



(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 I489757 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 21 日

(21) 申請案號：102107919 (22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 06 日

(51) Int. Cl. : H02M3/28 (2006.01) H02M1/42 (2007.01)

(30) 優先權：2012/03/07 美國 61/608,031

2013/02/20 美國 13/772,202

(71) 申請人：戴樂格半導體股份有限公司 (美國) DIALOG SEMICONDUCTOR INC. (US)
美國(72) 發明人：顏亮 YAN, LIANG (US)；凱斯特森 約翰 威廉 KESTERSON, JOHN WILLIAM
(US)；王曉豔 WANG, XIAOYAN (US)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

TW 201034353A

TW 201108576A

TW 201113531A

TW 201115898A

CN 102097960A

US 8094468B2

審查人員：陳丙寅

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：5 共 28 頁

(54) 名稱

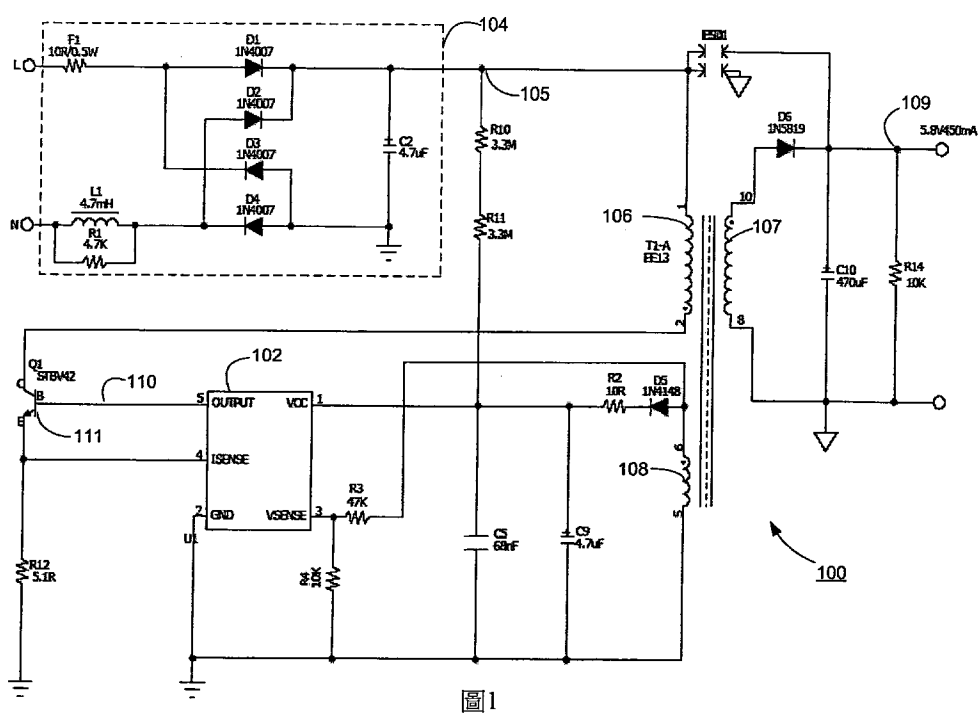
開關電力轉換器及其控制方法

SWITCHING POWER CONVERTER AND METHOD FOR CONTROLLING THE SAME

(57) 摘要

本發明係關於一種開關電力轉換器，其包括一控制器，該控制器經組態以藉由判定操作模式之間之轉變點處之操作條件而自一第一操作模式轉變至一第二操作模式。該控制器使用一點(其中若在該第一操作模式下操作，則包含在該電力轉換器中之一開關已導通)作為參考點以判定在該第二操作模式下何時導通該開關。該開關電力轉換器使用該參考點來判定一控制週期以在一第二操作模式中調整該開關之開關週期。

A switching power converter includes a controller configured to transition from a first operating mode to a second operating mode by determining the operating conditions at the transition point between the operation modes. The controller uses a point where a switch included in the power converter would have been turned on if operating under the first operating mode as a reference point to determine when to turn on the switch under the second operating mode. Using the reference point, the switching power converter determines a control period for regulating the switching period of the switch in a second operating mode.



- 100 . . . 開關電力轉換器
- 102 . . . 控制器 IC
- 104 . . . 前端
- 105 . . . 節點/V_{IN}
- 106 . . . 初級繞組
- 107 . . . 次級繞組
- 108 . . . 輔助繞組
- 109 . . . 節點
- 110 . . . 控制信號
- 111 . . . 開關

圖 1

發明摘要

104. 1. 07

公告本

※ 申請案號：102107919

※ 申請日：102年3月6日

※IPC 分類：H02M 2/38 (2006.01)
H02M 1/42 (2007.01)

【發明名稱】

開關電力轉換器及其控制方法

SWITCHING POWER CONVERTER AND METHOD FOR
CONTROLLING THE SAME

【中文】

本發明係關於一種開關電力轉換器，其包括一控制器，該控制器經組態以藉由判定操作模式之間之轉變點處之操作條件而自一第一操作模式轉變至一第二操作模式。該控制器使用一點(其中若在該第一操作模式下操作，則包含在該電力轉換器中之一開關已導通)作為參考點以判定在該第二操作模式下何時導通該開關。該開關電力轉換器使用該參考點來判定一控制週期以在一第二操作模式中調整該開關之開關週期。

【英文】

A switching power converter includes a controller configured to transition from a first operating mode to a second operating mode by determining the operating conditions at the transition point between the operation modes. The controller uses a point where a switch included in the power converter would have been turned on if operating under the first operating mode as a reference point to determine when to turn on the switch under the second operating mode. Using the reference point, the switching power converter determines a control period for regulating the switching period of the switch in a second operating mode.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 開關電力轉換器
- 102 控制器IC
- 104 前端
- 105 節點/ V_{IN}
- 106 初級繞組
- 107 次級繞組
- 108 輔助繞組
- 109 節點
- 110 控制信號
- 111 開關

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

發明專利說明書

104. 1. 07

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

開關電力轉換器及其控制方法

SWITCHING POWER CONVERTER AND METHOD FOR

CONTROLLING THE SAME

【相關申請案之交叉參考】

本申請案根據35 U.S.C. §119(e)主張2012年3月7日申請的同在申請中美國臨時專利申請案第61/608,031號之優先權，其全文以引用之方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於控制一開關電力轉換器以減少當轉變至低負載或無負載條件時之該電力轉換器之輸出電壓波形之失真。

【先前技術】

對攜帶式電子裝置之效率要求產生了在改變負載條件下調整電力之挑戰。這些挑戰包括在待用模式中幾乎不消耗電力，而當該裝置突然插上電源時要傳遞全部電力用於主動電力模式操作。且對許多靠電池操作的裝置而言，這些對電力節省的要求愈加集中於低負載及無負載能量節省。

為了解決這些挑戰，許多攜帶式電子裝置使用開關電力調節器，調節器基於負載條件而在不同操作模式下操作。舉例來說，開關電力轉換器通常在重負載條件期間使用PWM(脈寬調變)且在輕負載條件期間使用PFM(脈衝頻率調變)。一般而言，在動態損耗(包括傳導損耗及開關損耗)佔優勢的較高負載條件下，PWM操作模式比PFM操作模式更有效。另一方面，一般而言，在靜態損耗(例如由開關電力轉

換器所消耗的靜態電流)佔優勢的較低負載條件下，PFM操作模式比PWM操作模式更有效。使用這些技術，多模式開關電力轉換器在較大範圍的負載條件下提供改良的效率。

但是，使用多模式操作可引入由自一個模式切換至另一模式所引起之輸出電壓中的失真。這些失真可起因於不同操作模式之間之轉變點處之開關電力轉換器之調整之中斷。舉例來說，當來自該兩個操作模式之控制電壓需求在該轉變點處不同時，可引起中斷。這些差異可在該轉變點處產生非所要量的輸出電壓漣波。此外，在不知道該開關電力轉換器之變壓器特性之情況下，甚至難以取決於用來調整該轉變點之任一側(即，邊界)上之電力之操作模式來預判定該轉變點。

