



(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 I831763 B

(45) 公告日：中華民國 113 (2024) 年 02 月 11 日

(21) 申請案號：108104473

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 02 月 11 日

(51) Int. Cl. : H02M7/30 (2006.01)

H03M1/34 (2006.01)

(30) 優先權：2018/02/12 美國

62/629,351

2019/02/06 世界智慧財產權組織

PCT/IB2019/050954

(71) 申請人：加拿大商推動力股份有限公司 (加拿大) APPULSE POWER INC. (CA)

加拿大

(72) 發明人：瑞迪克 亞歷山大 RADIC, ALEKSANDAR (CA)

(74) 代理人：劉法正；尹重君

(56) 參考文獻：

TW 200529544A

TW 201519568A

US 2009/0086513A1

審查人員：黃釗田

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 30 頁

(54) 名稱

返馳轉換器及操作返馳轉換器之方法

(57) 摘要

一種返馳轉換器，包括用以接收輸入電壓之一次側電路、用以產生輸出電壓之二次側電路、將該一次側電路耦合至該二次側電路的變壓器、耦合至該變壓器之一次繞組的主開關，及轉換器控制器，該轉換器控制器具有一次側控制器，該一次側控制器與該主開關訊號通訊以控制該主開關之接通時間及斷開時間且偵測在該主開關之該斷開時間期間展現在該主開關處的共振波形之一或多個波谷。該一次側控制器經組配來在決定該輸出電壓小於參考電壓減預定閾值後以波谷減少操作模式操作。該波谷減少操作模式包括對於該主開關之每一切換循環使發生在彼切換循環期間的波谷之數目遞減。

A flyback converter includes a primary-side circuit to receive an input voltage, a secondary-side circuit to generate an output voltage, a transformer coupling the primary-side circuit to the secondary-side circuit, a main switch coupled to a primary winding of the transformer, and a converter controller having a primary-side controller in signal communication with the main switch to control an on time and an off time of the main switch and to detect one or more valleys of a resonant waveform developed at the main switch during the off time of the main switch. The primary-side controller is configured to operate in a valley reduction mode of operation upon determining that the output voltage is less than a reference voltage minus a predetermined threshold value. The valley reduction mode of operation includes decrementing, for each switching cycle of the main switch, a number of valleys occurring during that switching cycle.

指定代表圖：

- 166:一次側接地端
- 168:源極節點
- 170:二次側接地端
- 172:輔助繞組電路接地端
- 174:汲極節點
- 176:閘極節點
- 178:汲極節點
- 180:AC 輸入電壓(V_{ac})
- 182:DC 輸出電壓($V_{輸出}$)
- 184:輸入電壓($V_{匯流排}$)
- 186:電流/負載電流
- 188:參考電壓($V_{參考}$)
- 189:數位輸出電壓訊號($V_{輸出(n)}$)/數位輸出電壓
- 190:數位參考電壓訊號($V_{參考(n)}$)/數位參考電壓
- 191:低壓 PWM 訊號
- 192:驅動電壓
- 193:主開關汲極至源極電壓(V_{DS})
- 194:輔助電壓($V_{輔助}$)
- 195:訊號



I831763

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】返馳轉換器及操作返馳轉換器之方法

【英文發明名稱】Flyback Converter and Method of Operation of a Flyback Converter

【中文】

一種返馳轉換器，包括用以接收輸入電壓之一次側電路、用以產生輸出電壓之二次側電路、將該一次側電路耦合至該二次側電路的變壓器、耦合至該變壓器之一次繞組的主開關，及轉換器控制器，該轉換器控制器具有一次側控制器，該一次側控制器與該主開關訊號通訊以控制該主開關之接通時間及斷開時間且偵測在該主開關之該斷開時間期間展現在該主開關處的共振波形之一或多個波谷。該一次側控制器經組配來在決定該輸出電壓小於參考電壓減預定閾值後以波谷減少操作模式操作。該波谷減少操作模式包括對於該主開關之每一切換循環使發生在彼切換循環期間的波谷之數目遞減。

【英文】

A flyback converter includes a primary-side circuit to receive an input voltage, a secondary-side circuit to generate an output voltage, a transformer coupling the primary-side circuit to the secondary-side circuit, a main switch coupled to a primary winding of the transformer, and a converter controller having a primary-side controller in signal communication with the main switch to control an on time and an off time of the main switch and to detect one or more valleys of a resonant waveform developed at the main switch during the off time of the main switch. The primary-side controller is configured to operate in a valley reduction mode of operation upon determining that the output voltage is less than a reference voltage minus a predetermined threshold value. The valley reduction mode of operation includes decrementing, for each switching cycle of the main switch, a number of valleys occurring during that switching cycle.

【指定代表圖】圖 1**【代表圖之符號簡單說明】**

100	交流(AC)至直流(DC)返馳轉換器
102	一次側電路
104	二次側電路
106	輔助繞組電路
108	轉換器控制器
110	一次側控制器(PSC)
112	二次側控制器(SSC)
114	數位鏈路
116	組合編碼資料流
118	整流器
120	第一電容器
122	第二電容器
124	第一電阻器
126	第一二極體
128	一次繞組
130	主開關
132	二次繞組
134	第三電容器
136	第二電阻器
138	二次側開關(SR)
140	二次側驅動電路(SDC)
142	輔助繞組

- 144 第二二極體
- 146 第四電容器
- 148 變壓器
- 150 解碼器
- 152 控制器
- 154 閘極驅動器
- 156 反饋電路(FB Ckt)組件
- 160 類比至數位(ADC)
- 162 編碼器
- 164 源極節點
- 166 一次側接地端
- 168 源極節點
- 170 二次側接地端
- 172 輔助繞組電路接地端
- 174 汲極節點
- 176 閘極節點
- 178 汲極節點
- 180 AC 輸入電壓(V_{ac})
- 182 DC 輸出電壓($V_{輸出}$)
- 184 輸入電壓($V_{匯流排}$)
- 186 電流/負載電流
- 188 參考電壓($V_{參考}$)
- 189 數位輸出電壓訊號($V_{輸出}(n)$)/數位輸出電壓
- 190 數位參考電壓訊號($V_{參考}(n)$)/數位參考電壓

- 191 低壓 PWM 訊號
- 192 驅動電壓
- 193 主開關汲極至源極電壓(V_{DS})
- 194 輔助電壓($V_{\text{輔助}}$)
- 195 訊號

【發明說明書】

【中文發明名稱】 返馳轉換器及操作返馳轉換器之方法

【英文發明名稱】Flyback Converter and Method of Operation of a Flyback Converter

【技術領域】

相關申請案之交互參照

【0001】 本申請案主張 2019 年 2 月 6 日提交且標題為「QUASI-RESONANT FLYBACK CONVERTER CONTROLLER」之 PCT 專利申請案第 PCT/IB2019/050954 號之優先權，該案主張 2018 年 2 月 12 日提交且標題為「Flyback Transient Controller」之美國臨時專利申請案第 62/629,351 號之優先權，該等專利申請案中之全部藉此以引用方式整體併入本文。

