



(21)申請案號：105117245

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 06 月 01 日

(51)Int. Cl. : *H02M1/36 (2007.01)**H02M3/335 (2006.01)*

(30)優先權：2015/06/01 美國

62/169,382

2016/05/31 美國

15/168,569

(71)申請人：微晶片科技公司 (美國) MICROCHIP TECHNOLOGY INCORPORATED (US)
美國

(72)發明人：奎葛雷 湯馬士 QUIGLEY, THOMAS (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：38 項 圖式數：3 共 29 頁

(54)名稱

用於串聯並聯諧振功率轉換器之一次側啟動方法及電路配置

PRIMARY-SIDE START-UP METHOD AND CIRCUIT ARRANGEMENT FOR A SERIES-PARALLEL RESONANT POWER CONVERTER

(57)摘要

一串聯並聯諧振功率轉換器包括一一次側啟動控制器及一二次側控制器，其中當功率(電壓)首先被施加至該串聯並聯諧振功率轉換器時，該一次側啟動控制器發送功率至該二次側控制器。該啟動控制器使用一開迴路啟動技術來啟動該串聯並聯諧振功率轉換器，其中當該二次側閉迴路控制器變成通電及啟動時，該二次側閉迴路控制器即接管該串聯並聯諧振功率轉換器之控制。在輕負載或無負載條件期間，該二次側控制器發送一斷開諧振較高頻率或一待機編碼禁止(停用)命令至該啟動控制器。當功率需要被發送至該變壓器之該二次側以給一二次側電容器充電時，該二次側控制器可發送一啟用編碼命令至該啟動控制器，其中其經偵測以允許該啟動控制器使用該二次側控制器依一正常方式操作。

A series-parallel resonant power converter comprises a primary-side start-up controller and a secondary-side controller, wherein the primary-side start-up controller sends power to the secondary-side controller when power (voltage) is first applied to the series-parallel resonant power converter. The start-up controller starts up the series-parallel resonant power converter using an open-loop start-up technique wherein the secondary-side closed-loop controller takes over control of the series-parallel resonant power converter once it becomes powered and activated. During light-load or no load conditions, the secondary-side controller sends an off resonance higher frequency or a standby code inhibit (disable) command to the start-up controller. When power needs to be sent to the secondary side of the transformer to charge a secondary side capacitor, the secondary-side controller may send an enable code command to the start-up controller where it is detected to allow the start-up controller to operate in a normal fashion with the secondary side controller.

指定代表圖：

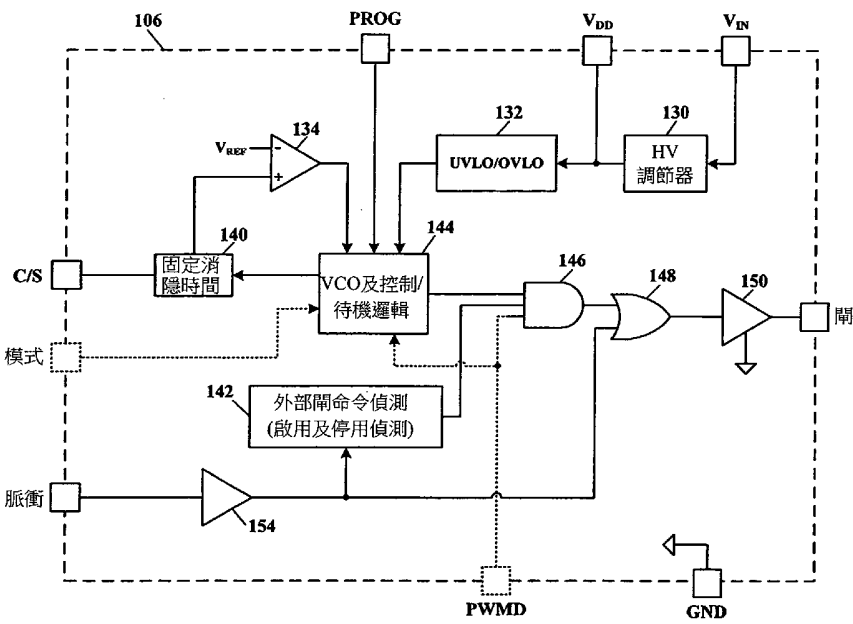


圖 1

符號簡單說明：

- 106 . . . 啟動控制器
- 130 . . . 高壓(HV)電壓調節器
- 132 . . . 欠壓及過壓封鎖(UVLO/OVLO)電路
- 134 . . . 電壓比較器
- 140 . . . 固定消隱時間電路
- 142 . . . 外部開命令偵測邏輯
- 144 . . . 電壓控制振盪器(VCO)及控制/待機邏輯電路
- 146 . . . 三輸入AND 閘
- 148 . . . OR 閘
- 150 . . . MOSFET 開驅動器
- 154 . . . 信號緩衝器

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

用於串聯並聯諧振功率轉換器之一次側啟動方法及電路配置

PRIMARY-SIDE START-UP METHOD AND CIRCUIT

ARRANGEMENT FOR A SERIES-PARALLEL RESONANT

POWER CONVERTER

【相關專利申請案】

本申請案主張2015年6月1日申請之共同擁有美國臨時專利申請案第62/169,382號之優先權；且係關於2015年11月19日申請之美國專利申請案第14/945,729號；及2015年6月1日申請之美國臨時專利申請案第62/169,415號；全部由Thomas Quigley，其中藉此其等所有出於所有目的以引用之方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於功率轉換器，且特定言之係關於用於DC至DC及AC至DC串聯並聯諧振功率轉換器之啟動控制器方法及裝置。

【先前技術】

串聯並聯諧振功率轉換器係其中負載可與一諧振「槽」電路串聯或與槽電路組件之一者並聯之轉換器。包括兩個電感器(其中電感器之一者係一變壓器之磁化電感)及一單一諧振電容器之一串聯並聯功率轉換器被稱為一「LLC諧振」功率轉換器。負載與磁化電感並聯。一「LCC諧振」功率轉換器添加與磁化電感及負載並聯之一額外電容。LLC功率轉換器及LCC功率轉換器之優點係當以正常輸入電壓高於諧振而操作時，在無負載至短接電路條件處操作、在一寬輸入電壓範圍內操作及在整體功率轉換器操作範圍內達成零電壓切換(ZVS)

及零電流切換(ZCS)之能力。功率轉換器(例如，DC至DC及AC至DC)通常具有獨特電路用於一適當從容啟動(軟啟動)且用以產生正確操作電壓偏壓。此獨特電路可需要定製積體電路及/或專有設計，其可增加此等功率轉換器之成本及運輸排程。

【發明內容】

因此，需要一低成本解決方案以使用一習知低成本積體電路(IC)解決方案在一次側上來啟動離線串聯並聯諧振功率轉換器，該習知低成本積體電路(IC)解決方案不複製一二次側控制器之資源且最小化一次側電子器件所需之離散組件。