【發明內容】

實施例包括一種用於自一第一操作模式轉變至一第二操作模式之電力調整方法，其係藉由使用一點(其中若操作處於該第一操作模式，則導通開關)作為一參考點來判定轉變點處之操作條件，以判定在第二操作模式下何時導通該開關。該開關電力轉換器使用該參考點來判定一控制週期用以在一第二操作模式中調整該開關之開關週期。在一項實施例中，該參考點在該第一操作模式中與該開關之關斷持續時間之結束重合。該開關電力轉換器使用該參考點可判定該轉變處之該等操作條件，且因此順利地自一第一操作模式(例如VMS(谷值模式開關))轉變至另一操作模式(例如PFM)。使用此參考點來判定在該第二操作模式下何時導通該開關亦允許該控制器在不知道變壓器特性之所有操作條件中來調整至PFM操作模式之該轉變，且採用減少在該轉變期間可為非所要的不想要的輸出電壓漣波之一方式。

在本說明書中所描述之特徵及優點並非詳盡且特定而言，許多額外特徵及優點將根據附圖及說明書對熟悉此項技術者顯而易見。而且，應注意，已主要出於可讀性及指導的目的而選擇本說明書中所使

用之言語，且不可選擇用以描繪或限制本發明標的。

【圖式簡單說明】

藉由結合附圖來考慮所附詳細描述可易於理解本發明之實施例之教示。

圖1為繪示根據一項實施例之一開關電力轉換器之一電路圖。

圖2A繪示根據一項實施例之處於一PWM操作模式中之圖1之該開關電力轉換器之一操作波形。

圖2B繪示根據一項實施例之處於一VMS操作模式中之圖1之該開關電力轉換器之一操作波形。

圖2C繪示根據一項實施例之處於一PFM操作模式中之圖1之該開關電力轉換器之一操作波形。

圖3繪示根據一項實施例之處於VMS操作模式中之圖1之該開關電力轉換器之操作。

圖4為繪示根據一項實施例之圖1之該開關電力轉換器之操作模式之間之轉變之一圖表。

圖5繪示根據一項實施例之使用無作用時間(dead time)(T_d)作為一控制變數來調整當轉變至一PFM操作模式時之開關週期之圖1之該開關電力轉換器之操作波形。

【實施方式】

圖式及所附說明書僅係以圖解闡釋之方式關於本發明之較佳實施例。應注意，從以下論述，本文所揭示之結構及方法之替代實施例將易於被認為係在不脫離本發明之原理之情況下可採用之可行替代例。

現在將詳細參考本發明之若干實施例，其實例在附圖中繪示。應注意，不論在哪裡，類似或相同參考數字可用於圖式中且可指示類似或相同功能性。附圖僅出於繪示之目的描繪本發明之實施例。熟悉

此項技術者將易於自附圖認識到，可在不脫離本文所描述之實施例之原理之情況下採用本文所繪示之結構及方法之替代實施例。

實例開關電力轉換器電路

圖1為繪示根據一項實施例之一開關電力轉換器100之一電路圖。開關電力轉換器100為一初級側回饋返馳轉換器，且包括三個主要區段，即，一前端104、電力階及一次級階。該前端104在節點L、N處連接至一AC電壓源(未圖示)，且包括一橋式整流器，該橋式整流器包括：電感器L1；電阻器R1、F1；二極體D1、D2、D3、D4；及電容器C2。節點105處之整流輸入線電壓係經由電阻器R10及R11輸入至控制器IC 102之供應電壓接針Vcc(接針1)。節點105處之線電壓亦連接至電力變壓器T1-A之初級繞組106。電容器C5自該整流線電壓移除高頻雜訊。節點105處之前端區段之輸出係一未調整DC輸入電壓。

該電力階包括電力變壓器T1-A、開關111及控制器IC 102。電力變壓器T1-A包括一初級繞組106、一次級繞組107及一輔助繞組108。控制器IC 102經由對開關111之開及關狀態之控制而維持輸出調整。經由自控制器IC 102之輸出接針(接針5)輸出之一控制信號110控制開關111之開及關狀態。控制信號110驅動開關111之基極(B)。開關111之集極(C)連接至初級繞組106，而開關111之射極(E)連接至控制器IC 102之I_{SENSE}接針(接針4)且經由感測電阻器R12連接至接地。I_{SENSE}接針以感測跨電阻器R12之一電壓之形式感測流經該初級繞組106及BJT開關111 Q1之電流。控制器IC 102採用如在下文參考圖2A至圖2C詳細描述的調變技術(即，操作模式)根據節點109處之變化的負載條件來控制開關111之開及關狀態、開關111之作用時間循環及開關111基極電流之振幅。控制器IC 102之GND接針(接針2)連接至接地。根據本文之其他實施例，雖然一BJT開關Q1用作圖1之實施例中之開關111，但一電力MOSFET亦可用作開關電力轉換器100之開關111。

該次級階包括作用為一輸出整流器之二極體D6及作用為一輸出濾波器之電容器C10。在節點109處之所得調整輸出電壓 V_{out} 傳遞至負載(未圖示)及一預負載電阻器R14。該預負載電阻器R14使無負載條件下之電力轉換器之輸出穩定。而且，ESD(靜電放電)間隙(ESD1)耦合在初級繞組106及二極體D6之間。

跨輔助繞組108反射節點109處之輸出電壓 V_{out} ，該電壓經由包括電阻器R3及R4之一電阻性分壓器而輸入至控制器IC 102之 V_{SENSE} 接針(接針3)。而且，雖然在起動時控制器IC 102由線性電壓105供電，但在起動之後及在正常操作中控制器IC 102係跨輔助繞組108之電壓供電。因此，在起動之後及在正常操作期間，二極體D5及電阻器R2形成一整流器用於對跨輔助繞組108之電壓進行整流，用以用作為供應電壓輸入至控制器IC 102之 V_{CC} 接針(接針1)。電容器C9用於在起動時儲存來自節點105處之線性電壓之能量或在起動之後在開關循環之間儲存來自輔助繞組108上之電壓之能量。

適應性模式轉變

圖2A至圖2C繪示各種操作模式中之圖1之該開關電力轉換器之操作波形，包括PWM(脈寬調變)、VMS(谷值模式開關)及PFM(脈衝頻率調變)操作模式。為了改良開關電力轉換器之輕負載效率，使用多個調變模式以不同輸出電流(負載)條件下調整開關電力轉換器。一般而言，針對這些操作模式之每一者，圖1之該開關電力轉換器以一特殊方式調整施加到開關Q1(其包含在該開關電力轉換器中)之一控制信號之作用時間循環。該作用時間循環指開關週期之分率(經常以一百分比表示)，在該開關週期期間開關Q1被導通。

舉例來說，為了最佳化重負載條件下之電力效率，開關電力轉換器100可在一項實施例中使用PWM或在另一實施例中使用VMS來調整控制器IC 102之輸出電壓。在PWM操作模式中，藉由調整該開關在

每一轉換期間保持導通的時間長度(即，傳導脈寬)而改變該開關之作用時間循環(即，使用開關Q1之導通時間作為控制變數)，同時該開關週期保持恆定。舉例來說，在PWM操作模式中，該開關可在100 kHz之一開關頻率下導通(且因此具有10 μ s之一開關週期)。對於30%之作用時間循環而言，該開關Q1係被控制為每一開關週期導通3 μ s且關斷7 μ s。

