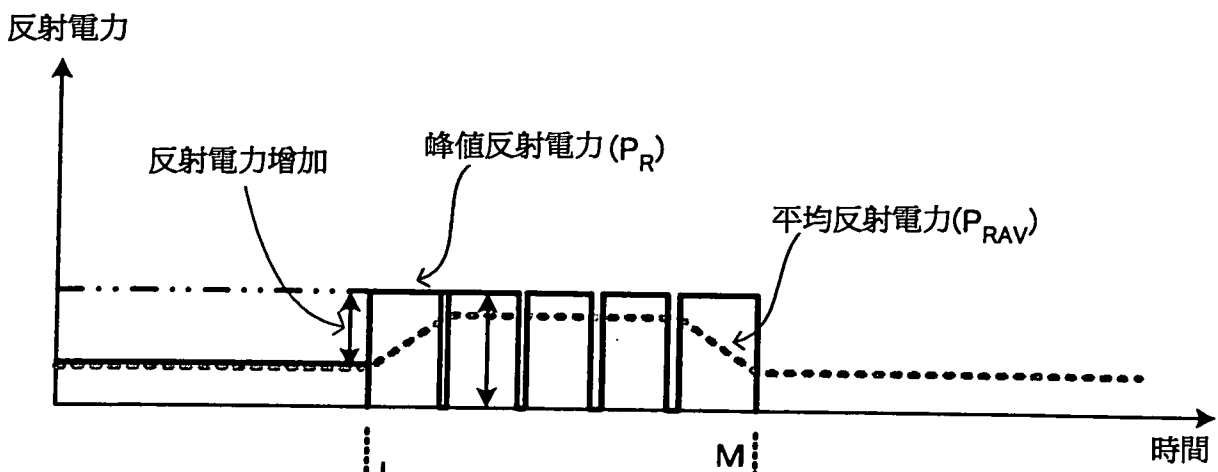


圖 19B

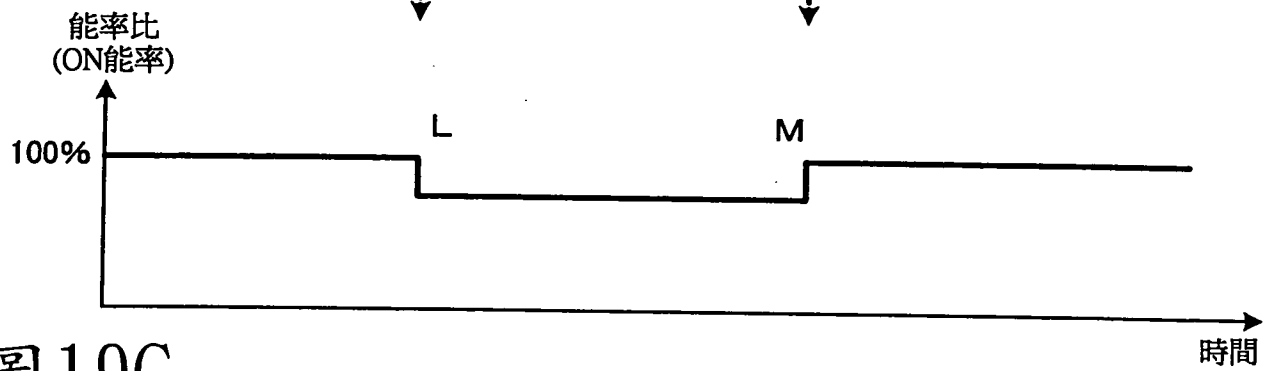


圖 19C