根據一實施例，一種用於啟動一串聯並聯諧振功率轉換器之方法可包括該等步驟：施加一第一DC電壓至一一次側啟動控制器；使用該啟動控制器以高於一串聯並聯諧振電路之一諧振頻率之一頻率而接通及斷開至少一功率開關，該串聯並聯諧振電路包含可耦合至至少一功率開關之一變壓器之一一次繞組；降低該至少一功率開關之該接通及斷開頻率朝向該串聯並聯諧振電路之該諧振頻率，藉此一AC電壓產生於該變壓器之一二次繞組上；使用第二整流器整流來自該變壓器之該二次繞組之該AC電壓以提供一第二DC電壓用於給一二次側控制器及一負載供電；及當該第二DC電壓在一所要電壓值處時將該至少一功率開關之控制自該一次側啟動控制器傳送至該二次側控制器。

根據該方法之一進一步實施例，使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟可在一固定較高頻率處。根據該方法之一進一步實施例，使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟可在一固定較低頻率處。根據該方法之一進一步實施例，使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟可以一固定較高頻率開始且可改變至一較低頻率。根據該方法之一進一步實施例，使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟可以

一固定較低頻率開始且可改變至一較高頻率。

根據該方法之一進一步實施例，將該至少一功率開關之控制自該一次側啟動控制器傳送至該二次側控制器之該步驟可包括該等步驟：當該第二DC電壓可在該所要電壓值處時，將來自該二次側控制器之信號發送至該一次側啟動控制器；使用該一次側啟動控制器偵測來自該二次側控制器之該等信號；及使用來自該二次側控制器之該等所偵測信號來控制該至少一功率開關。

根據該方法之一進一步實施例，在該一次側啟動控制器偵測來自該二次側控制器之該等信號之後該第二DC電壓可由該二次側控制器調節。根據該方法之一進一步實施例，將來自該二次側控制器之信號發送至該一次側啟動控制器之該步驟可進一步包括發送信號透過一隔離電路之該步驟。根據該方法之一進一步實施例，該隔離電路可包括一光學耦合器。根據該方法之一進一步實施例，該隔離電路可包括一脈衝變壓器。根據該方法之一進一步實施例，可包括施加AC功率至一第一整流器用於提供該第一DC電壓之該步驟。根據該方法之一進一步實施例，可包括使用耦合至該二次側控制器之一電流感測輸入之一變流器而量測該變壓器之該一次繞組之電流之該步驟。

根據該方法之一進一步實施例，可包括使用該一次側啟動控制器來限制一最大可允許變壓器一次繞組電流之該步驟。根據該方法之一進一步實施例，該等第二整流器可為同步整流器。根據該方法之一進一步實施例，該等同步整流器可在零電壓處切換。根據該方法之一進一步實施例，該等同步整流器可在零電流處切換。根據該方法之一進一步實施例，該至少一功率開關可為至少一功率金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)。根據該方法之一進一步實施例，該串聯並聯諧振電路可包括一電感器、一電容器及在一LLC功率轉換器組態中之該變壓器之該一次繞組。根據該方法之一進一步實施例，該串聯並聯

諧振電路可包括兩個電容器、一電感器及在一LCC功率轉換器組態中之該變壓器之該一次繞組。

根據該方法之一進一步實施例，可包括該等步驟：當該串聯並聯諧振功率轉換器可進入一待機模式中時，將來自該二次側控制器之一停用信號發送至該一次側啟動控制器用於禁止該功率開關之操作；及當該串聯並聯諧振功率可返回至一操作模式時，將來自該二次側控制器之一啟用信號發送至該一次側啟動控制器用於啟用該功率開關之操作。根據該方法之一進一步實施例，該停用信號可包括一第一編碼信號且該啟用信號可包括一第二編碼信號，其中該一次側啟動控制器可包括解碼邏輯用於解碼該第一編碼信號及該第二編碼信號。根據該方法之一進一步實施例，該等啟用及停用信號可在高於來自該二次側控制器之該等脈衝控制頻率之頻率處。

根據該方法之一進一步實施例，使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟可包括自該變壓器之一偏壓繞組產生一偏壓電壓之該步驟。根據該方法之一進一步實施例，將該至少一功率開關之控制自該一次側啟動控制器傳送至該二次側控制器之該步驟可包括該啟動控制器接受來自該二次側控制器之切換命令之該步驟，使得該二次側控制器可使用該啟動控制器來控制該至少一功率開關以實質上達成線性電壓調節。根據該方法之一進一步實施例，使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟可包括當該啟動控制器可在一開迴路模式中時接通及斷開該至少一功率開關之該步驟。根據該方法之一進一步實施例，該啟動控制器可提供過壓及欠壓保護、及通過該變壓器一次繞組之一最大電流限制。根據該方法之一進一步實施例，來自該變壓器之一三次繞組電壓可耦合至該啟動控制器且若該二次側控制器無法正確地操作則可啟用該啟動控制器來調節該二次側電壓。

根據另一實施例，一種串聯並聯諧振功率轉換器可包括：一一次側啟動控制器，其耦合至一第一DC電壓；至少一功率開關，其耦合至該一次側啟動控制器；一變壓器，其具有一次繞組及二次繞組；一串聯並聯諧振電路，其包含可耦合至該至少一功率開關之一變壓器之一一次繞組；一電流量測電路，其用於量測通過該變壓器之該一次繞組之電流及提供該經量測一次繞組電流至該一次側啟動控制器；一二次側整流器，其耦合至該變壓器二次繞組用於提供一第二DC電壓；一二次側控制器，其耦合至該一次側啟動控制器及該二次側整流器；其中當該一次側啟動控制器可接收該第一DC電壓時，該一次側啟動控制器可開始控制該至少一功率開關在高於該串聯並聯諧振電路之一諧振頻率之一頻率處之接通及斷開，該串聯並聯諧振電路可包含一變壓器之該一次繞組；藉此一電流可流動通過該變壓器一次繞組，一AC電壓可跨該變壓器二次繞組產生，來自該二次側整流器之一第二DC電壓可給該二次側控制器通電，及當該第二DC電壓可達到一所要電壓位準時，該二次側控制器可接管來自該一次側啟動控制器之該至少一功率開關之控制。

根據一進一步實施例，該至少一功率開關可為至少一功率金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)。根據一進一步實施例，該二次側控制器可透過一隔離電路耦合至該一次側啟動控制器且可控制該一次側啟動控制器。根據一進一步實施例，該隔離電路可為一光學耦合器。根據一進一步實施例，該隔離電路可為一脈衝變壓器。

根據一進一步實施例，該啟動控制器可包括：一電壓調節器，其具有一輸入及一輸出；內部偏壓電壓電路，其可耦合至該電壓調節器輸出；一欠壓封鎖電路，其耦合至該電壓調節器輸出；一過壓封鎖電路，其可耦合至該電壓調節器輸出；一電壓控制振盪器(VCO)及邏輯電路，其可產生一可變頻率控制信號；一固定斷開時間電路，其可

耦合至該VCO及邏輯電路；一功率驅動器，其可耦合至該VCO及邏輯電路且可提供該可變頻率控制信號至該至少一功率開關；一外部閘命令偵測電路，其可經調適以接收一外部控制信號，其中當該外部控制信號可經偵測時，該外部閘命令偵測電路可致使該至少一功率開關之控制自該等邏輯電路改變至該外部PWM控制信號；及一電壓比較器，其可具有耦合至該VCO及邏輯電路之一輸出用於偵測通過該變壓器一次繞組之過電流。