如圖2A所展示，在PWM操作模式中，控制器IC 102藉由改變控制信號110之傳導脈寬(T_{ONx})(且因此改變開關Q1之導通時間)同時保持開關週期(T_P)(等於開關頻率之倒數)恆定而調整開關電力轉換器100之輸出電壓。隨著調整減少(即，負載減少)，控制器IC 102縮減從 T_{ON1} 至 T_{ON4} 之傳導脈寬以降低該輸出電壓。減少施加至開關111之傳導脈寬引起在每一開關循環較少能量被傳遞至電力變壓器T1-A之初級繞組106，其繼而減少開關電力轉換器100之輸出電壓。相反地，隨著調整增加(即，負載增加)，控制器IC 102增加施加至開關111之傳導脈寬以增加開關電力轉換器100之輸出電壓。增加開關111之傳導脈寬而在按每循環將更多能量傳遞至電力變壓器T1-A之初級繞組106，其繼而增加開關電力轉換器100之輸出電壓。

如圖2B中所展示，在VMS操作模式中，藉由調整控制信號110之傳導脈寬與開關週期兩者而改變開關111之作用時間循環。特定而言，在VMS操作模式中，傳導脈寬(即， T_{ONx})根據PWM、PFM或其他合適的轉換器控制方案(即，操作模式)而改變。如在圖3中進一步描述，開關週期並非預定，反而係改變，這是因為開關係立即或以其他方式在如由採用之操作模式(PWM或PFM)所計算之所要開關導通時間之後於 V_{SENSE} 信號之谷值(局部最小值)處導通。如在前文結合圖1所討論，信號 V_{SENSE} 表示如跨輔助繞組108所反射之節點109處之輸出電壓。因此，本文所描述之VMS操作模式及相關聯之技術可有益於使用

任何控制方案之開關電力轉換器100，而不論是否使用PWM或PFM或一些其他操作模式。

圖3繪示根據一項實施例之VMS操作模式中之圖1之該開關電力轉換器之操作。在VMS操作模式下之一開關電力轉換器100之給定開關循環內，控制器IC 102基於脈寬調變(PWM)、脈衝頻率調變(PFM)或其他合適的控制方案(即，操作模式)來判定一所要開關導通時間。而且，控制器IC 102預測對應於跨開關111之電壓之局部最小值(谷值)的一或多個時間。開關111接著係在被預測立即或以其他方式在根據操作模式所判定之所要開關時間之後發生之一谷值處導通。

舉例來說，如在圖1中所展示， V_{SENSE} 302表示控制器IC 102之 V_{SENSE} 接針(接針3)上之電壓。 V_{CE} 304表示跨開關111之電壓。因此，在圖1所繪示之其中開關111係一BJT之實施例中， V_{CE} 304係BJT開關111之集極與射極之間之電壓。在其他實施例中(未圖示)，開關111可為一電力MOSFET，其中 V_{CE} 304將對應於電力MOSFET之汲極與源極之間之電壓。如可自圖1之示意圖看出， V_{SENSE} 302與跨變壓器之輔助繞組108之電壓實質上成比例。 V_{SENSE} 302與 V_{CE} 304展現幾乎相等之时序特性。如以上所描述，控制信號110表示控制器IC 102之輸出接針(接針5)上之電壓。當控制信號110係高時開關111係導通(閉合)且當控制信號110係低時開關111係關斷(斷開)。 V_{VMS} 306、谷值指示器脈衝308及所要開關脈衝310係控制器IC 102之內部时序信號，在下文參考圖3詳述其產生及重要性。

在時間 t_{ON} 312A處，控制器IC 102產生係高的控制信號110，從而導通(閉合)開關111。開關111保持閉合直到當控制信號110依照控制器IC 102之操作變為低時之時間 t_{OFF} 314A。如參考圖2A針對PWM操作模式所解釋及如將參考圖2C針對PFM操作模式所解釋，由在開關電力轉換器100中所採用之特殊操作模式(PWM或PFM)來判定 t_{ON} 312A及

t_{OFF} 314A。雖然開關111自時間 t_{ON} 312A至時間 t_{OFF} 314A(本文指導通時間(開關111之傳導脈寬或導通時間))係閉合，但整流DC輸入電壓 V_{IN} 105施加至初級繞組106且流經初級繞組106之電流增加。在導通時間 T_{ON} 324期間，跨輔助繞組108之電壓係由數學表達式 $V_x = -\frac{N_x}{N_1} V_{IN}$ 進行特徵化，其中 N_x 為輔助繞組108之匝數， N_1 為初級繞組106之匝數， V_{IN} 為節點105處之整流DC輸入電壓，且 V_x 為跨輔助繞組108之電壓。

再次參考圖3，在時間 t_{OFF} 314A處，控制信號110變為低，從而引起開關111斷開且突然中斷流經初級繞組106之電流。流經初級繞組106之電流一直為零直到開關111之關斷週期結束，即直到控制器IC 102在時間 t_{ON} 312B處再次導通開關111，如將在下文更詳細解釋。如圖3所展示，此電流的突然改變在時間 t_{OFF} 314A之後立即導致 V_{SENSE} 302及 V_{CE} 304兩者之高頻寄生振鈴。該高頻寄生振鈴起因於自與初級繞組106之等效並聯寄生電容並聯的BJT開關111之集極及射極所見到的變壓器洩漏電感與寄生電容之間的共振，且其通常迅速消失。在高頻寄生振鈴消失之後， V_{SENSE} 302及 V_{CE} 304幾乎保持平的直到變壓器重設，在圖3中展示為時間 t_{RFSET} 316A。

t_{OFF} 314A與 t_{RESET} 316A之間之持續時間在本文指變壓器重設週期(T_{RST}) 326。在該變壓器重設週期 T_{RST} 326期間，二極體D6傳導且跨次級繞組107之電壓近似等於節點109處之輸出電壓(V_o)(出於清楚地進行繪示之目的，跨二極體D6之前向電壓降可認為忽略不計)。因此，跨初級繞組106之電壓(V_1)可用該輸出電壓109 (V_o)表示為 $V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_o$ ，且跨輔助繞組108 (V_x)之電壓可表示為 $V_x = +\frac{N_x}{N_2} V_o$ ，其中 N_1 、 N_2 及 N_x 分別為初級繞組106、次級繞組107及輔助繞組108之匝數。在該變壓

器重設時間 T_{RST} 326期間， V_{SENSE} 302根據由包括電阻器R3及R4之分壓器(如圖1中所展示)設定之比例因數而遵循跨輔助繞組108之電壓。

同時， V_{CE} 304由表達式 $V_{CE} = \frac{N_1}{N_2}V_O + V_{IN}$ 給定，其中 V_{IN} 再次是節點105處之整流DC輸入電壓。

該變壓器重設時間 T_{RST} 326由伏秒平衡需求指定用以重設變壓器核心且可基於開關電力轉換器100中之負載及其他因數中之波動而在開關循環之間而改變。在 t_{RESET} 316A(該變壓器重設時間 T_{RST} 326之結束)處，二極體D6停止傳導，從而引起該變壓器磁化電感且因此 V_{SENSE} 302及 V_{CE} 304共振(本文指變壓器振鈴之一種現象)。藉由自與初級繞組106之等效並聯寄生電容並聯之BJT開關111之集極及射極所看到的寄生電容來判定歸因於變壓器振鈴而引起的 V_{SENSE} 302及 V_{CE} 304之振鈴之共振頻率(f_{RES})及共振週期(T_{RES})328。在採用一電力MOSFET作為開關裝置(即，開關111)之其他實施方案中，藉由自與初級繞組106之等效並聯寄生電容並聯之電力MOSFET之汲極至源極所看到的寄生電容來判定歸因於變壓器振鈴而引起的 V_{SENSE} 302及 V_{CE} 304之振鈴之共振頻率(f_{RES})及共振週期(T_{RES})328。歸因於開關電力轉換器100中之各個阻尼及損耗因數， V_{SENSE} 302及 V_{CE} 304係共振週期為 T_{RES} 328之衰減正弦信號。