【0002】 本發明係關於準共振返馳轉換器控制器。

【先前技術】

【0003】 開關模式電源供應器(SMPS) (「功率轉換器」)廣泛用於消費者、工業及醫療應用中，以提供良好調整的功率，同時維持高功率處理效率、嚴格輸出電壓調整，以及降低之傳導及輻射電磁干擾(EMI)。

【0004】 為滿足此等衝突目標，先前技術功率轉換器(返馳轉換器、順向轉換器、升壓轉換器、降壓轉換器等等)通常利用準共振控制方法。準共振控制方法誘導共振波形，該共振波形具有功率轉換器之一或多個半導體開關之汲極處的正弦電壓振盪。藉由良好定時的控制動作，半導體開關在汲極電壓為最小(亦即，波谷切換)的瞬時打開，因而最小化半導體切換損耗及汲極-源極 dv/dt 斜率，從而導致增加之功率處理效率及降低之電磁干擾(EMI)。

【0005】 在一些情況下，典型的返馳轉換器可在輸出負載暫態及輸出電壓參考變化期間具有緩慢動態回應。為了補償此緩慢動態回應且在負載暫態期間確保嚴格輸出電壓調整，通常需要超大輸出電容器，從而導致增加之返馳轉換器

成本及體積。不幸地，較大的輸出電容器電容在輸出電壓參考變化期間增加輸出電壓上升時間，從而在可程式輸出電壓應用中可能影響輸出電壓階躍轉移時間順應性。

【發明內容】

【0006】 本文所描述之一些實施例提供返馳轉換器，該返馳轉換器包括：一次側電路，其經組配來接收輸入電壓；二次側電路，其經組配來使用該輸入電壓產生輸出電壓；變壓器，其將該一次側電路耦合至該二次側電路；主開關，其耦合至該變壓器之一次繞組且經組配來控制穿過該一次繞組之電流；以及轉換器控制器。該轉換器控制器包括與該主開關訊號通訊的一次側控制器，該一次側控制器經組配來控制該主開關之接通時間及斷開時間且偵測在該主開關之該斷開時間期間展現在該主開關之節點處的共振波形之一或多個波谷。該一次側控制器經組配來在決定該輸出電壓小於該返馳轉換器之參考電壓減預定閾值後以波谷減少操作模式操作。該波谷減少操作模式包含藉由該一次側控制器對於該主開關之每一切換循環使發生在該主開關之彼切換循環期間的波谷之數目遞減。

【0007】 本文所描述之一些實施例提供方法，該方法涉及在返馳轉換器之一次側電路處接收輸入電壓，及在該返馳轉換器之二次側電路處使用該輸入電壓產生輸出電壓。變壓器將該一次側電路耦合至該二次側電路。耦合至該變壓器之一次繞組的主開關控制穿過該一次繞組之電流。該返馳轉換器之一次側控制器控制該主開關之接通時間及斷開時間。該一次側控制器偵測在該主開關之該斷開時間期間展現在該主開關之節點處的共振波形之一或多個波谷。該一次側控制器決定該輸出電壓小於該返馳轉換器之參考電壓減預定閾值。該一次側控制器基於該決定開始波谷減少操作模式。該一次側控制器在該波谷減少操作模

式期間減少在該主開關之二或更多個切換循環中之一或多個切換循環期間發生在該主開關之該節點處的波谷之數目。

【0008】 熟習此項技術者在回顧以下圖式及詳細描述後將明白或將變得明白本發明之其他裝置、設備、系統、方法、特徵及優點。所有此類額外裝置、設備、系統、方法、特徵及優點意欲包括在此描述內，在本發明之範疇內，且受伴隨申請專利範圍保護。

【圖式簡單說明】

【0009】 本揭示案可藉由參考以下圖式更好地理解。在圖式中，相同元件符號貫穿不同視圖指定對應的部分。

【0010】 圖 1 係根據本揭示案之交流(「AC」)至直流(「DC」)返馳轉換器之示例性實行方案的示意圖。

【0011】 圖 2 係根據本揭示案之 AC 至 DC 主動箝位返馳轉換器之示例性實行方案的示意圖。

【0012】 圖 3 係例示根據本揭示案之圖 1 及 2 中所示之返馳轉換器之示例性操作方法之一部分的流程圖。

【0013】 圖 4 係根據本揭示案之圖 1 或圖 2 中所示之一次側開關之汲極至源極電壓、輸出電壓及負載電流在返馳轉換器之輕至重負載轉移期間之示例性波形的圖表。

【0014】 圖 5 係根據本揭示案之圖 1 或圖 2 中所示之一次側開關及輸出電壓之汲極至源極電壓在輸出電壓參考階躍變化期間之示例性波形的圖表。

【實施方式】

【0015】 在以下描述中，相同參考數字用來識別相同元件。此外，圖式意欲以圖解方式例示示例性實施例之主要特徵。圖式不欲描繪實際實施例之每一特徵。

【0016】 揭示一種用於與返馳轉換器一起使用的準共振返馳轉換器控制器(「轉換器控制器」)，其中返馳轉換器具有二次側電路、二次側電路，及輔助繞組電路。轉換器控制器包括一次側控制器、二次側控制器，及數位鏈路。一般而言，二次側控制器接收來自二次側電路之輸出的輸出電壓及參考電壓(該參考電壓表示返馳轉換器之所要的電壓)。二次側控制器將輸出電壓及參考電壓兩者之組合編碼資料流編碼且傳輸至一次側控制器。一次側控制器解碼組合編碼資料流且使用輸出電壓及參考電壓來產生控制訊號，該控制訊號控制一次側電路之一次側開關(「主開關」)之切換。一次側控制器藉由將輸出電壓與參考電壓進行比較產生控制訊號。當偵測到輸出電壓與參考電壓之間的充分大的差異(例如，由於負載或參考電壓中之轉移)時，一次側控制器減少主開關之每一切換循環中之波谷之數目，直至輸出電壓恢復至所要的電壓位準。因此，達成嚴格穩定狀態的電壓調整及最佳功率處理效率。

【0017】 圖 1 係根據本揭示案之交流(「AC」)至直流(「DC」)返馳轉換器 100 之示例性實行方案的示意圖。返馳轉換器 100 包括一次側電路 102、二次側電路 104、輔助繞組電路 106，及轉換器控制器 108(「準共振返馳轉換器控制器」)。轉換器控制器 108 包括一次側控制器(「PSC」) 110、二次側控制器(「SSC」) 112，及數位鏈路 114。一次側控制器 110 經由數位鏈路 114 與二次側控制器 112 訊號通訊。數位鏈路 114 可為單向高速數位鏈路，該單向高速數位鏈路經組配來自二次側控制器 112 接收組合編碼資料流 116 且將組合編碼資料流 116 傳輸至一次側控制器 110。