根據一進一步實施例，一消隱電路可耦合於該電流感測輸入與該電壓比較器輸入之間。根據一進一步實施例，一啟動頻率可由一電容器之一電容值判定。根據一進一步實施例，該啟動頻率之一轉換速率可由一電阻器之一電阻值判定。根據一進一步實施例，該一次側啟動控制器可包括一開迴路電壓控制振盪器(VCO)及功率開關驅動器。根據一進一步實施例，該二次側控制器可包括一微控制器。

【圖式簡單說明】

藉由結合附圖參考下列描述可獲得本發明之更完全理解，其中：

圖1繪示根據本發明之特定實例實施例之用於一串聯並聯諧振功率轉換器之一啟動控制器之一示意性方塊圖；

圖2繪示根據本發明之特定實例實施例之使用圖1中所展示之啟動控制器之一串聯並聯諧振功率轉換器之一示意性方塊圖；

圖3繪示根據本發明之特定實例實施例之一串聯並聯諧振功率轉換器之操作之示意性頻率-阻抗圖表。

雖然本發明易於以多種修改及替代形式呈現，但其之特定實例實施例已在該等圖式中展示且在本文中詳細描述。然而，應瞭解，本文之特定實例實施例之描述並非意欲將本發明限制在本文所描述之特別形式。

【實施方式】

根據本發明之各種實施例，一串聯並聯諧振功率轉換器可包括一一次側啟動控制器及一二次側控制器，其中當功率(電壓)首先被施加至該串聯並聯諧振功率轉換器之該一次側時，該一次側啟動控制器用以發送功率至該二次側控制器。該一次側啟動控制器可使用一開迴路啟動技術來啟動該串聯並聯諧振功率轉換器，其中當該二次側閉迴路控制器變成通電及啟動時，該二次側閉迴路控制器接管該串聯並聯諧振功率轉換器之線性閉迴路控制。

此提供一低成本積體電路(IC)解決方案用於使用一次側上之習知器件來啟動DC至DC及AC至DC串聯並聯諧振功率轉換器，該等習知器件不複製一二次側控制器之資源且最小化一次側上之離散組件。根據本發明之教示，功率轉換器之實施方案及操作之更詳細描述提供於2015年11月19日申請之由Thomas Quigley之題為「Start-Up Controller for a Power Converter」之共同擁有美國專利申請案第14/945,729號中且藉此為所有目的以引用的方式併入本文中。

串聯並聯諧振功率轉換器包括最近非常受歡迎之拓撲。此等串聯並聯諧振功率轉換器拓撲為中級功率(例如150瓦特至300瓦特功率轉換器)之低成本轉換提供使用於其中之功率切換金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)之固有零電壓切換(ZVS)及/或零電流切換(ZCS)。串聯並聯諧振功率轉換器需要一控制方法，其不同於使用於脈衝寬度調變(PWM)控制功率轉換器(例如，上文所引用之美國專利申請案第14/945,729號)中之技術。用於一串聯並聯諧振功率轉換器之控制器產生具有一停滯時間之一幾乎固定工作週期波形，該停滯時間係短的且當切換週期改變時保持固定。此切換波形在頻率上改變以調節串聯並聯諧振功率轉換器之輸出。

串聯並聯諧振功率轉換器之「LLC」符號描述諧振「槽」電路組

態，其係由一諧振電感器(LR)、一諧振電容器(CR)及輸出變壓器之磁化電感(LMAG)組成之一串聯電路。負載基本上與LMAG並聯。當該負載接近一短接電路時，該槽電路之諧振頻率係LR及CR之一函數。當該負載接近一開路時，該槽電路之諧振頻率係(LR+LMAG)及CR之一函數。該控制器驅動該串聯並聯諧振功率轉換器在大於該槽之諧振頻率之一頻率處。在該範圍之較低頻率處，該槽電路供應允許較大功率被遞送至該負載之較低阻抗。在該範圍之較高頻率處，該槽電路供應允許較少功率被遞送至該負載之較高阻抗。藉由維持一切換頻率高於該槽之諧振頻率(及維持該槽電路之一充分「Q」)，該轉換器自然地達成功率MOSFET開關之零電壓切換。LCC功率轉換器在操作上類似於LLC功率轉換器，但使用與LMAG及負載並聯之一額外電容器。

一種用於一串聯並聯諧振功率轉換器之啟動方法利用一一次側控制器(其在AC或DC線電壓之應用之後變得主動)，提供MOSFET閘驅動波形(其以高於串聯並聯諧振功率轉換器之諧振頻率之一選定切換頻率開始，該選定切換頻率允許低功率至該二次以建立二次側偏壓)。作為一選項，該啟動方法可依一開迴路方式緩慢地降低初始選定切換頻率朝向其諧振頻率。此允許該初始低功率至該二次以依一軟開始方式增加，直至一二次側控制器可被啟動且假設MOSFET功率開關之控制。

現在參考圖式，示意地繪示實例實施例之細節。在該等圖式中之相同元件將由相同元件符號表示，且類似元件將由具有一不同小寫字體字母下標之相同元件符號表示。

現參考圖1，根據本發明之特定實例實施例，描繪用於一串聯並聯諧振功率轉換器之一啟動控制器之一示意性方塊圖。啟動控制器106可包括一高壓(HV)電壓調節器130、欠壓及過壓封鎖(UVLO/OVLO)電路132、一電壓比較器134、一固定消隱時間電路

140、一外部開命令偵測邏輯142 (具有可選啟用/停用偵測)、一電壓控制振盪器(VCO)及控制/待機邏輯電路144、一三輸入AND閘146、一OR閘148、一MOSFET開驅動器150及一信號緩衝器154。

耦合於啟動控制器106之PROG節點(接腳)與接地之間的一電容器248 (圖2)可用以判定初始啟動頻率。耦合於啟動控制器106之MODE節點(接腳)與接地之間的電阻器值208 (圖2)可判定初始啟動頻率下降速率(無電阻器，無頻率下降)。變壓器230之一次電流(圖2)在啟動控制器106之輸入節點C/S (電流感測)處被監測(C/S監測跨電阻器214之電壓下降)用於使用電壓比較器134及一固定電壓參考 V_{REF} 之峰電流保護。固定消隱時間電路140防止歸因於在功率切換期間接通電流尖峰之錯誤過流跳脫。