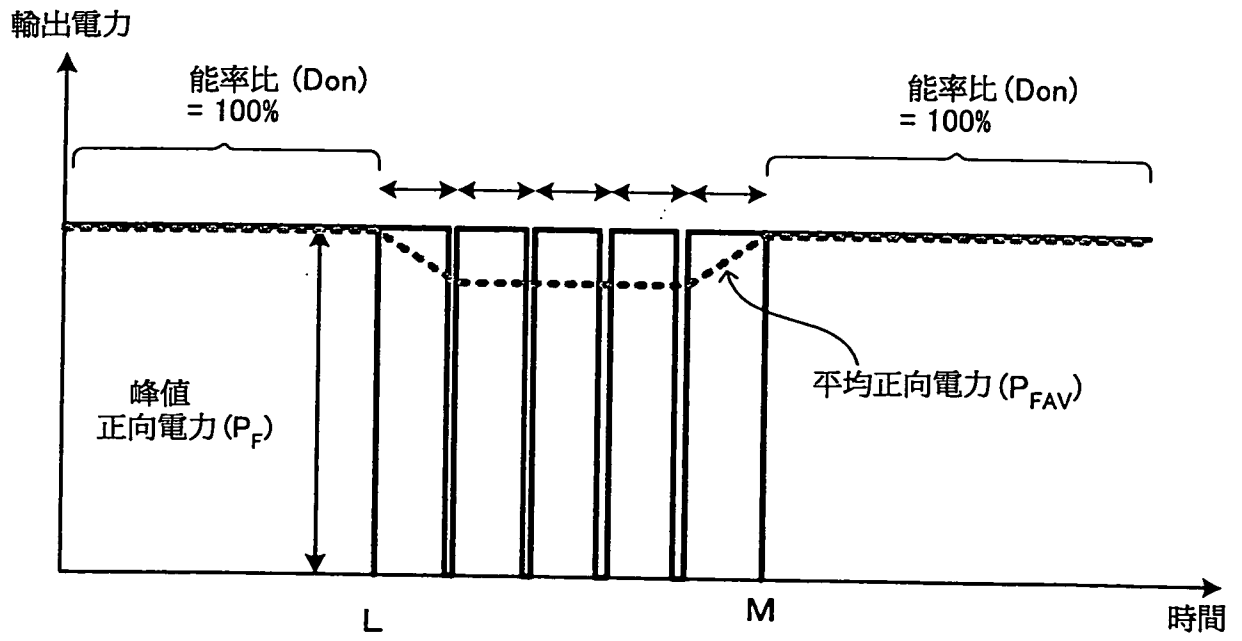


圖 20A

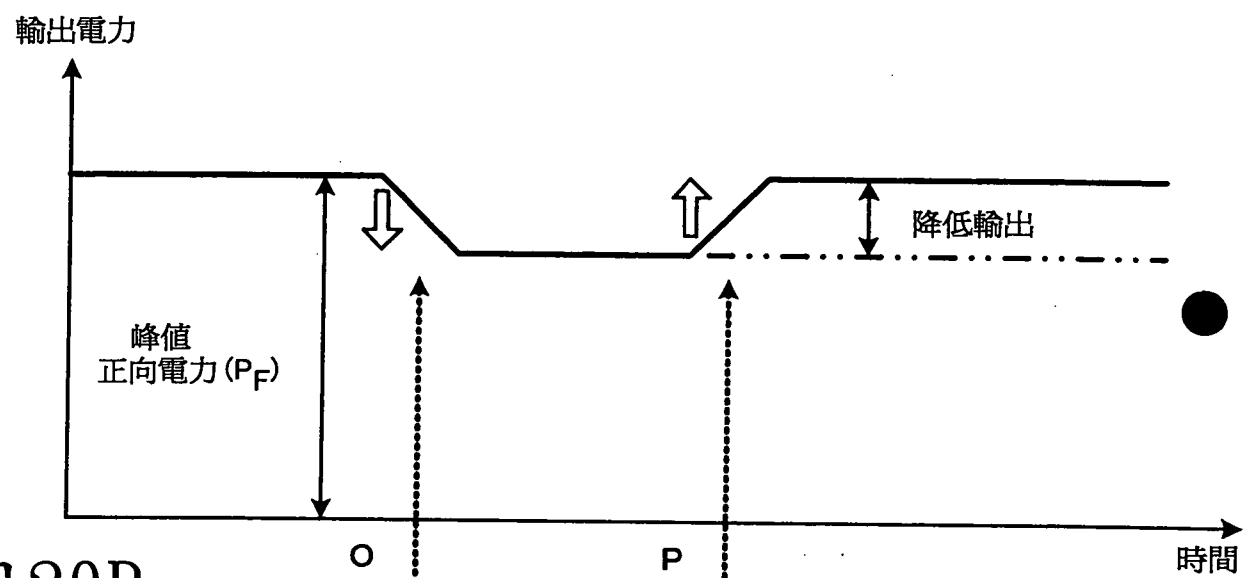


圖 20B