【0018】 在此實例中，一次側電路 102 包括整流器 118、第一電容器 120、包括第二電容器 122、第一電阻器 124 及第一二極體 126 的吸收器電路、變壓器 148 之一次繞組 128，及主開關 130。二次側電路 104 包括第三電容器 134、第二電阻器 136、二次側開關(「SR」) 138，及二次側驅動電路(「SDC」) 140。輔助繞

組電路 106 包括變壓器 148 之輔助繞組 142、第二二極體 144，及第四電容器 146。一次側控制器 110 包括解碼器 150、控制器 152、閘極驅動器 154，及反饋電路(「FB Ckt」)組件 156。二次側控制器 112 包括類比至數位(「ADC」) 160 及編碼器 162。

【0019】 在此實例中，整流器 118、第一電容器 120，及主開關 130 之源極節點 164 與一次側接地端 166 訊號通訊。第三電容器 134、第二電阻器 136，及 SR 138 之源極節點 168 與二次側接地端 170 訊號通訊。另外，輔助繞組 142 及第四電容器 146 與輔助繞組電路接地端 172 訊號通訊。

【0020】 此外，主開關 130 之汲極節點 174 與一次繞組 128 訊號通訊，且主開關 130 之閘極節點 176 與閘極驅動器 154 訊號通訊。SR 138 之汲極節點 178 與二次繞組 132 訊號通訊。反饋電路組件 156 與輔助繞組電路 106 且與控制器 152 訊號通訊。

【0021】 反饋電路組件 156 提供訊號 195，該訊號表示當主開關 130 斷開時在切換循環之一部分期間展現在主開關 130 之汲極節點 174 處的準共振波形。在一些實施例中，反饋電路組件 156 經實行為 ADC。在其他實施例中，反饋電路組件 156 經實行為零交叉偵測電路，該零交叉偵測電路能操作以在每當準共振波形之波谷發生時發射脈衝。在另外的其他實施例中，反饋電路組件 156 經實行為訊號斜率偵測電路。

【0022】 熟習此項技術者應瞭解，返馳轉換器 100 及轉換器控制器 108 之電路、組件、模組及/或裝置，或與返馳轉換器 100 及轉換器控制器 108 相關聯的電路、組件、模組及/或裝置經描述為彼此訊號通訊，其中訊號通訊係指電路、組件、模組及/或裝置之間的允許電路、組件、模組及/或裝置傳送且/或接收來自另一電路、組件、模組及/或裝置之訊號及/或資訊的任何類型的通訊及/或連接。通訊及/或連接可沿著電路、組件、模組及/或裝置之間的允許訊號及/或資訊自一個電路、組件、模組及/或裝置傳送至另一電路、組件、模組及/或裝置且包括無

線或有線訊號路徑的任何訊號路徑。訊號路徑可為實體的，諸如例如導電金屬線、電磁波導件、電纜、附接及/或電磁或機械耦合之端子、半導體或介電材料或裝置，或其他類似實體連接或耦合。另外，訊號路徑可為非實體的，諸如自由空間(在電磁傳播之狀況下)或穿過數位組件之訊號路徑，其中通訊資訊是以變化數位格式自一個電路、組件、模組及/或裝置傳遞至另一電路、組件、模組及/或裝置而未通過直接電磁連接。

【0023】 在操作之實例中，返馳轉換器 100 將 AC 輸入電壓(「 V_{ac} 」) 180 轉換成 DC 輸出電壓(「 $V_{輸出}$ 」) 182 以供電至負載(例如，第二電阻器 136)。電源產生 AC 輸入電壓 V_{ac} 180，該 AC 輸入電壓 V_{ac} 藉由整流器 118 整流以產生輸入電壓(「 $V_{匯流排}$ 」) 184，該輸入電壓在變壓器 148 之一次繞組 128 處經接收。當主開關 130 經啟用時，輸入電壓 $V_{匯流排}$ 184 產生流過一次繞組 128 以對變壓器 148 之磁化電感充電的電流。當主開關 130 經禁用時，變壓器 148 之磁化電感放電，從而使電流 186 自二次繞組 132 流動至二次側電路 104 中以產生第二電阻器 136 (亦即，負載)兩端的輸出電壓 $V_{輸出}$ 182。

【0024】 ADC 160 接收輸出電壓 $V_{輸出}$ 182，以及參考電壓(「 $V_{參考}$ 」) 188。參考電壓 $V_{參考}$ 188 可藉由組態電路、藉由轉換器控制器 108 之電路、藉由數位至類比電路、藉由可組配電壓源，或藉由適合於產生參考電壓的另一電路提供。一般而言，參考電壓 $V_{參考}$ 188 與輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 之所要的電壓位準成比例，或指示該所要的電壓位準。ADC 160 分別將輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 及參考電壓 $V_{參考}$ 188 轉換成數位輸出電壓訊號(「 $V_{輸出}(n)$ 」) 189 及數位參考電壓訊號(「 $V_{參考}(n)$ 」) 190。編碼器 162 將數位值(亦即， $V_{輸出}(n)$ 189 及 $V_{參考}(n)$ 190)編碼成輸出電壓及參考電壓之各別編碼數位表示。在一些實施例中，編碼數位表示為將二或更多個數位資料流組合成單個數位資料流的數位表示。在一些實施例中，編碼數位表示將額外數位資料添加至一或多個數位資料流，該額外資料包括核對和、資

料包框、資料識別符、時間戳記等等中一或多個。編碼數位表示為傳輸至數位鏈路 114 的組合編碼資料流 116 之部分。在此實例中，編碼器 162 可經實行為有限狀態機(「FSM」)。數位鏈路 114 可經實行為單向高速數位鏈路。數位鏈路 114 接收組合編碼資料流 116 且將該組合編碼資料流傳輸至解碼器 150。

【0025】 解碼器 150 將組合編碼資料流 116 轉換回成輸入至控制器 152 的數位電壓值 $V_{輸出}(n)$ 189 及 $V_{參考}(n)$ 190。控制器 152 基於數位訊號 $V_{輸出}(n)$ 189 與 $V_{參考}(n)$ 190 之間的比較控制閘極驅動器 154 (例如，使用脈波寬度調變(PWM)訊號)。

【0026】 控制器 152 將低壓 PWM 訊號 191 供應至閘極驅動器 154 之輸入。閘極驅動器 154 接收低壓 PWM 訊號 191 且產生較高壓 PWM 主開關 130 驅動電壓 192，該驅動電壓經施加至主開關 130 之閘極節點 176 以打開(啟用)且關閉(禁用)主開關 130。