現參考圖2，根據本發明之特定實例實施例，描繪使用圖1中所展示之啟動控制器之一串聯並聯諧振功率轉換器之一示意性方塊圖。一串聯並聯諧振功率轉換器(一般由元件符號200表示)可包括一一次側橋整流器202 (耦合至一AC線電源(未展示))、濾波器電感器204及濾波器電容器210 (具有濾波器阻尼電阻器206)、諧振電感器226及諧振電容器228、電容器218、236、246及248；電阻器208、214及244；變壓器220及230 (及變流器216)、MOSFET功率開關222、224、232及234；耦合至變壓器230之T1繞組用於一次側偏壓之一橋整流器250；一一次側啟動控制器106、一二次側控制器238及分別耦合於一次側啟動控制器106與二次側控制器238之間的第一隔離電路240及第二隔離電路242。串聯並聯諧振功率轉換器200在啟動之後提供經調節電壓至一應用負載(未展示，但跨 V_{OUT} 及RTN定位)。該AC線電源可在自約85伏特交流(AC)至265伏特AC以自約47赫茲至約63赫茲之一頻率之一通用範圍中。本文中所揭示之實施例可適用於其他電壓及頻率，其係可預期的且在本發明之範疇內。一DC源可代替使用一次側橋整流器

202而用以耦合至一AC源。

VCO及控制/待機邏輯電路144之邏輯判定當UVLO/OVLO電路132指示 V_{DD} 係在一適當操作電壓範圍內時，VCO及控制/待機邏輯電路144之VCO產生以由耦合至一次側啟動控制器106之PROG節點(接腳)之電容器248判定之頻率開始之驅動波形，且若一電阻器208耦合至其MODE節點(接腳)，則緩慢地(速率由電阻器208之電阻值判定)降低驅動波形頻率。當二次側控制器238被啟動時，其監測在其V/S節點(接腳)處之二次側電壓。當跨電容器236且在節點V/S處監測之輸出電壓位準達到一所要值時，二次側控制器238可藉由經由隔離電路242(例如，光學耦合器、脈衝變壓器等)而下拉PWMD節點(接腳)而命令啟動控制器106停止切換。若二次側控制器238決定再次施加功率至變壓器230之二次時，其在PWMD節點處釋放邏輯低。此釋放由VCO及控制/待機邏輯電路144偵測且其VCO (144)驅動閘驅動器150，再次自最高頻率開始。此係一滯後「突發模式」類型操作，僅提供足夠功率至該二次以保持二次側控制器238主動(一低待機功率操作狀態)。當二次側控制器238決定施加功率至負載時，其可藉由經由一次側控制器106之脈衝節點而提供驅動波形至閘驅動器150而接管閘驅動器150之控制。當一外部驅動信號使用該外部閘命令偵測電路在該脈衝節點處偵測時，閘驅動器150接收來自耦合至該脈衝節點之緩衝器154 (代替自電路144之VCO)之脈衝命令，只要ULVO/OVLO電路132判定 V_{DD} 在有效電壓位準內即可。

VCO及控制/待機邏輯電路144亦監測電流感測比較器134之狀態。過流跳脫位準設定點係內部電壓參考 V_{REF} 之一函數及電流感測電阻器214值之選擇。若一過流被偵測(無論閘驅動器150內部發命令或外部發命令，邏輯電路144將暫時中斷至閘驅動器150之命令。在中斷時間間隔之後，閘驅動器150將恢復外部發命令，或VCO及控制/待機

電路144將接著開始提供以由程式化電容器248判定之頻率開始之一驅動波形。

在離線操作(無負載連接)期間，該啟動序列可如下：

1) AC線電壓經施加，產生跨電容器210之一DC電壓。

2)電容器246經由HV調節器130充電。當在啟動控制器106之 V_{DD} 節點處之電壓滿足ULVO/OVLO電路132之UVLO臨限時，其被啟動。

3) MOSFET閘驅動器150基於來自VCO 144之命令而經由閘驅動變壓器220而驅動MOSFET功率開關222及224。該驅動頻率可基於耦合至PROG節點之頻率程式化電容器248之值及耦合至啟動控制器106之MODE接腳之電阻器208之電阻。驅動波形在由電容器248選擇之一頻率開始且緩慢地開始以基於電阻器208之電阻值之頻率減小。

4) MOSFET功率開關222及224驅動包括電感器226、電容器228及輸出變壓器230 (其含有LMAG)之諧振槽電路，給電容器236充電。無負載(除二次側控制器238外)跨電容器236存在。

5)當電容器236上之電壓達到一充分位準時，二次側控制器238被啟動。二次側控制器238可為整體類比或整體數位或兩者之一組合。

6)二次側控制器238使用滯後而調節跨電容器236、在其V/S節點處感測、在此低功率待機模式(無負載施加)中之電壓。滯後控制藉由接通及斷開自耦合至隔離電路242之二次側控制器238至啟動控制器106之PWMD輸入之 D_{OUT} 輸出而完成。當 D_{OUT} 輸出經接通時，其致使PWMD節點進入一低位準，其禁止來自啟動控制器106之VCO 144之信號至其閘驅動器150。當 D_{OUT} 經斷開時，PWMD節點不再被下拉至一低邏輯位準，藉此閘驅動器150恢復接受來自電路144之VCO之命令，其中電路144之VCO復位至由電容器248選擇之頻率且開始以由電阻器208之電阻判定之一速率而轉換較低頻率。若電阻器208不被利用(存在)，則頻率保持固定且不轉換較低。

7)當二次側控制器238使負載耦合至功率轉換器200之輸出時，二次側控制器238接管來自VCO 144之閘驅動器150之命令。此藉由經由隔離電路240而將閘驅動命令自二次側控制器238之閘一次輸出提供至啟動控制器106之脈衝輸入節點而完成。

8)二次側控制器238可具有下列特徵：

a.該VW/S輸入節點可用以監測變壓器230之二次繞組電壓。此特徵可經使用，使得二次側控制器238可在具有來自啟動控制器106之閘驅動器150之波形極化之正確相中同步驅動同步整流器232及234。

b.二次側控制器238可經由隔離電路240驅動一次側MOSFET 222及224兩者以控制閘驅動器150且提供兩個閘驅動器用於變壓器230之二次側上之同步整流器232及234。

c.二次側控制器238可經由在其C/S節點處監測之變流器216而監測通過變壓器230之一次電流(以及通過功率開關222及224之任何交叉傳導)。

二次側控制器238可含有一內部VCO產生器(未展示)以產生經由隔離電路240而發送至啟動控制器106之可變頻率閘信號。此信號維持具有一可程式化固定停滯時間週期之一幾乎50%工作週期。此信號在頻率上改變(在有效頻率範圍內)以控制諧振槽電路之阻抗以當在負載下(輸出電壓之線性控制)時調節輸出電壓。MOSFET功率開關222、224、232及234 (由二次側控制器238之VCO發命令)可在零電壓切換(ZVS)及/或零電流切換(ZCS)處接通及斷開，其係諧振轉換器拓撲固有的。

當功率轉換器200上之負載變成輕的且接近一無負載條件時，二次側控制器238將不再能夠依一線性方式調節在其V/S節點處之電壓。接著，二次側控制器238將必須訴諸於一「突發模式」類型之控制。「突發模式」意謂PWM信號發生無切換活動之時間之間的短暫時

刻。若「無切換活動之時間」太長，則啟動控制器106將認為二次側控制器238已變得不主動且其將切換至一啟動模式。因此，二次側控制器238使用啟動控制器106之PWMD節點(經由驅動隔離器242)以控制「無切換活動之時間」之週期。當二次側控制器238釋放PWMD埠時，其可決定PWM信號是否由二次側控制器238產生(經由隔離器240遞送)或由啟動控制器106產生。