如圖3中所展示，振鈴感應電壓振盪引起 V_{SENSE} 302及 V_{CE} 304週期性接近或達到局部最小電壓及局部最大電壓。當開關111之關斷時間相對於共振週期 T_{RES} 328係長時，最終變壓器振鈴完全衰退且 V_{CE} 304停留在 V_{IN} 105處，其中 V_{IN} 105再次為節點105處之整流DC輸入電壓。由於變壓器振鈴而導致 V_{CE} 304達到一局部最小值之時間在本文係指谷值320A、320B...320D。舉例來說，圖3繪示一第一谷值320A、一第二谷值320B、一第三谷值320C及一第四谷值320D。雖然圖3中展

示四個谷值，但在開關111於 t_{ON} 312B處再次導通之前可存在多於或少於四個谷值。

不同於由控制器IC 102所實施之VMS操作模式，一習知VMS操作模式將在第一谷值320A處導通開關111（即，將控制信號110設定為高），其在所要開關時序310之前。因此，在變壓器重設時間 T_{RST} 326以及導通時間 T_{ON} 324中之波動將突然改變開關電力轉換器100之開關頻率，且迫使開關電力轉換器100僅在一可變開關頻率控制模式（例如，一PFM模式）下操作。

相比而言，由控制器IC 102實施之VMS操作模式不一定在該第一谷值320A處導通開關111（即，將控制信號110設定為高）。反而是，控制器IC 102可在變壓器重設週期(t_{RESET} 316A)之結束之後的任意時間點導通該開關111。根據開關電力轉換器100所採用之操作模式（例如，一PWM、PFM或其他合適的操作模式）來判定此導通時間（在圖3中展示為 t_{ON} 312B）。

特定而言，控制器IC 102根據適合開關電力轉換器100之PWM、PFM或其他操作模式來判定一所要開關時間 $t_{DESIRED}$ 322。控制器IC 102不依賴於開關電力轉換器100之變壓器重設週期或共振特性（例如，跨開關之電壓之一共振週期）而判定所要開關時間 $t_{DESIRED}$ 322。即，控制器IC 102可在與開關111之實際導通時間不同的每一開關循環內判定開關111之所要導通時間。因此開關電力轉換器100之共振特性（包括變壓器重設週期 T_{RST} 326或共振週期 T_{RES} 328）不限制由控制器IC 102所實施之操作模式或影響所要開關時間 $t_{DESIRED}$ 322之判定。

控制器IC 102在該判定的所要開關時間 $t_{DESIRED}$ 322處發出一所要開關脈衝310。如圖3所展示，在一項實施例中，控制器IC 102接著在預測立即發生在該所要開關脈衝310之後之該谷值320D處將控制信號110設定為高。舉例來說，為了計算預測時序（預測在該等局部最小值

之實際發生之前發生跨開關之一電壓之一局部最小值之時序)，控制器IC 102可分析包含在電壓回饋信號之中之共振特性。舉例來說，控制器IC 102可藉由檢測 V_{VMS} 306之升及降邊緣之時序而執行電壓回饋信號之特徵分析，以預測跨開關111之電壓 V_{CE} 304之谷值320A、320B...320D可發生之時間。在其他實施例中，控制器IC 102可在所要開關脈衝之後發生之任何谷值處將控制信號110設定為高。因此，根據本文中之該等實施例之VMS操作模式之一項實施例有利地導通開關111，同時 V_{CE} 304處於一局部最小值(即，一谷值320A、320B...320B)而不限制控制器IC 102所使用之操作模式或開關頻率。換言之，控制器IC 102基於所採用的操作模式而不依賴於開關電力轉換器100之共振特性來判定合適的所要開關時間 t_{DESIRE} 322，且接著引起在立即接暫所要開關時間 t_{DESIRE} 322後之谷值320D處導通開關111。

因此，與本文所揭示之該等實施例一致的VMS操作模式藉由在不中斷採用的開關操作模式(例如PWM、PFM等等)而同時仍享有藉由在一谷值處(即，當跨開關111之電壓處於一局部最小值時)導通該開關111而減少開關損耗之好處的情況下採用谷值模式開關，而減少開關電力轉換器100共振特性之波動之負面影響。因此，由控制器IC 102所實施之VMS操作模式之一項好處係結合一PWM操作模式而實現低電壓共振型開關。由控制器IC 102所實施之VMS操作模式之另一好處係與比變壓器重設週期 T_{RST} 326所指定之開關週期長之開關週期相容，藉此使開關111成爲一慢開關裝置，諸如一BJT。

如圖3所展示，在由控制器IC 102在時序 t_{DESIRE} 322處所產生之所要開關脈衝310與開關111在谷值320D處之導通時序 t_{ON} 321B(即，控制信號110變高)之間存在一時序延遲。然而，該時序延遲並不會不利地影響開關電力轉換器100之操作。共振週期 T_{RES} 328相對於開關電力轉換器100之開關週期一般係短暫的，因此所要開關脈衝310與 t_{ON}

312B之間之延遲一般並不顯著。此外，該時序延遲之小的影響係反映在節點109處之輸出電壓及其他開關電力轉換器100參數中，且因此當判定隨後的開關週期之導通時間及關斷時間時，由控制器IC 102所實施之PWM、PFM或其他回饋型控制方案自然地補償時序延遲。此外，自一個開關循環至下一個開關循環之時序延遲中之輕微振鈴隨著時間將一固有顫動引入至開關頻率，從而有利地減少開關產生的EMI。

返回圖2B，在VMS操作模式中，控制器IC 102藉由基於變壓器繞組電壓之偵測谷值改變控制信號110之傳導脈寬(即， T_{ON1} 、 T_{ON2} 及 T_{ON3})且改變開關週期(即， T_{P1} 、 T_{P2} 及 T_{P3})而調整輸出電壓。隨著調整減少，自 T_{ON1} 至 T_{ON3} ，控制器IC 102縮減控制信號110之傳導脈寬，就如縮減PWM一樣。藉由縮減傳導脈寬，開關111傳遞較少能量至電力變壓器T1-A之初級繞組106，其繼而減少開關轉換器100之輸出電壓。然而，由於VMS操作模式在發生於基於PWM所計算之所要導通時間之後之 V_{SENSE} 信號之谷值處判定實際導通時間，所以實際導通時間將取決於 V_{SENSE} 中之振鈴而隨機改變，從而亦改變開關週期。因此，在VMS操作中，開關111之導通時間隨著控制變數而改變，且開關週期如隨著谷值導通決策所判定而改變。

在PFM操作模式中，藉由保持控制信號110之傳導脈寬恆定而同時改變開關週期及因此改變開關頻率而改變開關111之作用時間循環。舉例來說，在PFM操作模式中，每一開關週期內一開關可導通5 μs ，但該開關頻率可在40 kHz與130 kHz之間改變。40 kHz之開關頻率對應於25 μs 之開關週期，且因此在此開關頻率下之作用時間循環係20% ($=5 \mu\text{s}/25 \mu\text{s}$)。對於130 kHz之開關頻率而言，開關週期係7.7 μs ，且因此130 kHz之作用時間循環係65% ($=5 \mu\text{s}/7.7 \mu\text{s}$)。