【0027】 輔助繞組電路 106 經組配以為一次側控制器 110 提供關於流過一次繞組 128 且使主開關 130 之汲極節點 174 處的主開關汲極至源極電壓(「 V_{DS} 」) 193 變化的電流之性質之反饋。輔助繞組 142 感應耦合至一次繞組 128 及二次繞組 132。因而，輔助繞組電路 106 產生輔助電容器(亦即，第四電容器 146)兩端的輔助電壓(「 $V_{輔助}$ 」) 194，該輔助電壓與主開關 130 之汲極節點 174 處的主開關汲極至源極電壓 V_{DS} 193 成比例。因而，展現在主開關 130 之汲極節點 174 處的準共振波形存在於輔助電壓 $V_{輔助}$ 194 中。

【0028】 在此實例中，主開關 130 具有至少一個切換循環，該切換循環藉由在穩定狀態操作中操作(例如，多模式操作)的 PWM 訊號 191 控制。一般而言，在穩定狀態操作期間，返馳轉換器 100 之負載為大體上恆定的，返馳轉換器 100 之輸入電壓 $V_{匯流排}$ 184 為大體上恆定的，且返馳轉換器 100 之參考電壓 $V_{參考}$ 188 為大體上恆定的。如先前所論述，控制器 152 接收且比較 $V_{輸出}(n)$ 189 與 $V_{參考}(n)$

190。若 $V_{\text{輸出}}(n)$ 189 與 $V_{\text{參考}}(n)$ 190 之間的差異大於預定閾值(例如，150mV)，例如，由於負載或參考電壓 $V_{\text{參考}}(n)$ 之變化，則控制器 152 開始波谷減少操作模式。在波谷減少操作模式期間，針對主開關 130 之每一切換循環調節主開關 130 之斷開時間，使得準共振波形之波谷之數目對於每一切換循環遞減。亦即，在波谷減少操作模式期間，與發生在主開關 130 之先前切換循環中發生的波谷之數目相比，控制器 152 減少發生在主開關 130 之切換循環期間(例如，在主開關 130 之斷開時間期間)的波谷之數目。在一些實施例中，控制器 152 針對主開關 130 之每一切換循環使發生在主開關 130 之切換循環期間的波谷之數目減少一個。

【0029】 在圖 2 中，示出根據本揭示案之 AC 至 DC 主動箝位返馳轉換器 200 之示例性實行方案的示意圖。除在此實例中吸收器電路之第一二極體 126 由主動箝位電路 202 之主動箝位開關 204 替換之外，此實例關於返馳轉換器 100 類似於圖 1 中所示之實例。另外，省略第一電阻器 124。在此實例中，類似於轉換器控制器 108 的轉換器控制器(「準共振返馳轉換器控制器」) 206 包括一次側控制器(「PSC」) 208，該一次側控制器包括閘極驅動器 210，該閘極驅動器產生兩個電壓輸出 192 及 212。兩個電壓輸出包括施加至主開關 130 之閘極節點 176 的驅動電壓 192 及施加至主動箝位開關 204 之閘極節點 214 以控制主動箝位開關 204 的第二電壓 212。

【0030】 圖 3 係例示根據本揭示案之操作返馳轉換器 100/200 之方法 300 之實行方案之實例的流程圖。在步驟 304 處，轉換器控制器 108/206 以正常操作模式操作返馳轉換器 100/200。在一些實施例中，正常操作模式係返馳轉換器 100/200 之穩定狀態模式。正常操作模式可包括若干操作模式中一者，諸如突發操作模式。在步驟 306 處，轉換器控制器 108/206 接收輸出電壓 $V_{\text{輸出}}$ 182 及參考電壓 $V_{\text{參考}}$ 188。在步驟 308 處，轉換器控制器 108/206 將輸出電壓 $V_{\text{輸出}}$ 182 及參考電壓 $V_{\text{參考}}$ 188 轉換成組合編碼資料流 116。在步驟 310 處，組合編碼資料流 116 經傳

輸至一次側控制器 110。在步驟 312 處，編碼資料流 116 經解碼成接收的輸出電壓及接收的參考電壓。在步驟 314 處，將接收的輸出電壓接收的參考電壓與預定閾值電壓(例如，150 mV)之間的差異進行比較。若在步驟 314 處決定接收的輸出電壓小於參考電壓減預定閾值電壓(亦即， $V_{輸出}(n)$ 189 與 $V_{參考}(n)$ 190 之間的差異大於預定閾值)，則流程繼續到步驟 316。在步驟 316 處，使展現在主開關 130 之汲極節點 174 處的準共振波形之波谷之數目對於主開關 130 之每一切換循環遞減。在一些實施例中，使波谷之數目遞減一個(例如， $波谷(n) = 波谷(n-1) - 1$)。在一些實施例中，藉由使由轉換器控制器 108/206 用來決定主開關 130 之斷開時間的目標波谷數目(例如， $波谷(n)$)遞減來使發生在主開關 130 之切換循環期間的波谷之數目遞減。藉由藉助對應於波谷之整數數目的倍數將主開關 130 之斷開時間調節為小於主開關 130 之先前斷開時間，主開關 130 將藉此在較早波谷處經打開(啟用)。在一些實施例中，在步驟 316 處使波谷之數目遞減之後，流程返回至步驟 304。在其他實施例中，在步驟 316 處使波谷之數目遞減之後，流程返回至步驟 306，如由虛線所指示。相反，若在步驟 314 處決定接收的輸出電壓不小於接收的參考電壓減預定閾值電壓，則流程返回至步驟 304。

【0031】 如先前所論述，將組合編碼資料流 116 傳輸(在步驟 310 處)至一次側控制器 110 包括藉由數位鏈路 114 將組合編碼資料流 116 傳輸至一次側控制器 110。此外，將數位輸出電壓 189 及數位參考電壓 190 轉換(在步驟 308 處)成組合編碼資料流 116 包括以產生數位輸出電壓 189 及數位參考電壓 190 的 ADC 160 接收輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 及參考電壓 $V_{參考}$ 188 及將數位輸出電壓 189 及數位參考電壓 190 編碼成組合編碼資料流 116。

【0032】 圖 4 示出根據本揭示案之主開關 130 之主開關汲極至源極電壓 V_{DS} 193、輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 及負載電流(「 $i_{負載}$ 」) 186 在返馳轉換器 100/200 之輕至重負載轉移期間之示例性波形的圖表 400、402 及 404。所有圖表 400、402 及 404

對時間 t 406 作圖。在此實例中，主開關汲極至源極電壓 V_{DS} 193 圖表 400 示出為最初具有切換循環(例如，在穩定狀態操作期間)，主開關 130 在該切換循環期間於第五波谷 408 處經啟用。負載之擾動(藉由圖表 404 中之負載電流 186 中自第一位準 424 至第二位準 426 之階躍所示)導致圖表 402 中所示之輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 中之顯著驟降。作為回應，轉換器控制器 108 進入波谷減少模式 410，因為輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 藉由至少預定閾值 $V_{閾值}$ 412 (例如，150 mV)降低至低於參考電壓 $V_{參考}$ 188。在波谷減少模式 410 內，控制器 152 對於主開關 130 之每一切換循環使準共振波谷之數目遞減，直至輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 不再小於參考電壓 $V_{參考}$ 188 減預定閾值 $V_{閾值}$ 412。例如，在主開關 130 之第二切換循環中，控制器 152 使主開關 130 在第四波谷 414 處打開。在主開關 130 之第三切換循環中，控制器 152 使主開關 130 在第三波谷 416 處打開。在主開關 130 之第四切換循環中，控制器 152 使主開關 130 在第二波谷 418 處打開，且在後續切換循環期間，控制器 152 使主開關 130 在第一波谷 420 處打開。在時間 422 之後，輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 恢復且藉由減預定閾值 412 至少在參考電壓 $V_{參考}$ 188 之窗口內，使得轉換器控制器 108 離開波谷減少模式 410 且開始在正常操作模式中操作。