「睡眠」模式亦係操作之一「突發模式」類型。一差異係在「睡眠」模式中，控制器進入一內部較低功率狀態中，其中存在不連續地驅動隔離器242來維持「睡眠」(為在無切換活動情況下具有很長時間週期之目的，導致極低功率自輸入源汲取)之一優點。另一差異係在「睡眠」模式中，二次側控制器238不再嘗試精確地調節二次側控制器238之V/S節點上之電壓，且代替僅寬鬆地調節其V/S節點上及啟動控制器106之VDD節點上之電壓，使得兩個控制器106及238可維持其等內部較低功率狀態。二次側控制器238內部地決定進入「睡眠」模式，或其外部地由一較高位準系統控制器發命令。為二次側控制器238命令啟動控制器106「睡眠」，其經由隔離器242而發送一編碼訊息，其鎖定啟動控制器106至睡眠中且藉此使其能夠保持在「睡眠」中而不繼續驅動隔離器242，降低功率消耗。存在三種方法來退出「睡眠」狀態(喚醒功率轉換器200)。第一係二次側控制器238開始經由隔離器240而發送PWM命令至啟動控制器106。第二係二次側控制器238經由隔離器240而發送一單一PWM脈衝至啟動控制器106，其命令啟動控制器106至啟動模式中。第三係藉由啟動控制器106之VDD節點上之電壓衰減低於UVLO臨限所致，致使啟動控制器106進入啟動模式。「睡眠」模式完全描述於2016年5月31日申請之由Thomas Quigley之題為「Reducing Power in a Power Converter When in a Standby Mode」之共同擁有且同在申請中之美國專利申請案USSN

15/168,390中且藉此為所有目的以引用的方式併入本文中。

前述所提及之美國專利申請案USSN 15/168,390亦描述其可將來自二次側控制器238之編碼「睡眠」命令經由隔離器240而傳輸至啟動控制器106。若一功率轉換器200之一特定設計允許將「睡眠命令」經由隔離器240而嵌入於PWM信號路徑中，則此允許隔離器242及來自啟動控制器106之PWMD節點之消除，導致一功率轉換器200設計之經降低成本及複雜性而無任何如先前所描述之「突發模式」控制特徵之損失。

現參考圖3，根據本發明之特定實例實施例，描繪一串聯並聯諧振功率轉換器之操作之示意性頻率-阻抗圖表。圖3(a)展示在功率轉換器200阻抗曲線之一高阻抗點處之一固定啟動頻率。圖3(b)展示在功率轉換器200阻抗曲線之一高阻抗點處之一啟動頻率，同時依一開迴路方式在頻率上漂移向下。此等圖表係在諧振頻率自「CR及LR」(重負載)之一函數轉變至「CR及LR+LMAG」(輕負載)之一函數時頻率阻抗圖表之一集合之表示。阻抗在諧振頻率 f_0 處係最低的。LLC轉換器及LCC轉換器兩者能夠在高於 f_0 之一頻率範圍中操作。可期望在高於 f_0 之一頻率範圍中操作以達成零電壓切換(ZVS)。在該範圍中較高頻率最適用於啟動，因為其提供低功率(較高阻抗)至輸出。啟動頻率可由耦合至啟動控制器106之「PROG」節點之電容器248之電容值判定。MODE允許啟動之兩種方法，一者係其中該啟動頻率保持固定(如圖3(a)中所展示)，且另一者係其中啟動頻率開始高的(如由PROG上之電容器248判定)且接著依一開迴路方式緩慢地降低切換頻率，其增加在如圖3(b)中所展示之啟動期間遞送至二次之功率(藉由降低阻抗)。應注意，LLC轉換器及LCC轉換器兩者可在低於諧振頻率 f_0 或高於 f_0 之一頻率範圍中工作。在高於 f_0 之一範圍處工作之優點係ZVS。啟動控制器106之PROG特徵(其設定啟動頻率)可在該轉換器在高於 f_0

或低於 f_0 之一頻率範圍中操作中使用。然而，若期望MODE特徵，則啟動控制器106之一不同版本將需要用於一轉換器在低於 f_0 之一頻率範圍中操作。在此情況下，MODE特徵將依一開迴路方式緩慢地上升切換頻率，其增加在啟動期間遞送至二次之功率(藉由降低阻抗)。

返回參考圖2，電感器226及電容器228組成諧振槽電路，其係圖3中所描述之頻率相依阻抗。此諧振槽電路提供阻抗於至功率轉換器200之輸入源與該轉換器之輸出之負載之間。此槽電路基本上與變壓器230串聯。因此，無論MOSFET 222或224 (及其等各自同步整流器MOSFET 232及234)何時接通，跨變壓器200之一次繞組之電壓係功率轉換器200之輸出電壓之反應，如係跨變壓器200之三次繞組(由端子T1-X及T1-Y指定)之電壓。三次繞組上之電壓由橋整流器250整流以在其VDD埠處提供偏壓至啟動控制器106。在圖1中，展示在VDD埠處之電壓由啟動控制器106之UVLO/OVLO 132電路區塊監測。因此，啟動控制器106可監測功率轉換器200之輸出電壓用於過壓及提供保護。此係一重要特徵。啟動控制器106係啟動一串聯並聯轉換器之一開迴路方法且取決於二次側控制器238在一輸出過壓發生之前在功率轉換器200之輸出電壓之啟動及獲得線性控制期間被啟動。然而，若二次側控制器238無法正確地操作，則啟動控制器106可藉由經由變壓器230交叉耦合而監測輸出電壓而提供過壓保護且使用UVLO/OVLO 132電路區塊而提供輸出電壓之滯後調節。此過壓保護方法類似於更全面描述於先前以引用的方式併入本文中之同在申請中之美國專利申請案第14/945,729號中之方法。

【符號說明】

106	啟動控制器
130	高壓(HV)電壓調節器
132	欠壓及過壓封鎖(UVLO/OVLO)電路

134	電壓比較器
140	固定消隱時間電路
142	外部闌命令偵測邏輯
144	電壓控制振盪器(VCO)及控制/待機邏輯電路
146	三輸入AND闌
148	OR闌
150	MOSFET闌驅動器
154	信號緩衝器
200	串聯並聯諧振功率轉換器
202	一次側橋整流器
204	濾波器電感器
206	濾波器阻尼電阻器
208	電阻器值/電阻器
210	濾波器電容器
214	電阻器
216	變流器
218	電容器
220	變壓器
222	MOSFET功率開關
224	MOSFET功率開關
226	諧振電感器
228	諧振電容器
230	變壓器
232	MOSFET功率開關
234	MOSFET功率開關
236	電容器

238	二次側控制器
240	第一隔離電路
242	第二隔離電路
244	電阻器
246	電容器
248	電容器
250	橋整流器

發明摘要

※ 申請案號：105117245

※ 申請日：105-6-1

※IPC 分類：H02M 1/36 (2007.01)

H02M 3/335 (2006.01)