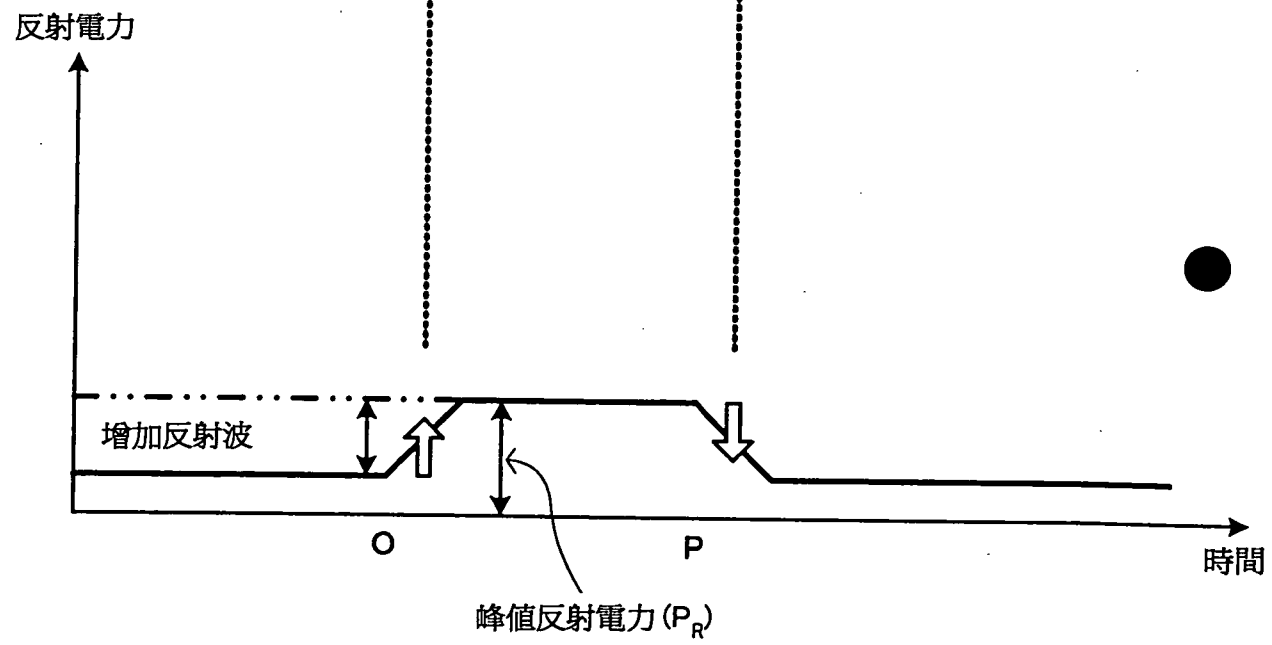


圖21

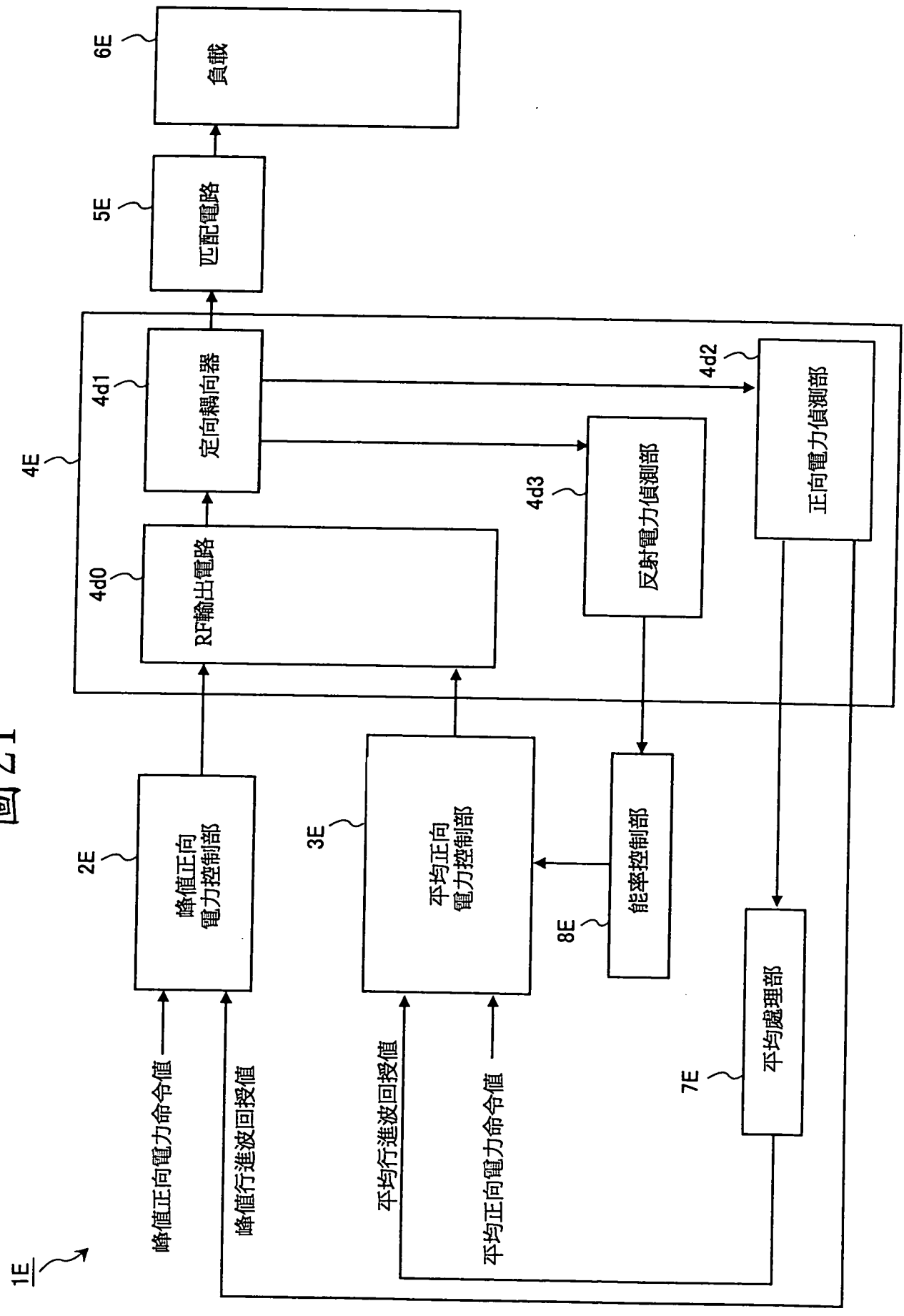


圖 22