【0033】 為詳細詳述，在波谷減少模式 410 中，控制器 152 決定主開關 130 之斷開時間內的波谷之數目且然後在主開關 130 之後續切換循環期間減少發生在主開關 130 之後續斷開時間期間的波谷之數目。作為一實例，控制器 152 可藉由使波谷之數目每切換循環減少一個(例如，當波谷數目比先前切換循環中切斷的波谷數目少一個時，藉由打開主開關 130)來減少主開關 130 之斷開時間。作為另一實例，對於主開關 130 之一或多個切換循環，控制器 152 使波谷之數目遞減一或多個(亦即，遞減 1、2、3、4 等)。每一切換循環使波谷之數目減少一個(或多個)有利地使返馳轉換器 100/200 能夠具有對暫態(例如，諸如負載轉移)之較快回應時間，而同時獲得準共振操作模式之效益。

【0034】 圖 5 示出根據本揭示案之主開關 130 之主開關汲極至源極電壓 V_{DS} 193 及輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 在參考電壓 $V_{參考}$ 188 階躍變化期間之示例性波形的圖表 500 及 502。兩個圖表 500 及 502 對時間 504 作圖且電壓參考階躍係自第一位準 $V_{參考1}$ 506 至第二位準 $V_{參考2}$ 508。如所示，在參考電壓 $V_{參考}$ 188 自第一位準 $V_{參考1}$ 506 轉移至第二位準 $V_{參考2}$ 508 之後，返馳轉換器 100/200 之主開關 130 之每一切換循環在波谷減少模式 510 期間的較早波谷(例如，第五、然後第四、然後第三等等)處切換。在輸出電壓 $V_{輸出}$ 182 之圖表 502 超過參考位準 $V_{參考2}$ 508 減預定閾值 512 (例如，150 mV) 的點處，返馳轉換器 100 退出波谷減少模式 510 且進入突發操作模式。

【0035】 將理解，本發明之各種態樣或細節可在不脫離本發明之範疇的情況下改變。其並非詳盡的，且不使所主張發明限於所揭示之精確形式。此外，先前描述僅用於說明之目的，且並非用於限制之目的。修改及變化根據以上描述為可能的或可自實踐本發明獲取。申請專利範圍及其等效物限定本發明之範疇。

【0036】 在實行方案之一些替代性實例中，方塊中註解之一或多個功能可能不按圖式中註解的次序發生。例如，在一些狀況下，視所涉及之功能而定，連續展示之兩個方塊可大體上同時執行，或該等方塊可有時按相反次序來執行。另外，除流程圖或方塊圖中之所示方塊之外，可添加其他方塊。

【0037】 實行方案之不同實例之描述已出於說明及描述目的而呈現，但不意欲為詳盡的或限於所揭示之形式之實例。許多修改及變化將對於此項技術中之一般技術者為顯而易見的。此外，實行方案之不同實例可提供與其他合意的實例相比的不同特徵。選擇且描述選定的一或多個實例以最佳解釋本發明之原理及實際應用，且使得此項技術中之一般技術者能夠理解具有如適於所涵蓋之特定用途之各種修改的各種實例之揭示內容。

【0038】 此外，已詳細參考所揭示的本發明之實行方案之實例，圖式中已例示該等實例中之一或多個實例。每一實例均以解釋本技術而非限制本技術之方式提供。事實上，儘管已參照本發明之實行方案之特定實例詳細描述本說明書，但熟習此項技術者將瞭解的是，在獲得對前述內容之理解後，可容易構想出實行方案之此等實例之替代形式、變化形式及等效物。例如，例示且描述為實行方案之一個實例之部分的特徵可與另一實行方案之實例一起用來得到實行方案之更進一步實例。因此，意欲本標的物涵蓋所附申請專利範圍及其等效物之範疇內的所有此類修改及變化。在不脫離隨附申請專利範圍中更特定闡述的本發明之範疇的情況下，此項技術中之一般技術者可實踐本發明之此等及其他修改形式及變化形式。此外，此項技術中之一般技術者將瞭解前述描述僅為舉例說明，且不意欲限制本發明。

【符號說明】

【0039】

- 100 交流(AC)至直流(DC)返馳轉換器
- 102 一次側電路
- 104 二次側電路
- 106 輔助繞組電路
- 108 轉換器控制器
- 110 一次側控制器(PSC)
- 112 二次側控制器(SSC)
- 114 數位鏈路
- 116 組合編碼資料流
- 118 整流器
- 120 第一電容器

- 122 第二電容器
- 124 第一電阻器
- 126 第一二極體
- 128 一次繞組
- 130 主開關
- 132 二次繞組
- 134 第三電容器
- 136 第二電阻器
- 138 二次側開關(SR)
- 140 二次側驅動電路(SDC)
- 142 輔助繞組
- 144 第二二極體
- 146 第四電容器
- 148 變壓器
- 150 解碼器
- 152 控制器
- 154 閘極驅動器
- 156 反饋電路(FB Ckt)組件
- 160 類比至數位(ADC)
- 162 編碼器
- 164 源極節點
- 166 一次側接地端
- 168 源極節點
- 170 二次側接地端

- 172 輔助繞組電路接地端
- 174 汲極節點
- 176 閘極節點
- 178 汲極節點
- 180 AC 輸入電壓(V_{ac})
- 182 DC 輸出電壓($V_{輸出}$)
- 184 輸入電壓($V_{匯流排}$)
- 186 電流/負載電流
- 188 參考電壓($V_{參考}$)
- 189 數位輸出電壓訊號($V_{輸出}(n)$)/數位輸出電壓
- 190 數位參考電壓訊號($V_{參考}(n)$)/數位參考電壓
- 191 低壓 PWM 訊號
- 192 驅動電壓
- 193 主開關汲極至源極電壓(V_{DS})
- 194 輔助電壓($V_{輔助}$)
- 195 訊號
- 200 AC 至 DC 主動箝位返馳轉換器
- 202 主動箝位電路
- 204 主動箝位開關
- 206 轉換器控制器/準共振返馳轉換器控制器
- 208 一次側控制器(PSC)
- 210 閘極驅動器
- 212 電壓輸出
- 214 閘極節點