【發明名稱】

用於串聯並聯諧振功率轉換器之一次側啟動方法及電路配置

PRIMARY-SIDE START-UP METHOD AND CIRCUIT

ARRANGEMENT FOR A SERIES-PARALLEL RESONANT

○ POWER CONVERTER

【中文】

一串聯並聯諧振功率轉換器包括一一次側啟動控制器及一二次側控制器，其中當功率(電壓)首先被施加至該串聯並聯諧振功率轉換器時，該一次側啟動控制器發送功率至該二次側控制器。該啟動控制器使用一開迴路啟動技術來啟動該串聯並聯諧振功率轉換器，其中當該二次側閉迴路控制器變成通電及啟動時，該二次側閉迴路控制器即接管該串聯並聯諧振功率轉換器之控制。在輕負載或無負載條件期間，該二次側控制器發送一斷開諧振較高頻率或一待機編碼禁止(停用)命令至該啟動控制器。當功率需要被發送至該變壓器之該二次側以給一二次側電容器充電時，該二次側控制器可發送一啟用編碼命令至該啟動控制器，其中其經偵測以允許該啟動控制器使用該二次側控制器依一正常方式操作。

【英文】

A series-parallel resonant power converter comprises a primary-side start-up controller and a secondary-side controller, wherein the primary-side start-up controller sends power to the secondary-side controller when power (voltage) is first applied to the series-parallel resonant power converter. The start-up controller starts up the series-parallel resonant power converter using an open-loop start-up technique wherein the secondary-side closed-loop controller takes over control of the series-parallel resonant power converter once it becomes powered and activated. During light-load or no load conditions, the secondary-side controller sends an off resonance higher frequency or a standby code inhibit (disable) command to the start-up controller. When power needs to be sent to the secondary side of the transformer to charge a secondary side capacitor, the secondary-side controller may send an enable code command to the start-up controller where it is detected to allow the start-up controller to operate in a normal fashion with the secondary side controller.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- | | |
|-----|------------------------|
| 106 | 啟動控制器 |
| 130 | 高壓(HV)電壓調節器 |
| 132 | 欠壓及過壓封鎖(UVLO/OVLO)電路 |
| 134 | 電壓比較器 |
| 140 | 固定消隱時間電路 |
| 142 | 外部閘命令偵測邏輯 |
| 144 | 電壓控制振盪器(VCO)及控制/待機邏輯電路 |
| 146 | 三輸入AND閘 |
| 148 | OR閘 |
| 150 | MOSFET閘驅動器 |
| 154 | 信號緩衝器 |

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

申請專利範圍

1. 一種用於啟動一串聯並聯諧振功率轉換器之方法，該方法包括下列步驟：

施加一第一DC電壓至一一次側啟動控制器；

使用該啟動控制器以高於一串聯並聯諧振電路之一諧振頻率之一頻率而接通及斷開至少一功率開關，該串聯並聯諧振電路包含耦合至至少一功率開關之一變壓器之一一次繞組；

降低該至少一功率開關之該接通及斷開頻率以朝向該串聯並聯諧振電路之該諧振頻率，藉此使一AC電壓產生於該變壓器之一二次繞組上；

使用第二整流器整流來自該變壓器之該二次繞組之該AC電壓以提供一第二DC電壓用於給一二次側控制器及一負載供電；及

當該第二DC電壓在一所要電壓值處時將該至少一功率開關之控制自該一次側啟動控制器傳送至該二次側控制器。
2. 如請求項1之方法，其中使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟係在一固定較高頻率處。
3. 如請求項1之方法，其中使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟係在一固定較低頻率處。
4. 如請求項1之方法，其中使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟以一固定較高頻率開始且改變至一較低頻率。
5. 如請求項1之方法，其中使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟以一固定較低頻率開始且改變至一較高頻率。
6. 如請求項1之方法，其中將該至少一功率開關之控制自該一次側

啟動控制器傳送至該二次側控制器之該步驟包括下列步驟：

當該第二DC電壓在該所要電壓值處時，將來自該二次側控制器之信號發送至該一次側啟動控制器；

使用該一次側啟動控制器偵測來自該二次側控制器之該等信號；及

使用來自該二次側控制器之該等所偵測信號來控制該至少一功率開關。

7. 如請求項6之方法，其中在該一次側啟動控制器偵測來自該二次側控制器之該等信號之後該第二DC電壓由該二次側控制器調節。
8. 如請求項6之方法，其中將來自該二次側控制器之信號發送至該一次側啟動控制器之該步驟進一步包括透過一隔離電路發送信號之該步驟。
9. 如請求項8之方法，其中該隔離電路包括一光學耦合器。
10. 如請求項8之方法，其中該隔離電路包括一脈衝變壓器。
11. 如請求項1之方法，其進一步包括施加AC功率至一第一整流器用於提供該第一DC電壓之該步驟。
12. 如請求項1之方法，其進一步包括使用耦合至該二次側控制器之一電流感測輸入之一變流器而量測該變壓器之該一次繞組之電流之該步驟。
13. 如請求項1之方法，其進一步包括使用該一次側啟動控制器來限制一最大可允許變壓器一次繞組電流之該步驟。
14. 如請求項1之方法，其中該等第二整流器係同步整流器。
15. 如請求項14之方法，其中該等同步整流器在零電壓處切換。
16. 如請求項14之方法，其中該等同步整流器在零電流處切換。
17. 如請求項1之方法，其中該至少一功率開關係至少一功率金屬氧

化物半導體場效電晶體(MOSFET)。

18. 如請求項1之方法，其中該串聯並聯諧振電路包括在一LLC功率轉換器組態中之一電感器、一電容器及該變壓器之該一次繞組。
19. 如請求項1之方法，其中該串聯並聯諧振電路包括在一LCC功率轉換器組態中之兩個電容器、一電感器及該變壓器之該一次繞組。
20. 如請求項1之方法，其進一步包括下列步驟：

當該串聯並聯諧振功率轉換器正進入一待機模式中時，將來自該二次側控制器之一停用信號發送至該一次側啟動控制器用於禁止該功率開關之操作；及

當該串聯並聯諧振功率返回至一操作模式時，將來自該二次側控制器之一啟用信號發送至該一次側啟動控制器用於啟用該功率開關之操作。
21. 如請求項20之方法，其中該停用信號包括一第一編碼信號且該啟用信號包括一第二編碼信號，其中該一次側啟動控制器包括解碼邏輯用於解碼該第一編碼信號及該第二編碼信號。
22. 如請求項20之方法，其中該等啟用及停用信號在高於來自該二次側控制器之脈衝控制頻率之頻率處。
23. 如請求項1之方法，其中使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟進一步包括自該變壓器之一偏壓繞組產生一偏壓電壓之該步驟。
24. 如請求項1之方法，其中將該至少一功率開關之控制自該一次側啟動控制器傳送至該二次側控制器之該步驟包括該啟動控制器接受來自該二次側控制器之切換命令之該步驟，使得該二次側控制器使用該啟動控制器來控制該至少一功率開關以實質上達