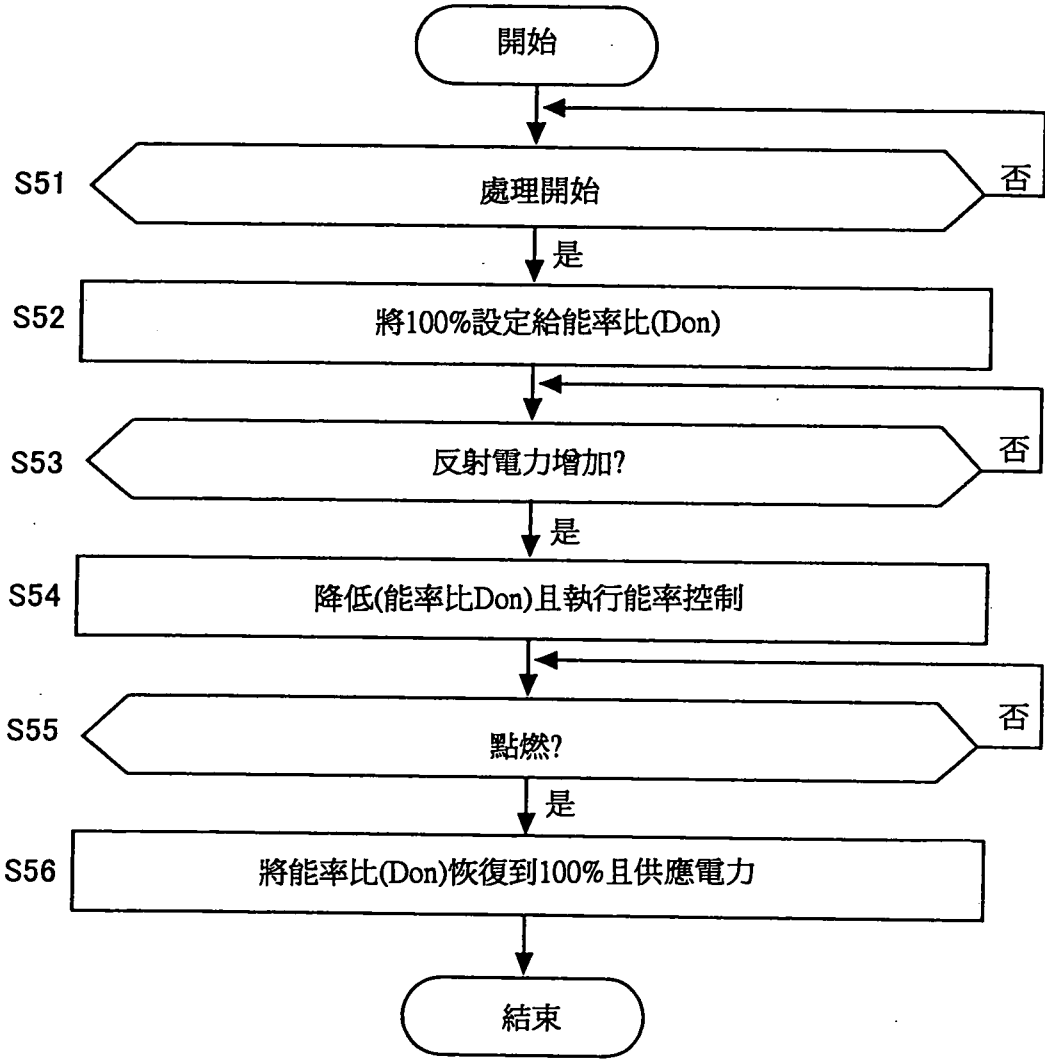


圖 23A

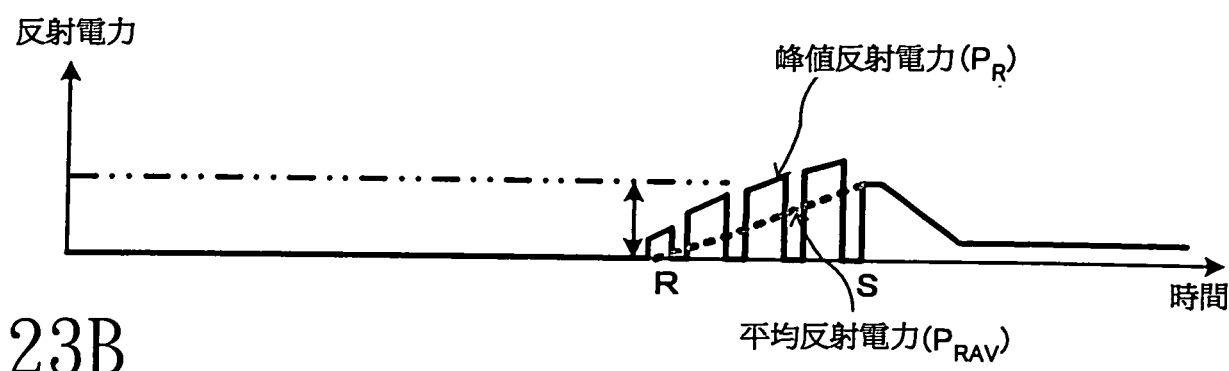


圖 23B

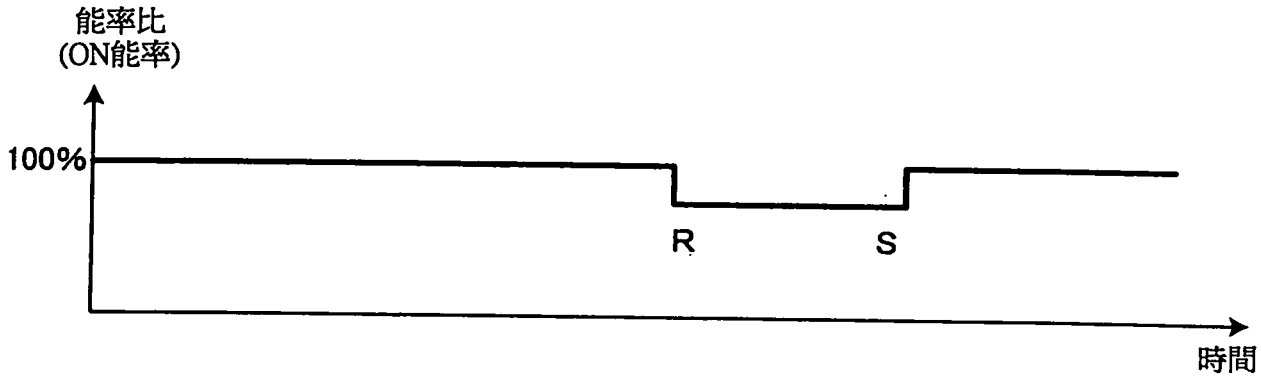