- 300 方法
- 304~316 步驟
- 400、402、404 圖表
- 406 時間 t
- 408 第五波谷
- 410 波谷減少模式
- 412 預定閾值 $V_{\text{閾值}}$
- 414 第四波谷
- 416 第三波谷
- 418 第二波谷
- 420 第一波谷
- 424 第一位準
- 426 第二位準
- 500、502 圖表
- 504 時間
- 506 第一位準 $V_{\text{參考1}}$
- 508 第二位準 $V_{\text{參考2}}$
- 510 波谷減少模式
- 512 預定閾值。

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種返馳轉換器，其包含：

一一次側電路，其經組配來接收一輸入電壓；

一二次側電路，其經組配來使用該輸入電壓產生一輸出電壓；

一變壓器，其將該一次側電路耦合至該二次側電路；

一主開關，其耦合至該變壓器之一一次繞組且經組配來控制穿過該一次繞組之一電流；以及

一轉換器控制器，其包含：

一一次側控制器，其與該主開關訊號通訊，該一次側控制器經組配來控制該主開關之一接通時間及一斷開時間且偵測在該主開關之該斷開時間期間展現在該主開關之一節點處的一共振波形之一或多個波谷；

其中：

該一次側控制器經組配來在決定該輸出電壓小於該返馳轉換器之一參考電壓減一預定閾值後於一波谷減少操作模式中操作；且

該波谷減少操作模式包含藉由該一次側控制器對於該主開關之每一切換循環使發生在該主開關之彼切換循環期間的波谷之一數目遞減。

【第 2 項】如申請專利範圍第 1 項之返馳轉換器，其中：

該一次側控制器經組配來在決定該輸出電壓不小於該返馳轉換器之該參考電壓減該預定閾值後使該波谷減少操作式停止。

【第 3 項】如申請專利範圍第 1 項之返馳轉換器，其中：

在該波谷減少操作模式期間，該一次側控制器對於該主開關之該等切換循環中每一個使該波谷數目遞減一或多個。

【第 4 項】如申請專利範圍第 3 項之返馳轉換器，其中：

在該波谷減少操作模式期間，該一次側控制器藉由對於該等切換循環中每一個調節該主開關之該斷開時間來使發生在該主開關之該等切換循環中每一個期間的波谷之該數目遞減。

【第 5 項】 如申請專利範圍第 1 項之返馳轉換器，其中：

該一次側控制器經組配來自耦合至該變壓器的一輔助繞組電路接收一輔助電壓；且

該一次側控制器經組配來使用該輔助電壓偵測該共振波形之該波谷數目。

【第 6 項】 如申請專利範圍第 1 項之返馳轉換器，其進一步包含：

一二次側控制器，其與該二次側電路訊號通訊；以及

一數位鏈路，其與該一次側控制器及該二次側控制器訊號通訊；

其中：

該二次側控制器經組配來接收來自該二次側電路之該輸出電壓及該參考電壓，將該輸出電壓轉換成一數位輸出電壓訊號且將該參考電壓轉換成一數位參考電壓訊號，且將該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號傳輸至該數位鏈路；

該數位鏈路經組配來將該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號傳輸至該一次側控制器；且

該一次側控制器經組配來接收該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號且決定該輸出電壓是否小於該參考電壓減該預定閾值。

【第 7 項】 如申請專利範圍第 6 項之返馳轉換器，該二次側控制器包含：

一類比至數位轉換器(「ADC」)，其經組配來接收來自該二次側電路之該輸出電壓及該參考電壓，其中該 ADC 經組配來將該輸出電壓轉換成該數位輸出電壓訊號且將該參考電壓轉換成該數位參考電壓訊號；以及

一編碼器，其與該 ADC 訊號通訊，其中該編碼器經組配來接收且將該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號編碼成一組合編碼資料流，該組合編碼資料流具有該輸出電壓及該參考電壓之數位表示。

【第 8 項】如申請專利範圍第 7 項之返馳轉換器，其中該編碼器係一有限狀態機。

【第 9 項】如申請專利範圍第 7 項之返馳轉換器，該一次側控制器包含：

一解碼器，其經組配來接收且將該組合編碼資料流解碼成一接收的數位輸出電壓訊號及接收的數位參考電壓訊號；以及

一控制器，其與該解碼器訊號通訊，其中該控制器經組配來接收該接收的數位輸出電壓訊號及該接收的數位參考電壓訊號且基於該接收的數位輸出電壓訊號及該接收的數位參考電壓訊號控制該主開關之該接通時間及該斷開時間。

【第 10 項】如申請專利範圍第 6 項之返馳轉換器，其中該數位鏈路係一單向高速數位鏈路。

【第 11 項】一種操作返馳轉換器之方法，該方法包含：

在一返馳轉換器之一一次側電路處接收一輸入電壓；

在該返馳轉換器之一二次側電路處使用該輸入電壓產生一輸出電壓，一變壓器將該一次側電路耦合至該二次側電路；

使用耦合至該變壓器之一一次繞組之一主開關控制穿過該一次繞組之一電流；

藉由該返馳轉換器之一一次側控制器控制該主開關之一接通時間及一斷開時間；

藉由該一次側控制器偵測在該主開關之該斷開時間期間展現在該主開關之一節點處的一共振波形之一或多個波谷；

藉由該一次側控制器決定該輸出電壓小於該返馳轉換器之一參考電壓減一預定閾值；

藉由該一次側控制器基於該決定開始一波谷減少操作模式；以及

藉由該一次側控制器在該波谷減少操作模式期間減少在該主開關之複數個切換循環中一或多個切換循環期間發生在該主開關之該節點處的波谷之一數目。

【第 12 項】 如申請專利範圍第 11 項之方法，其進一步包含：

在決定該輸出電壓不小於該返馳轉換器之該參考電壓減該預定閾值後藉由該一次側控制器使該波谷減少操作模式停止。

【第 13 項】 如申請專利範圍第 11 項之方法，其進一步包含：

藉由該一次側控制器在該波谷減少操作模式期間使發生在該主開關之該等複數個切換循環中每一切換循環期間的波谷之該數目遞減。

【第 14 項】 如申請專利範圍第 13 項之方法，其進一步包含：

藉由該一次側控制器在該波谷減少操作模式期間，藉由對應於波谷之一整數數目的倍數之一量調節該主開關之該斷開時間以使發生在該主開關之該等複數個切換循環中每一切換循環期間的波谷之該數目遞減。