成線性電壓調節。

25. 如請求項1之方法，其中使用該啟動控制器來接通及斷開該至少一功率開關之該步驟包括當該啟動控制器在一開迴路模式中時接通及斷開該至少一功率開關之該步驟。
26. 如請求項1之方法，其中該啟動控制器提供過壓及欠壓保護、及通過該變壓器一次繞組之一最大電流限制。
27. 如請求項1之方法，其中來自該變壓器之一三次繞組電壓耦合至該啟動控制器且若該二次側控制器無法正確地操作則啟用該啟動控制器來調節該二次側電壓。
28. 一種串聯並聯諧振功率轉換器，其包括：
 - 一一次側啟動控制器，其耦合至一第一DC電壓；
 - 至少一功率開關，其耦合至該一次側啟動控制器；
 - 一變壓器，其具有一次繞組及二次繞組；
 - 一串聯並聯諧振電路，其包含耦合至該至少一功率開關之一變壓器之一一次繞組；
 - 一電流量測電路，其用於量測通過該變壓器之該一次繞組之電流及提供該經量測一次繞組電流至該一次側啟動控制器；
 - 一二次側整流器，其耦合至該變壓器二次繞組用於提供一第二DC電壓；
 - 一二次側控制器，其耦合至該一次側啟動控制器及該二次側整流器；其中：

當該一次側啟動控制器接收該第一DC電壓時，該一次側啟動控制器開始控制該至少一功率開關在高於該串聯並聯諧振電路之一諧振頻率之一頻率處之接通及斷開，該串聯並聯諧振電路包含一變壓器之該一次繞組；

藉此

一電流流動通過該變壓器一次繞組，

一AC電壓跨該變壓器二次繞組產生，

來自該二次側整流器之一第二DC電壓給該二次側控制器通電，及

當該第二DC電壓達到一所要電壓位準時，該二次側控制器接管來自該一次側啟動控制器之該至少一功率開關之控制。

29. 如請求項28之功率轉換器，其中該至少一功率開關係至少一功率金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)。

30. 如請求項28之功率轉換器，其中該二次側控制器透過一隔離電路耦合至該一次側啟動控制器且控制該一次側啟動控制器。

31. 如請求項30之功率轉換器，其中該隔離電路係一光學耦合器。

32. 如請求項30之功率轉換器，其中該隔離電路係一脈衝變壓器。

33. 如請求項28之功率轉換器，其中該啟動控制器包括：

一電壓調節器，其具有一輸入及一輸出；

內部偏壓電壓電路，其耦合至該電壓調節器輸出；

一欠壓封鎖電路，其耦合至該電壓調節器輸出；

一過壓封鎖電路，其耦合至該電壓調節器輸出；

一電壓控制振盪器(VCO)及邏輯電路，其用於產生一可變頻率控制信號；

一固定斷開時間電路，其耦合至該VCO及邏輯電路；

一功率驅動器，其耦合至該VCO及邏輯電路用於提供該可變頻率控制信號至該至少一功率開關；

一外部開命令偵測電路，其經調適以接收一外部控制信號，其中當該外部控制信號經偵測時，該外部開命令偵測電路致使該至少一功率開關之控制自該邏輯電路改變至該外部PWM控制

信號；及

一電壓比較器，其具有耦合至該VCO及邏輯電路之一輸出用於偵測通過該變壓器一次繞組之過電流。

34. 如請求項33之功率轉換器，其進一步包括耦合於該電流感測輸入與該電壓比較器輸入之間的一消隱電路。
35. 如請求項33之功率轉換器，其中一啟動頻率由一電容器之一電容值判定。
36. 如請求項35之功率轉換器，其中該啟動頻率之一轉換速率由一電阻器之一電阻值判定。
37. 如請求項28之功率轉換器，其中該一次側啟動控制器包括一開迴路電壓控制振盪器(VCO)及功率開關驅動器。
38. 如請求項28之功率轉換器，其中該二次側控制器包括一微控制器。