圖 23C

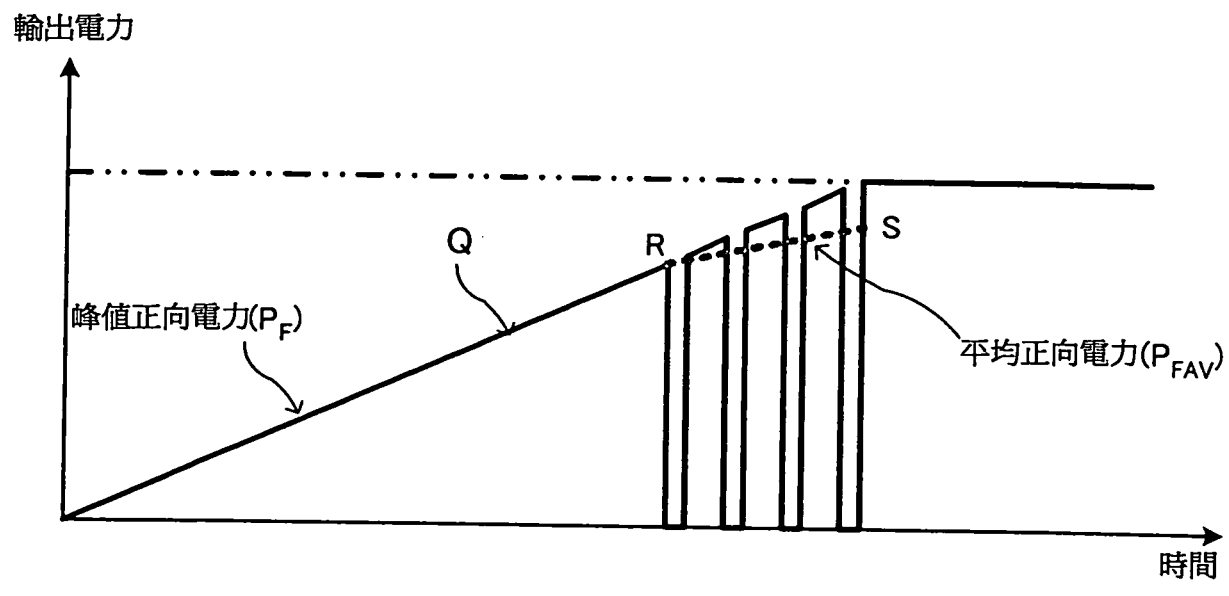


圖 24A

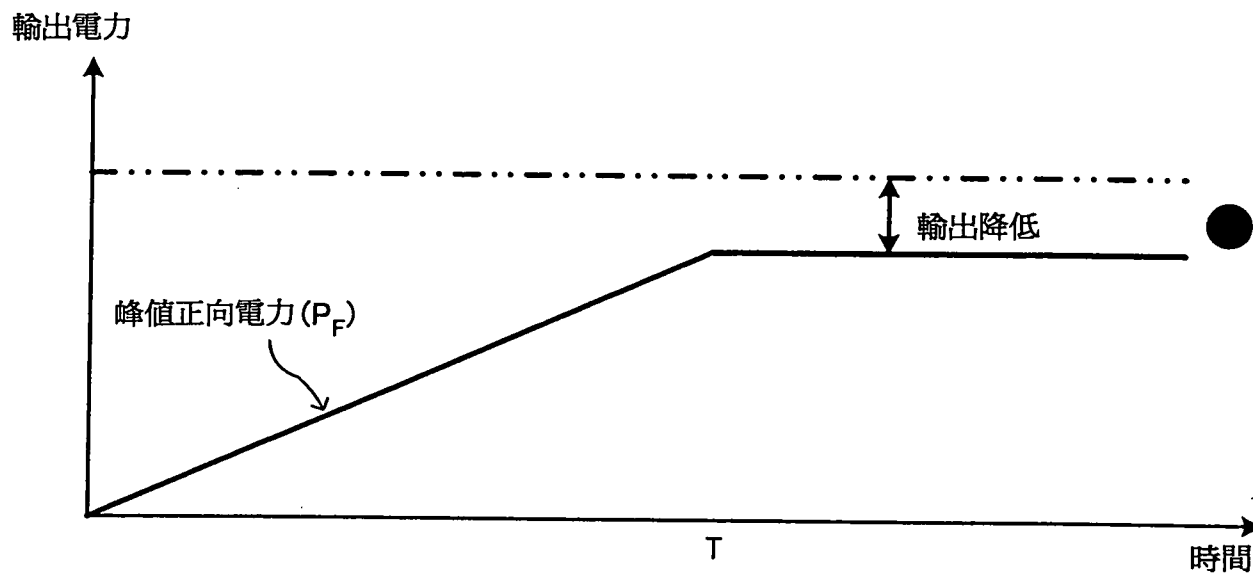