如圖2C中所展示，在PFM操作模式中，控制器IC 102藉由改變控

制信號110之開關週期(即， T_{P1} 、 T_{P2} 及 T_{P3})而同時保持控制信號110之脈衝傳導寬度(T_{ON})恆定而調整輸出電壓。隨著該調整減少(即，負載減少)，自 T_{P1} 至 T_{P3} ，控制器IC 102增加開關週期以減少輸出電壓。增加開關111之該開關週期引起在每一時間單元內傳遞較少能量至電力變壓器T1-A之初級繞組106(即，減少作用時間循環)，其繼而減少開關轉換器100之輸出電壓。反之，隨著該調整增加(即，負載增加)，控制器IC 102減少該開關週期以增加開關轉換器100之電壓輸出。減少開關111之開關週期導致在每一時間單元內傳遞較多能量至電力變壓器T1-A之初級繞組106(即，增加作用時間循環)，其繼而增加開關轉換器100之輸出電壓。

圖4為繪示根據一項實施例之圖1之開關電力轉換器之操作模式之間之轉變之一圖表。舉例來說，如圖4中所展示，當負載處於L2及L3之間(操作點1及0之間)時控制器IC 102在PWM操作模式或VMS操作模式中操作開關電力轉換器100，但接著在負載位準L1及L2之間(操作點2及1)之低負載條件下於PFM操作模式中操作開關電力轉換器100。控制器IC 102在所有操作條件在轉變點1處均沒有任何中斷之情況下於操作點1處操作自一非PFM操作模式(例如PWM或VMS操作模式)轉變至PFM操作模式之開關電力轉換器100。

假設開關電力轉換器100在負載條件L2-L3下於PWM操作模式中操作，當開關電力轉換器100在操作點1處自PWM操作模式轉變至PFM操作模式時，導通時間(T_{ON})之值係已知，這是因為其係控制器IC 102在PWM操作模式中所使用的控制變數，且開關週期(T_P)之值係已知，這是因為其係保持為一恆定值。因此，開關電力轉換器100可開始將該開關週期(T_P)用作PFM操作模式之控制變數，在操作點1處使用開關週期(T_P)之已知值，且在操作點1處之自PWM至PFM之轉變中將不存在中斷。

另一方面，若在負載條件L2-L3下開關電力轉換器在VMS模式中操作且需要針對低負載條件(L1-L2)在操作點1處轉變至PFM操作模式，則在操作點1處之開關週期(T_p)係未知，這是因為VMS操作模式在 V_{SENSE} 信號(反映開關電力轉換器100之輸出電壓)之一谷值點處導通開關111， V_{SENSE} 信號展現根據開關電力轉換器100之磁性組件中之共振之振鈴且因此谷值點係固有地不可預測。因此，當自VMS操作轉變時，在操作點1處之開關週期(T_p)對控制器IC 102而言並非一已知值，且因此控制器IC 102將沒有關於哪個開關週期(T_p)用作操作點1處之初始值以開始低負載條件下在PFM操作模式中之操作之資訊。因此，控制器IC 102將必須在開關電力轉換器在操作點1處轉變至PFM操作模式之前立即使用可能不同於自VMS操作模式所得之開關週期(T_p)之一值。繼而此將導致開關電力轉換器100之輸出電壓之調整中之一中斷及節點109處之輸出電壓之非所要的漣波。

因此，爲了在沒有中斷之情況下於操作點1處自VMS操作模式轉變至PFM操作模式，控制器IC 102定義一調整變數 T_d (無作用時間)，其用作一參考點以判定在邊界(即，操作點1)處及PFM操作模式期間何時導通開關111。 T_d 用作控制變數以控制所有操作模式(包括PWM、VMS及PFM)下之開關週期。 $T_d=0$ 之參考點意指在由採用之操作模式(PWM或PFM)所計算之所要導通時間處導通開關111。在操作點1處自VMS至PFM操作模式之轉變點處， $T_d=0$ 表示在轉變至PFM操作模式之前就已在先前操作模式(VMS或PWM)下導通開關111之一點。舉例來說，若控制器IC 102在操作點0與操作點1之間使用一VMS操作模式，則參考點可爲谷值點(緊接在操作點1處轉變至PFM操作模式之前其被判定爲實際導通時間)。谷值點被設定在 $T_d=0$ 且接著從那時起開關電力轉換器使用 T_d 作爲控制變數以控制PFM操作模式中之該開關電力轉換器。由於使用無作用時間 T_d 且此無作用時間 T_d 被設定爲轉變點(操作

點1)處之一已知值，所以在開關電力轉換器100之輸出電壓之調整中開關電力轉換器不經歷中斷及節點109處之輸出電壓之非所要的漣波。

控制週期表示當在PFM操作模式中操作時控制器IC 102使該開關週期延伸超過參考點(即， $T_d=0$)之時間量。在PFM操作模式下，控制器IC 102在該控制週期之結束處導通開關111，從而引起能量傳遞至電力變壓器T1-A之初級繞組106。舉例來說，返回至圖4，隨著負載位準自L2降低至L1時，控制器IC 102藉由增加 T_d (自操作點1處之 $T_d=0$)而調整該作用時間循環，其繼而增加該控制週期，且因此增加該開關週期。且藉由增加該開關週期，控制器IC 102引起較少能量傳遞至電力變壓器T1-A之初級繞組106，其減少開關電力轉換器100之輸出電力位準。

因此，藉由使用該無作用時間 T_d 調整操作模式之間之轉變，控制器IC 102可在所有操作條件下調整自任何其他類型之開關調整操作模式轉變至PFM操作模式之一連續轉變，而無關於變壓器特性。即，不同於其他控制器，控制器IC 102可在不知道匝比、磁化電感、變壓器重設週期或在PFM操作模式期間影響開關週期之其他特性之情況下判定開關週期以在轉變至PFM操作模式之轉變點處使用。

圖5繪示根據一項實施例之用於使用無作用時間(T_d)作為一控制變數來調整轉變至一PFM操作模式之開關週期之圖1之開關電力轉換器的操作波形。舉例來說，圖5展示使用 T_d 作為控制變數以調整開關週期 T_{P_rep} 之PFM操作模式下的開關電力轉換器100之一操作波形，其中 T_d 係基於在VMS操作模式(或緊接轉變至PFM之前之一些其他操作模式)下控制器IC 102何時已導通開關111。 T_{ON} 表示PFM操作模式下開關111之傳導脈寬，且 T_{P_reg} 表示PFM操作模式下之開關週期。在正常PFM操作模式下，開關111在時間 T_{a1} 、 T_{a2} 及 T_{a3} 處導通。但當轉變至PFM操作模式時，待於轉變點(圖4中之操作點1)處使用之初始開關週

期係未知，此係因為歸因於事實上該開關週期係由何時在VMS操作模式中發生谷值所指定，所以在緊接該轉變週期之前之開關循環中控制器IC 102沒有開關週期 T_{P_reg} 之資訊。且在VMS操作模式中發生谷值之時序取決於控制器IC 102沒有與其相關之資訊之開關電力轉換器之不可預測磁性特性。

因此，為了判定何時在自另一操作模式(即，VMS操作模式)轉變至PFM操作模式之轉變點處導通開關111，控制器IC 102使用在先前操作模式中開關111已被導通之時間來定義一參考點。此處，使用VMS操作模式作為先前模式，在先前VMS操作模式下於谷值偵測點504及506 (其分別對應於 T_{b2} 及 T_{b3} 之假想開關導通時間)處已導通開關111。且因此，VMS操作模式下之開關週期係由 T_{P_VMS} 表示為一個開關循環之自 T_{a1} 至 T_{b2} 之時間週期，及隨後開關循環之 T_{a2} 至 T_{b3} 之時間週期。 T_{P_reg} 及 T_{P_VMS} 之間的差異表示控制變數 T_d ，控制變數 T_d 對應於控制器IC 102使該開關週期延伸超過參考點(即， $T_d=0$)(其中已在先前模式中導通開關111)之時間量。因此，藉由將無作用時間(T_d)定義為一控制變數，控制器IC 102可在自任何非PFM操作模式轉變至PFM操作模式之轉變點處判定操作條件。藉由在轉變點處判定操作條件，控制器IC 102允許在所有操作條件下連續轉變至PFM操作模式，而不知道該開關電力轉換器之變壓器特性。