【第 15 項】 如申請專利範圍第 11 項之方法，其進一步包含：

藉由該一次側控制器自耦合至該變壓器的一輔助繞組電路接收一輔助電壓；以及

藉由該一次側控制器使用該輔助電壓偵測該共振波形之波谷之該數目。

【第 16 項】 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中：

該返馳轉換器進一步包含一二次側控制器，該二次側控制器與該二次側電路訊號通訊；

該返馳轉換器進一步包含一數位鏈路，該數位鏈路與該一次側控制器及該二次側控制器訊號通訊；且

該方法進一步包括：

藉由該二次側控制器接收來自該二次側電路之該輸出電壓及該參考電壓；

藉由該二次側控制器將該輸出電壓轉換成一數位輸出電壓訊號且將該參考電壓轉換成一數位參考電壓訊號；

藉由該二次側控制器將該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號傳輸至該數位鏈路；

藉由該數位鏈路將該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號傳輸至該一次側控制器；以及

藉由該一次側控制器接收該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號，該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號用來藉由該一次側控制器決定該輸出電壓小於該返馳轉換器之該參考電壓減該預定閾值。

【第 17 項】 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中：

該二次側控制器進一步包含一類比至數位轉換器(「ADC」)及一編碼器，該編碼器與該 ADC 訊號通訊；且

該方法進一步包含：

藉由該 ADC 接收來自該二次側電路之該輸出電壓及該參考電壓；

藉由該 ADC 將該輸出電壓轉換成該數位輸出電壓訊號且將該參考電壓轉換成該數位參考電壓訊號；

藉由該編碼器接收該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號；以及

藉由該編碼器將該數位輸出電壓訊號及該數位參考電壓訊號編碼成一組合編碼資料流，該組合編碼資料流具有該輸出電壓及該參考電壓之數位表示。

【第 18 項】 如申請專利範圍第 17 項之方法，其中該編碼器係一有限狀態機。

【第 19 項】 如申請專利範圍第 17 項之方法，其中：

該一次側控制器進一步包含一解碼器及一控制器，該控制器與該解碼器訊號通訊；且

該方法進一步包含：

藉由該解碼器接收該組合編碼資料流；

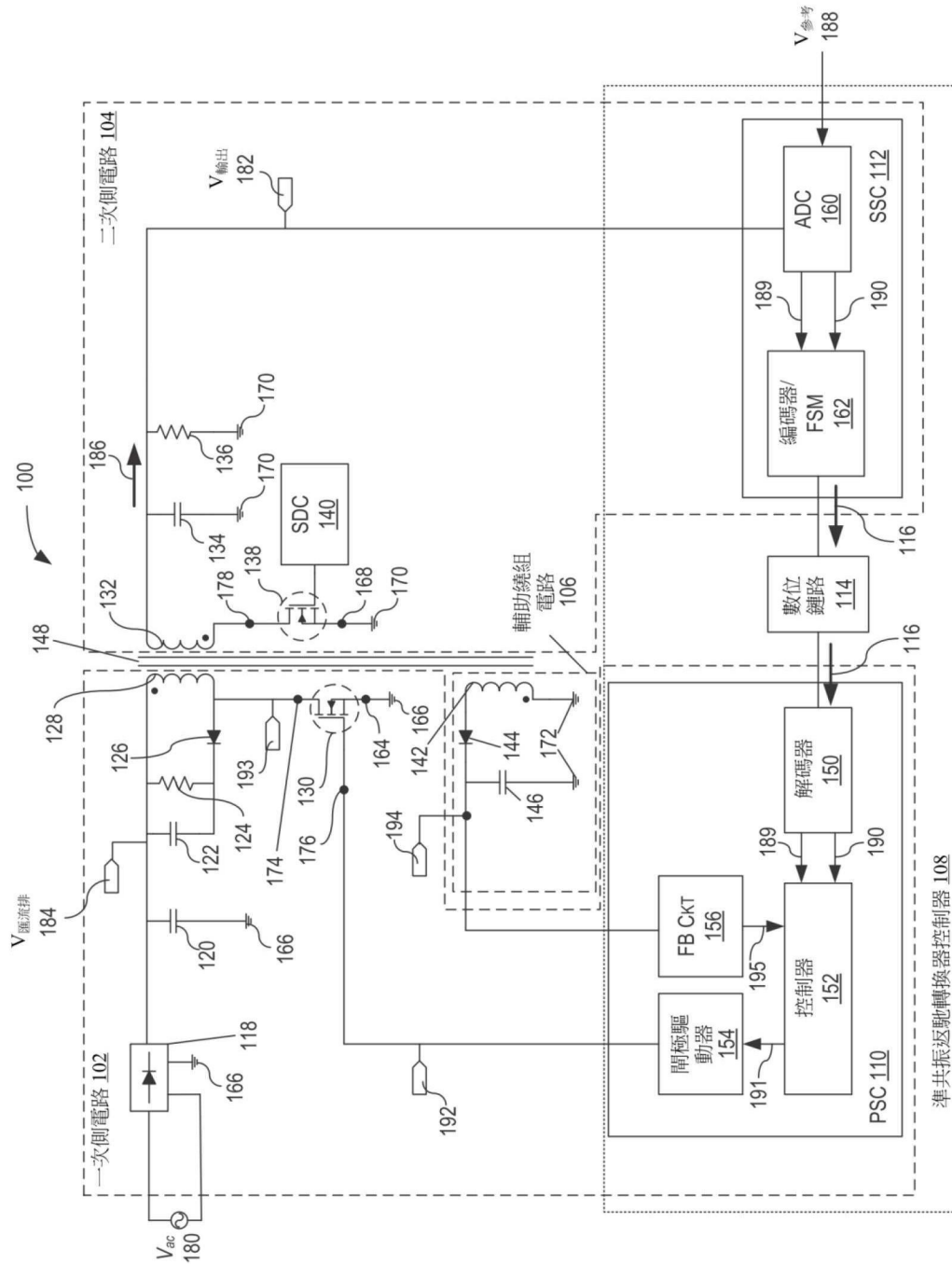
藉由該解碼器將該組合編碼資料流解碼成一接收的數位輸出電壓訊號及接收的數位參考電壓訊號；