圖 24B

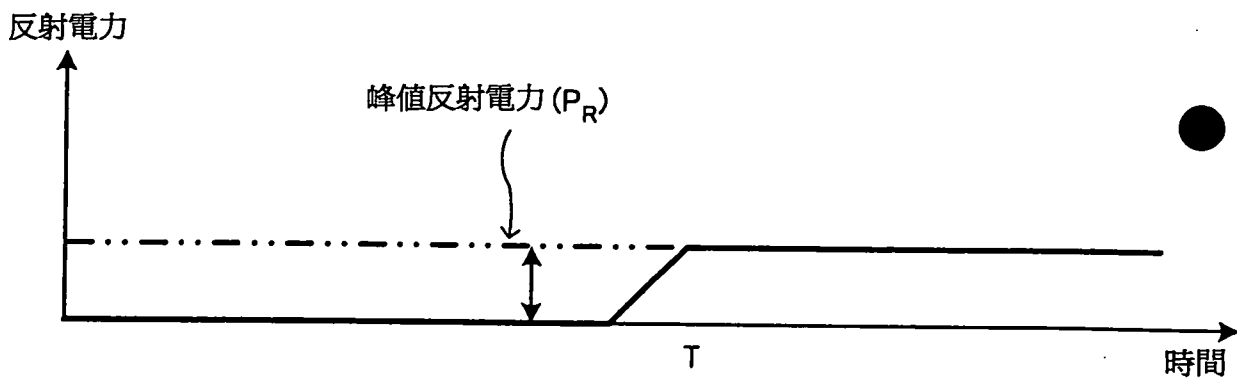


圖 25

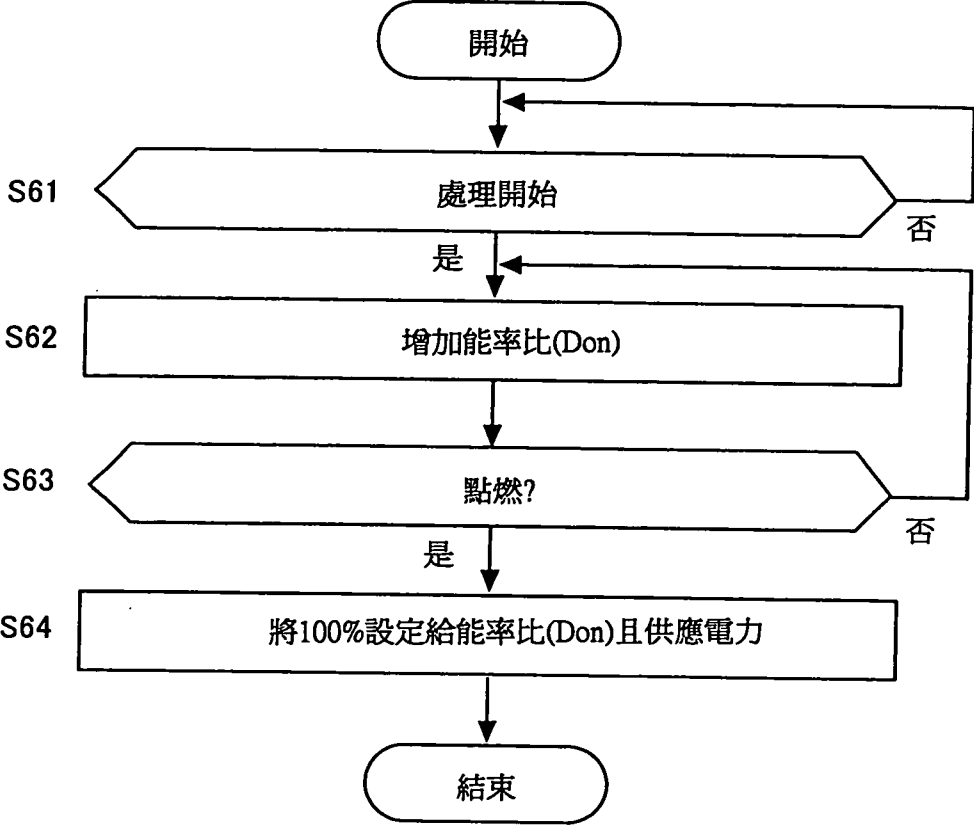