讀了本發明之後，熟悉此項技術者將瞭解針對開關電力轉換器仍有額外替代設計。舉例來說，雖然展示於圖1中之控制器IC 102及其應用電路係基於返馳轉換器之初級側回饋控制，但本發明之相同的原理亦可應用於基於次級側回饋控制之替代設計。類似原理可用於升壓型開關電力轉換器或具有其他拓撲之開關電力轉換器。因此，已繪示及描述本發明之特定實施例及應用，但應瞭解，本發明並不限於本文所揭示之準確構造及組件，且可在不脫離本發明之精神及範疇之情

況下在本發明之方法及設備之配置、操作及細節中做出對熟悉此項技術者而言顯而易見之各種修改、改變及變動。

【符號說明】

4	接針
5	接針
100	開關電力轉換器
102	控制器IC
104	前端
105	節點/ V_{IN}
106	初級繞組
107	次級繞組
108	輔助繞組
109	節點
110	控制信號
111	開關
302	V_{SENSE}
304	V_{CE}
306	V_{VMS}
308	谷值指示器脈衝
310	所要開關脈衝/所要開關時序
312A	t_{ON}
312B	t_{ON}
314A	t_{OFF}
316	T_{RST}
316A	t_{RFSET}
320A	谷值

320B	谷值
320C	谷值
320D	谷值
322	t_{DESIRED}
324	T_{ON}
326	T_{RST}
328	T_{RES}
504	偵測點
506	偵測點

申請專利範圍

104. 1. 07

1. 一種開關電力轉換器，其包括：

一變壓器，其包括耦合至一輸入電壓之一初級繞組及耦合至該開關電力轉換器之一輸出之一次級繞組；

一開關，其耦合至該變壓器之該初級繞組，當該開關導通時產生流經該初級繞組之電流，且當該開關關斷時不產生流經該初級繞組之電流；及

一控制器，其經組態以產生一控制信號以導通或關斷該開關，該開關回應於處於一第一狀態之該控制信號而導通，且該開關回應於處於一第二狀態之該控制信號而關斷，其中：

回應於在該開關電力轉換器之該輸出處之一負載位準小於一第一負載位準但大於一第二負載位準，該第二負載位準小於該第一負載位準，該控制器進一步經組態以基於一第一操作模式而產生該控制信號；

回應於該開關電力轉換器之該輸出處之該負載位準小於該第二負載位準但大於一第三負載位準，該第三負載位準小於該第二負載位準，該控制器進一步經組態以基於一第二操作模式而產生該控制信號；及

其中在介於該第一操作模式與該第二操作模式之間之一轉變點，該控制器進一步經組態以使用當在轉變至該第二操作模式之前在該第一操作模式期間該開關已導通時之一點作為一參考點來判定在該第二操作模式期間何時導通該開關。

2. 如請求項1之開關電力轉換器，其中在該第二操作模式中，該控制器進一步經組態以在一控制週期之一結束處導通該開關，該控制週期表示當在該第二操作模式中操作時該控制器使該開關

週期延伸超過該參考點之一時間量。

3. 如請求項1之開關電力轉換器，其中該第一操作模式係一谷值模式開關操作模式。
4. 如請求項1之開關電力轉換器，其中該第一操作模式係一脈寬調變操作模式。
5. 如請求項1之開關電力轉換器，其中該參考點係根據谷值模式開關操作模式而判定。
6. 如請求項1之開關電力轉換器，其中該參考點係根據脈寬調變操作模式而判定。
7. 如請求項1之開關電力轉換器，其中該參考點在該第一操作模式中與該開關之關斷持續時間之結束重合。
8. 一種控制一開關電力轉換器之方法，該開關電力轉換器包括一變壓器及耦合至該變壓器之一初級繞組之一開關，該變壓器具有耦合至一輸入電壓之該初級繞組及耦合至該開關電力轉換器之一輸出之一次級繞組，當該開關導通時產生流經該初級繞組之電流，且當該開關關斷時不產生流經該初級繞組之電流，該方法包括：

產生一控制信號以導通或關斷該開關，該開關回應於處於一第一狀態之該控制信號而導通且該開關回應於處於一第二狀態之該控制信號而關斷，其中：

回應於該開關電力轉換器之該輸出之一負載位準小於一第一負載位準但大於一第二負載位準，該第二負載位準小於該第一負載位準，基於一第一操作模式而產生該控制信號；

回應於該開關電力轉換器之該輸出之該負載位準小於該第二負載位準但大於一第三負載位準，該第三負載位準小於該第二負載位準，基於一第二操作模式而產生該控制信號；及

其中在介於該第一操作模式與該第二操作模式之間之一轉變點處，使用當在轉變至該第二操作模式之前在該第一操作模式期間該開關已導通之一操作點作為一參考點以判定在該第二操作模式期間何時導通該開關。

9. 如請求項8之方法，其中在該第二操作模式期間，在一控制週期之一結束處導通該開關，該控制週期表示當在該第二操作模式中操作時該控制器使該開關週期延伸超過該參考點之一時間量。
10. 如請求項8之方法，其中該第一操作模式係一谷值模式開關操作模式。
11. 如請求項8之方法，其中該第一操作模式係一脈寬調變操作模式。
12. 如請求項8之方法，其中該參考點係根據谷值模式開關操作模式而判定。
13. 如請求項8之方法，其中該參考點係根據脈寬調變操作模式而判定。
14. 如請求項8之方法，其中該參考點在該第一操作模式中與該開關之關斷持續時間之結束重合。