圖式

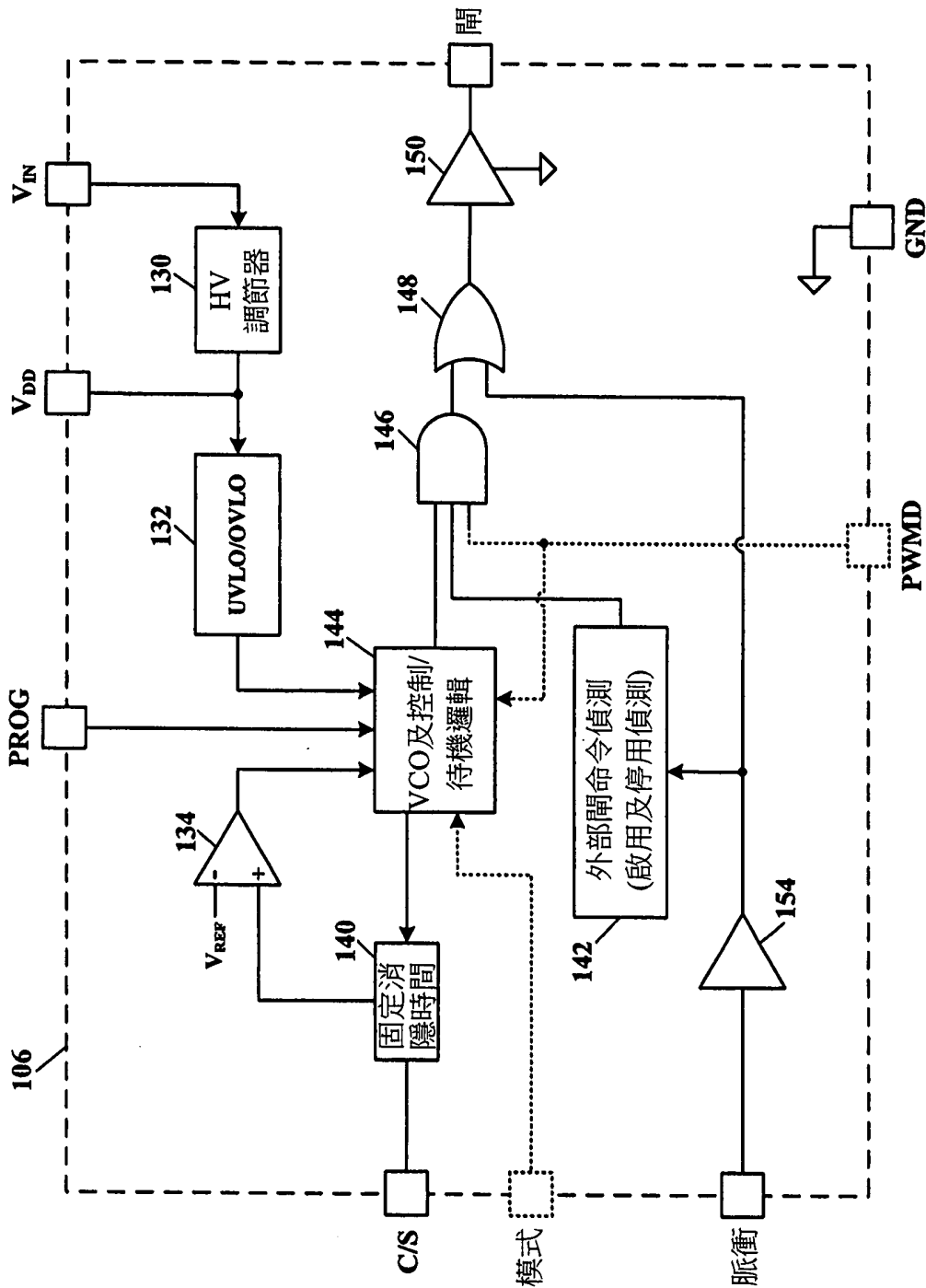


圖 1

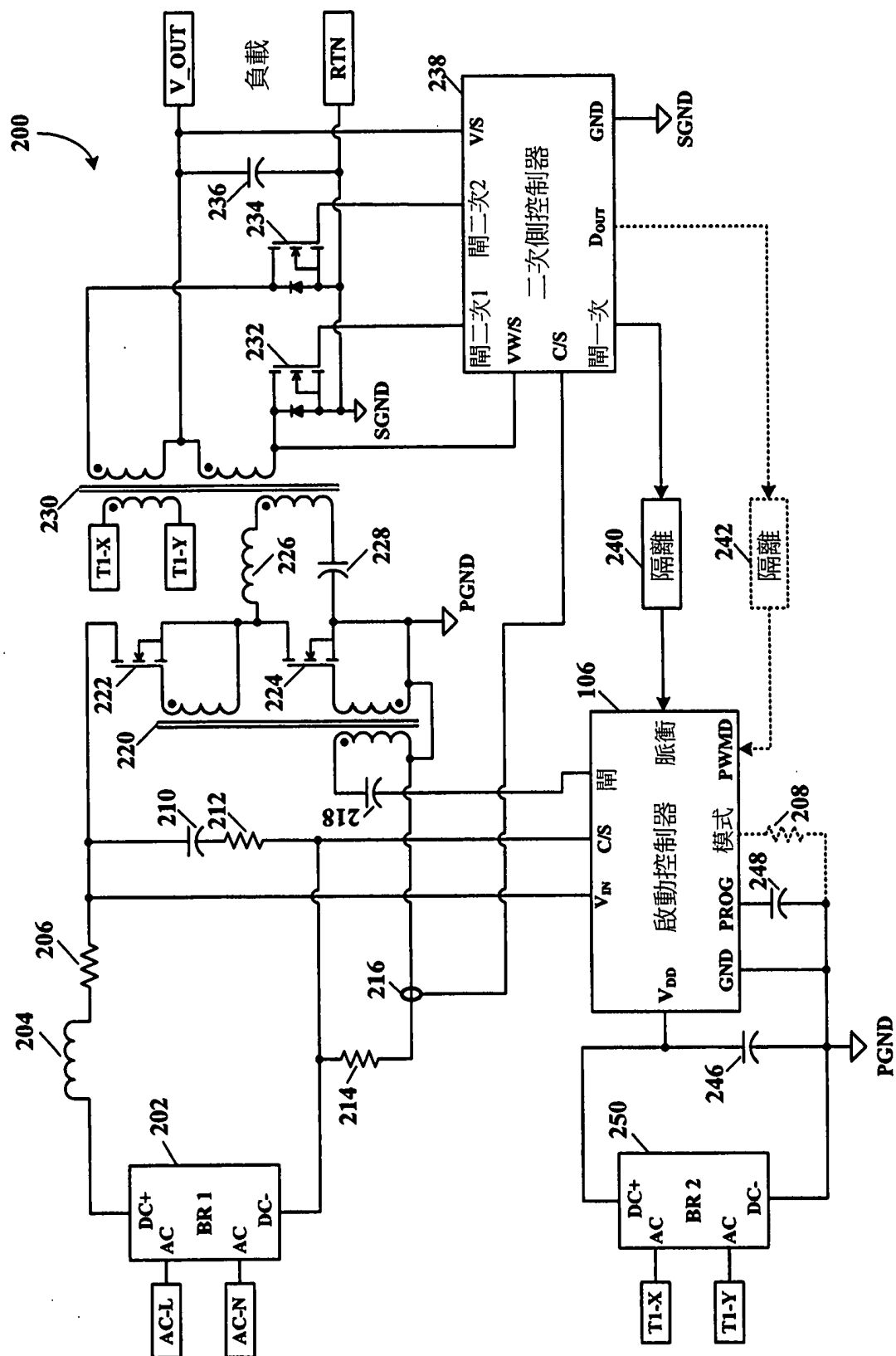


圖 2

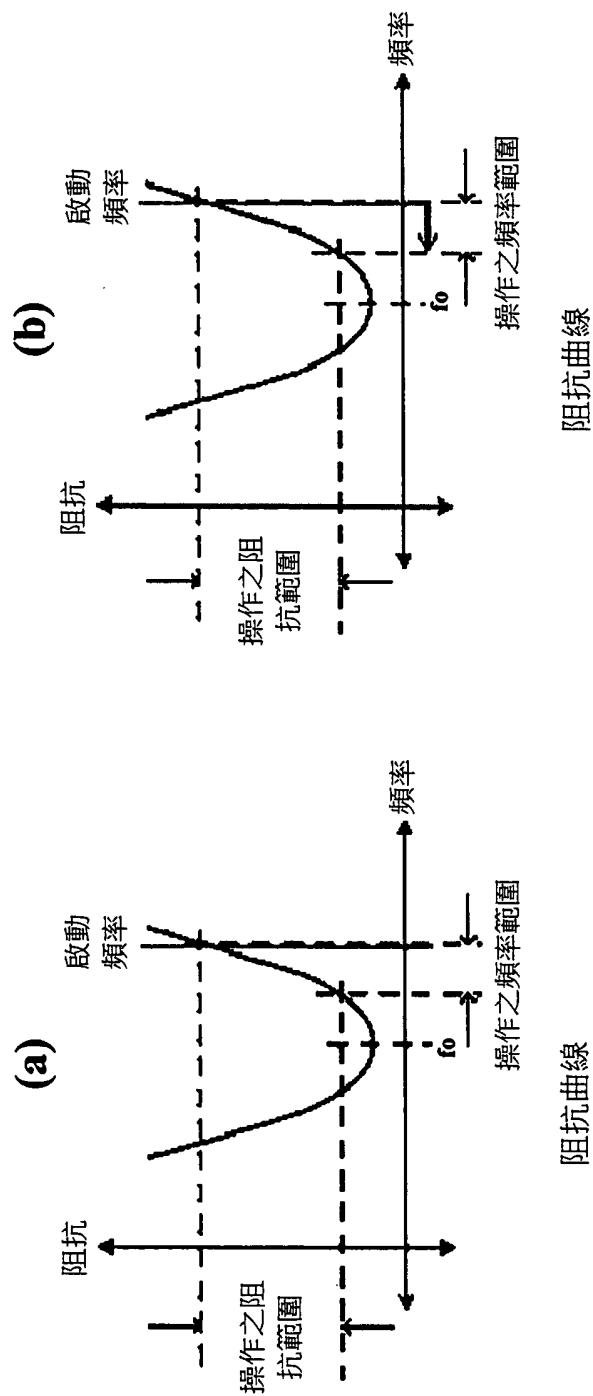


圖 3