圖 26A

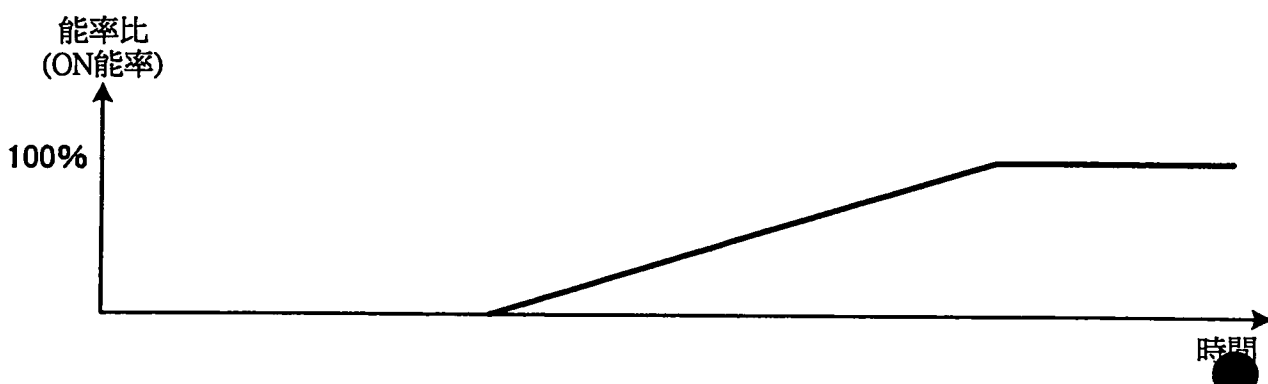


圖 26B

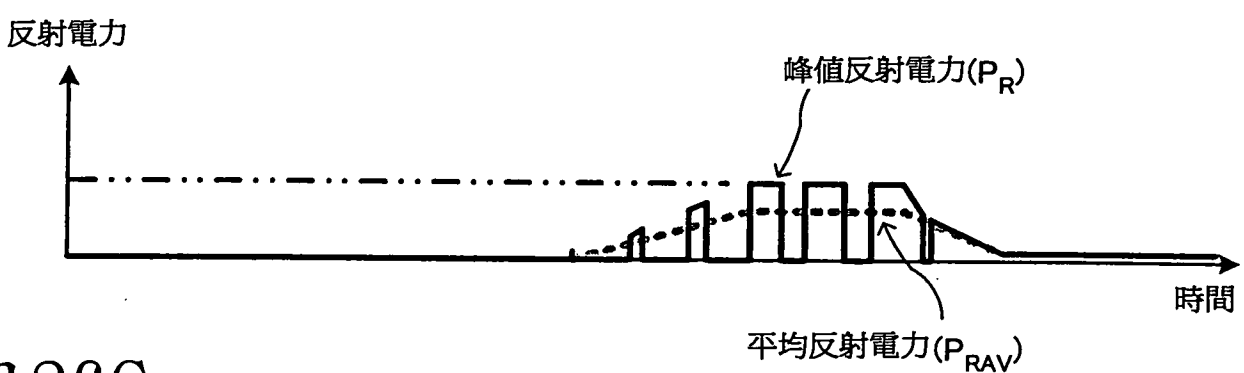