圖式

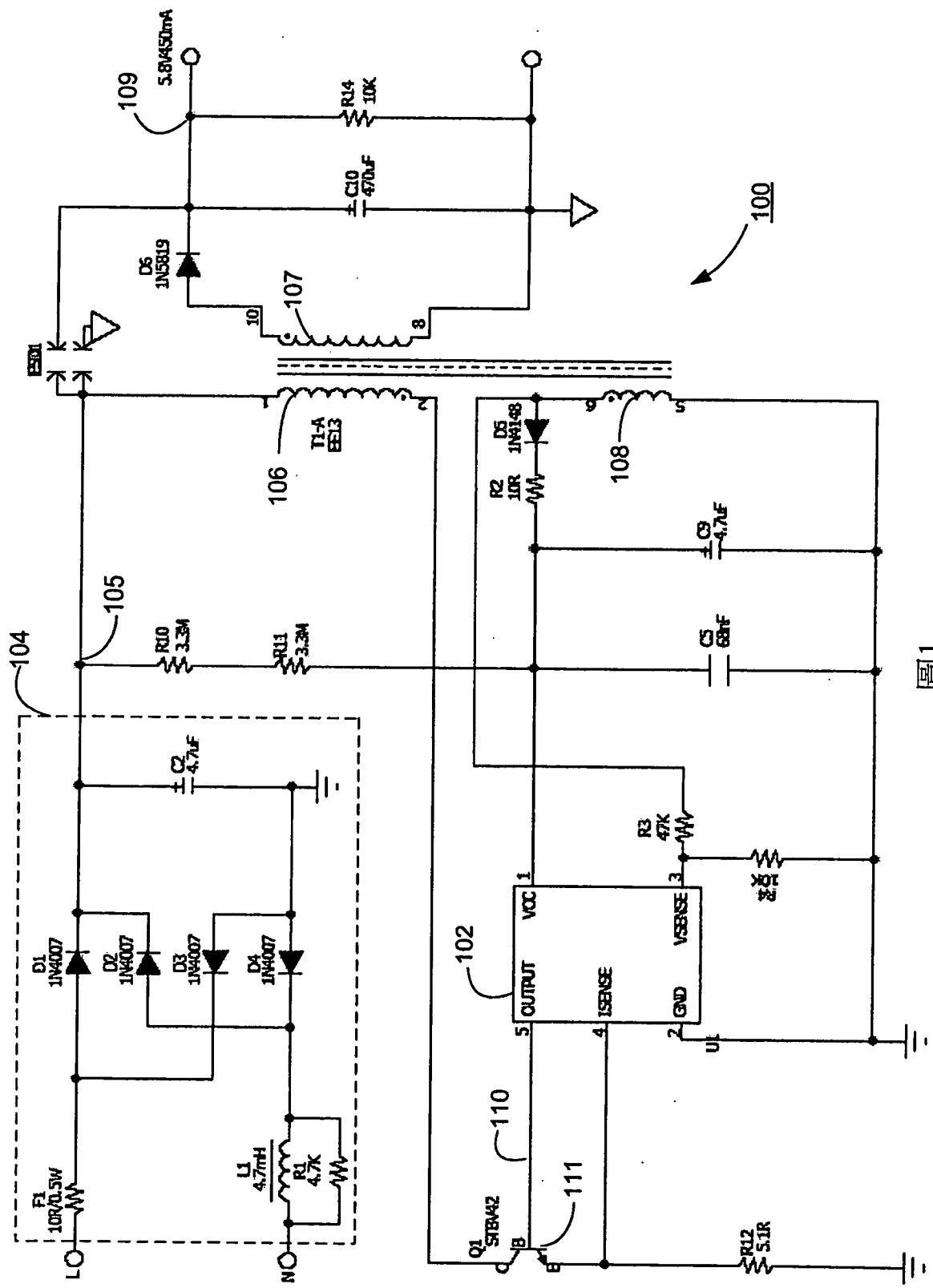


圖1

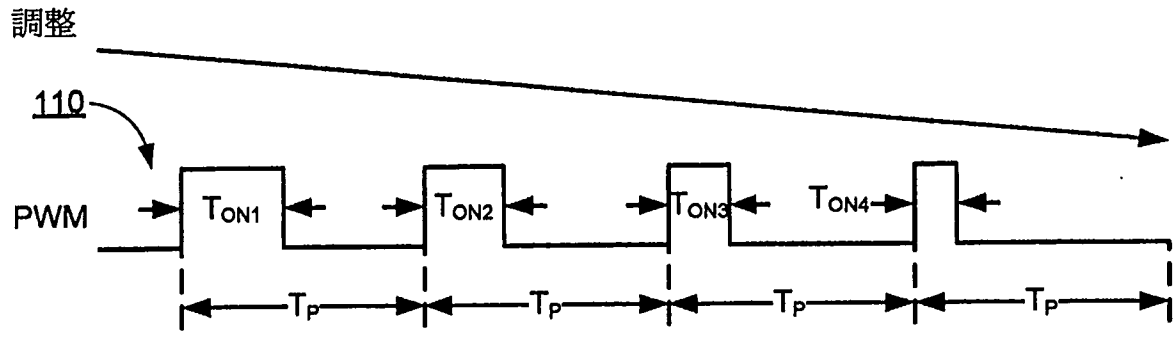


圖2A

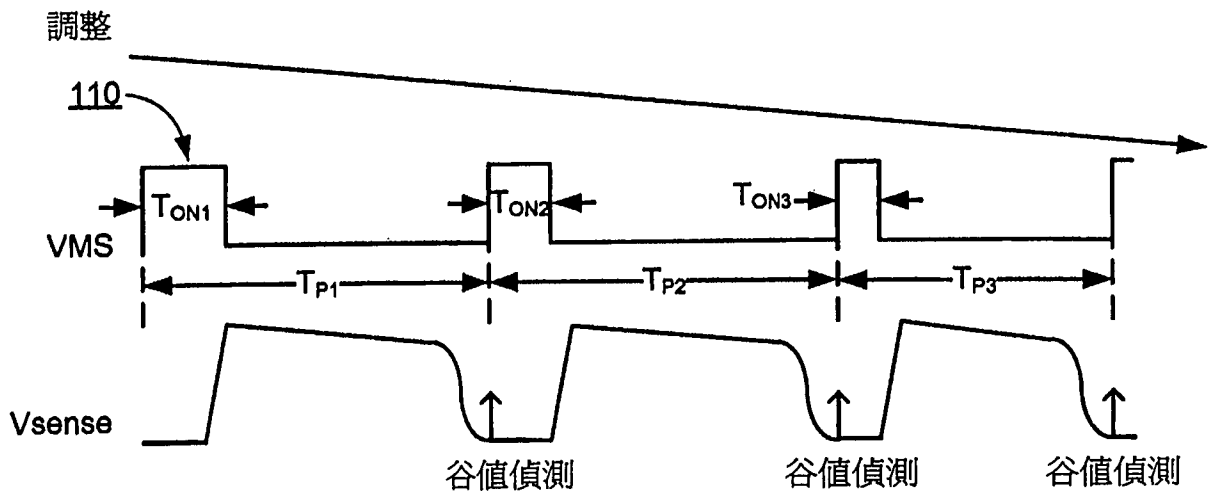


圖2B

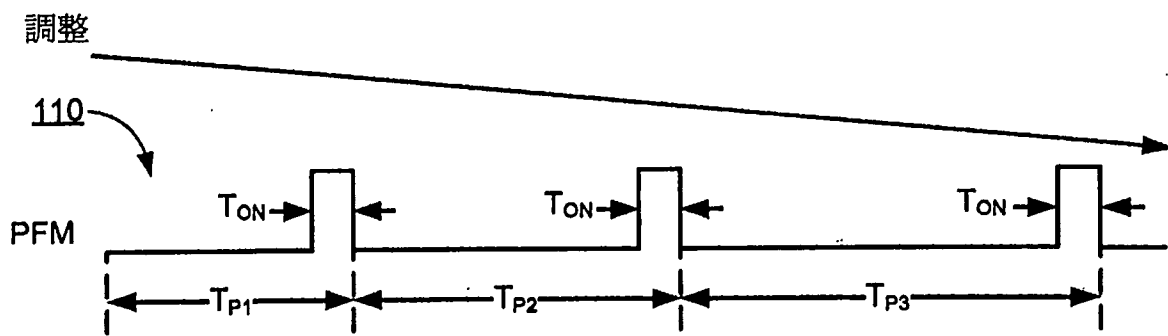


圖2C

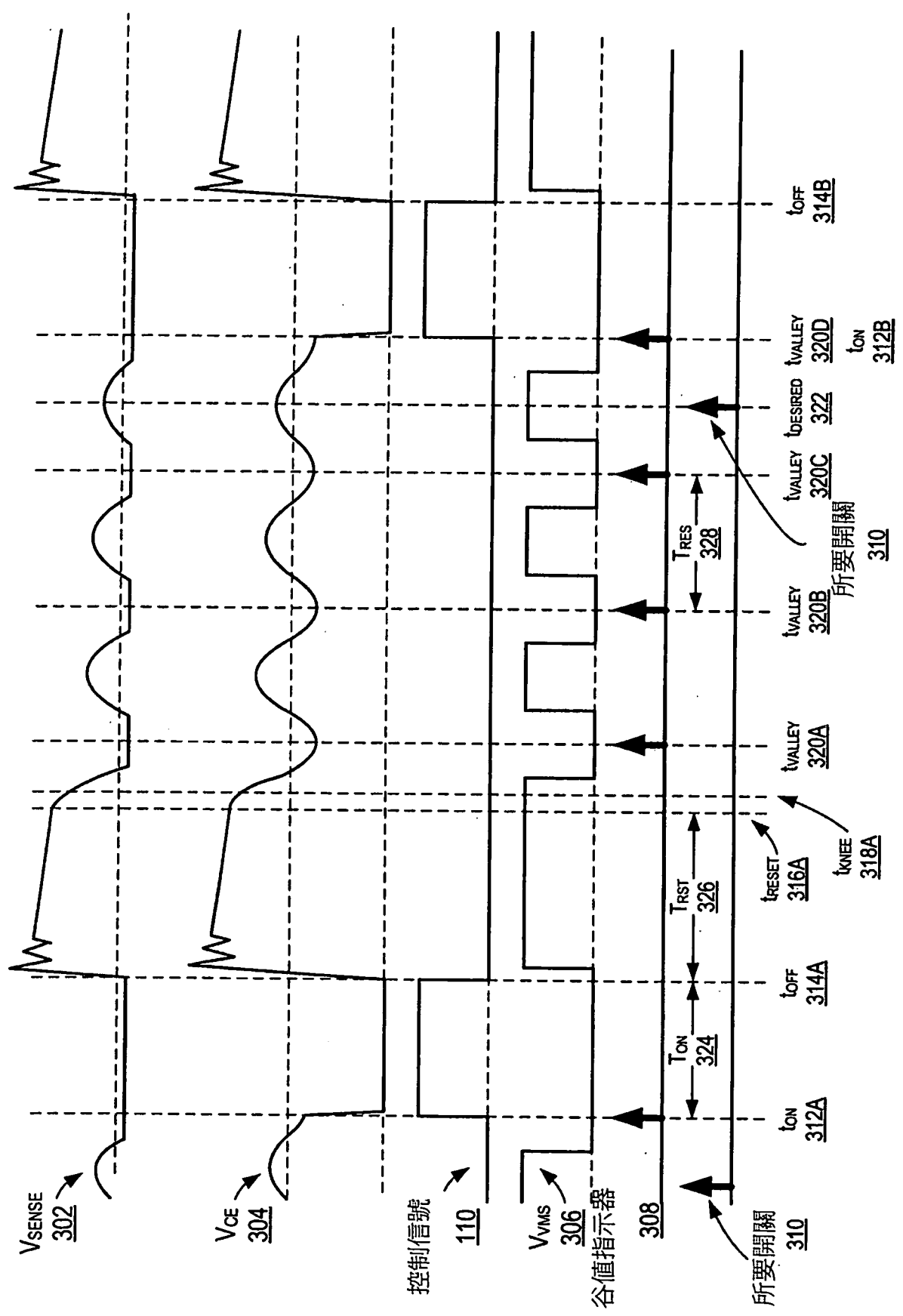


圖3

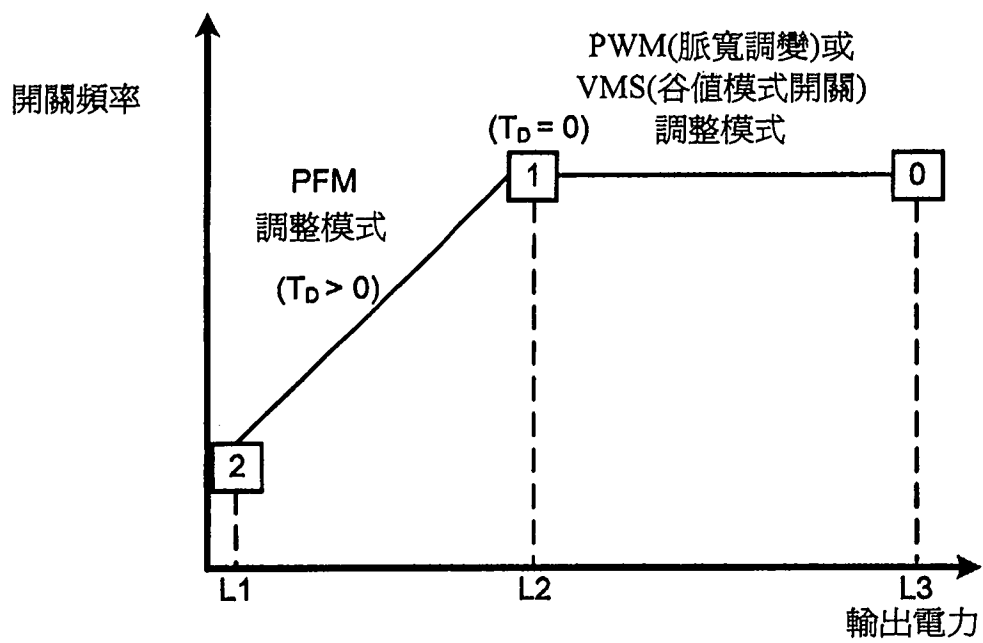


圖4

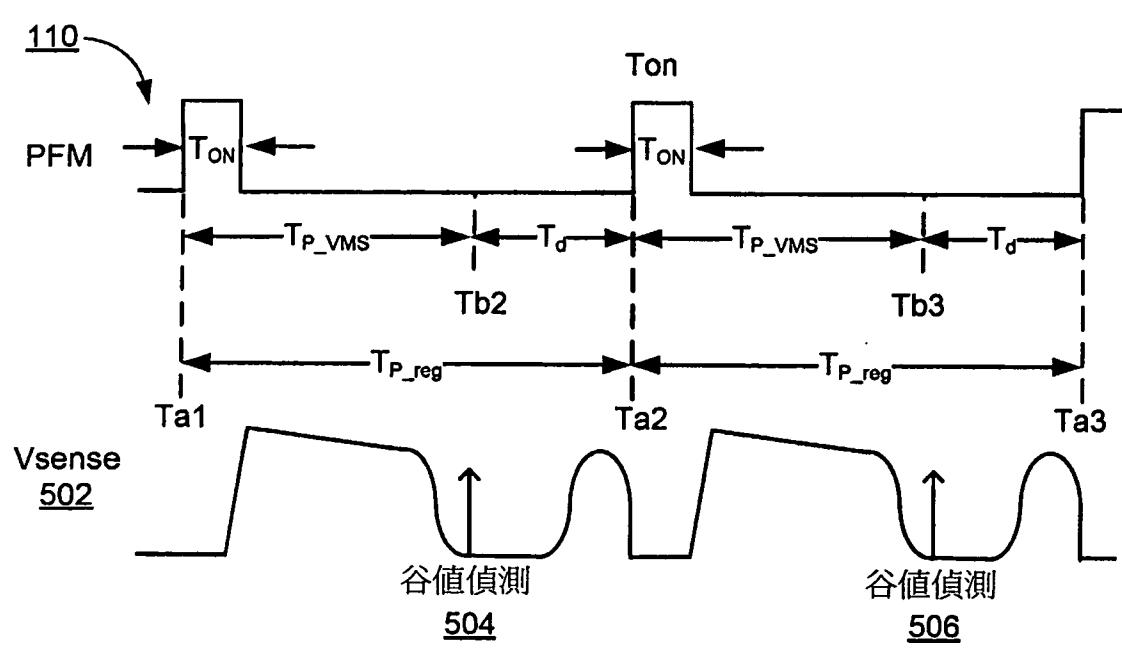


圖5