圖 26C

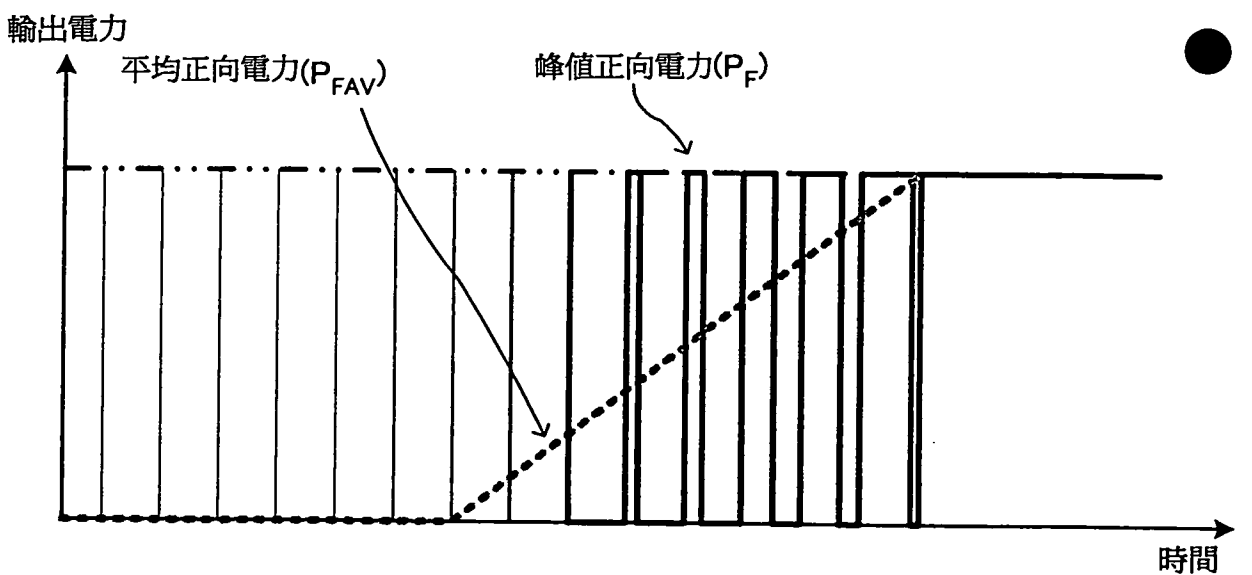


圖 27A

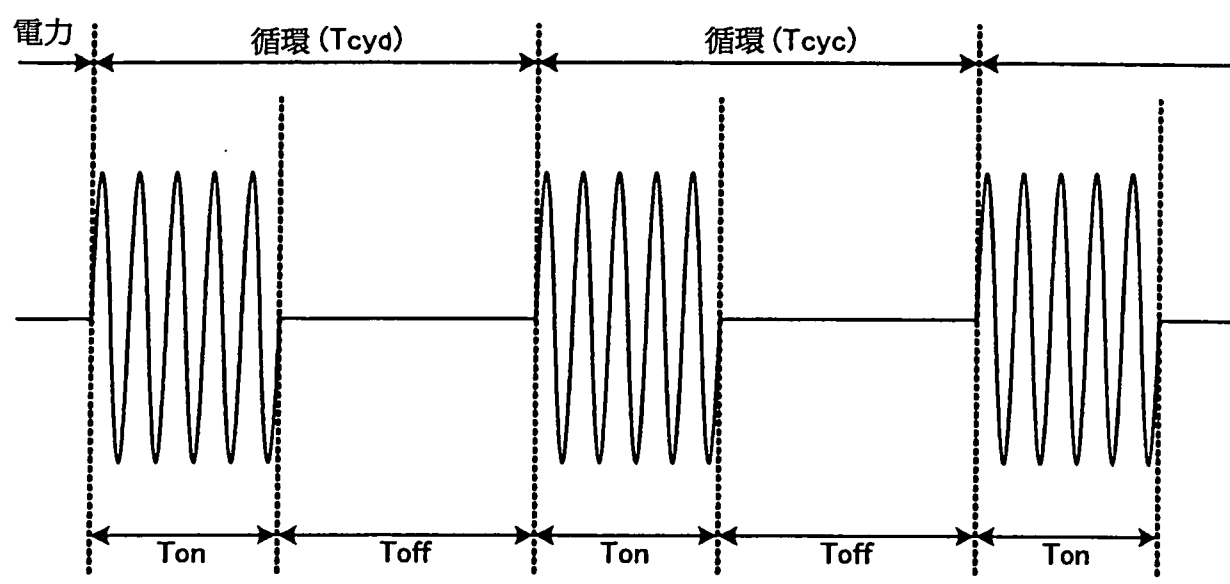


圖 27B