藉由該控制器接收該接收的數位輸出電壓訊號及該接收的數位參考電壓訊號；以及

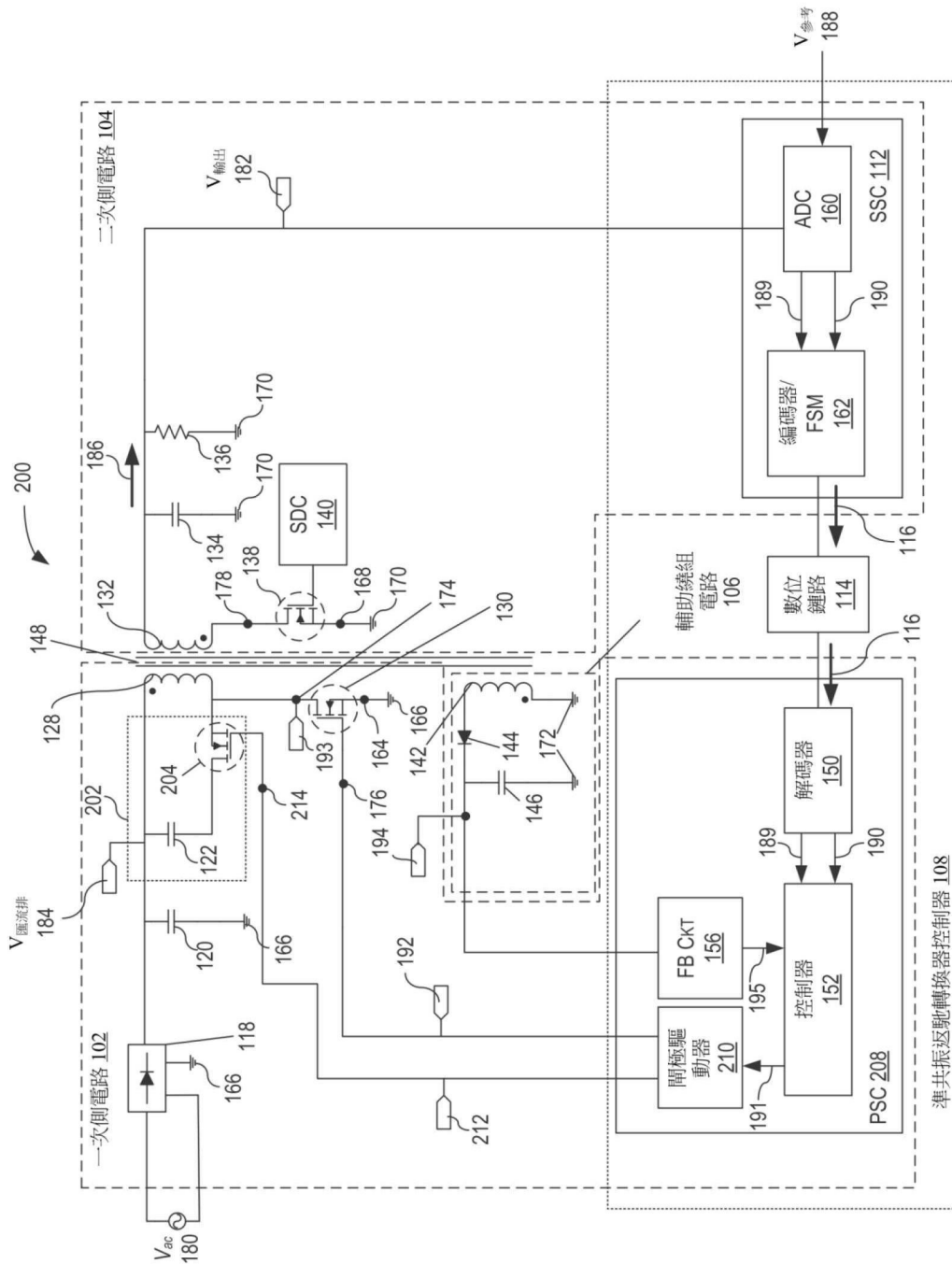
藉由該控制器基於該接收的數位輸出電壓訊號及該接收的數位參考電壓訊號控制該主開關之該接通時間及該斷開時間。

【第 20 項】 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該數位鏈路係一單向高速數位鏈路。

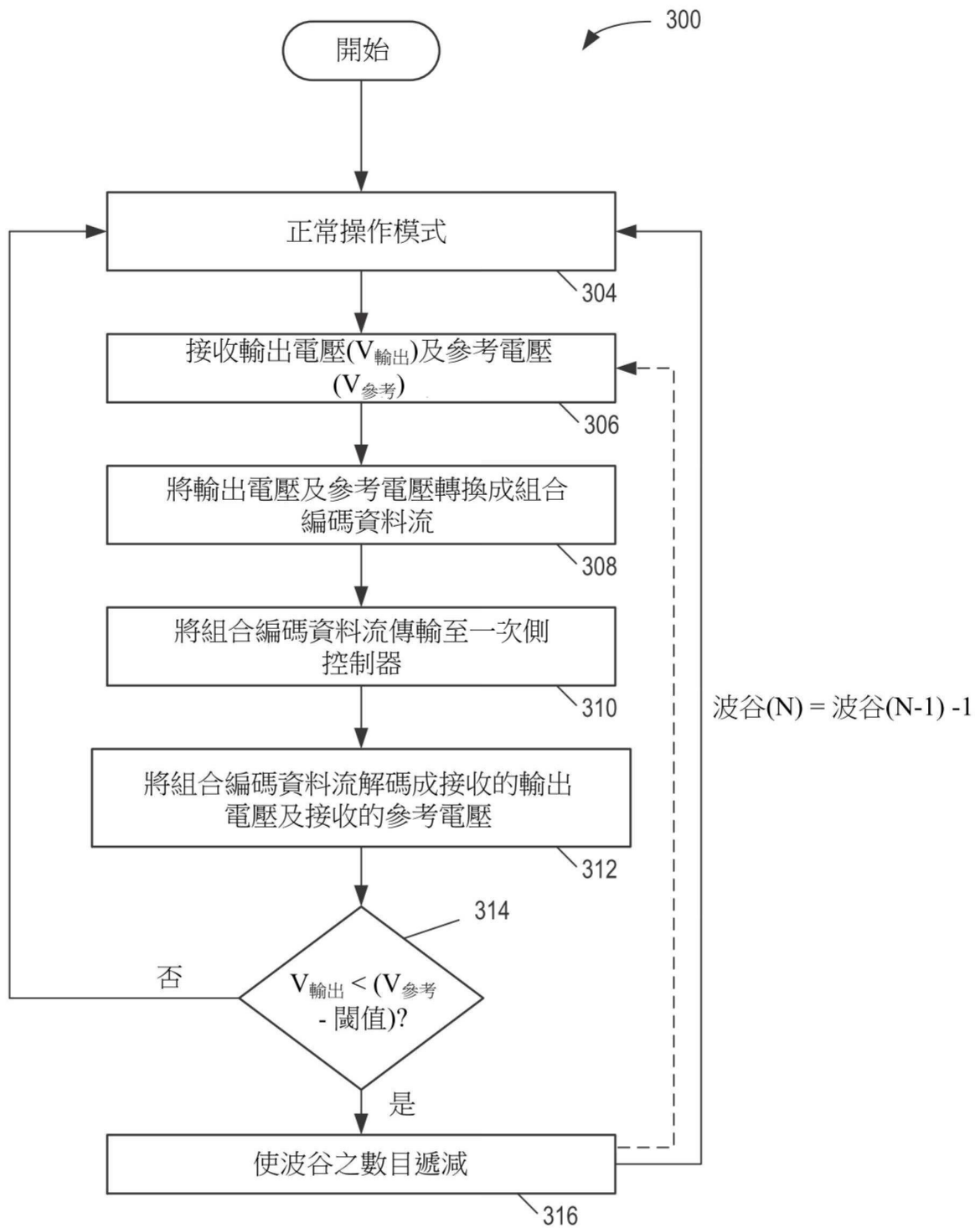
【發明圖式】



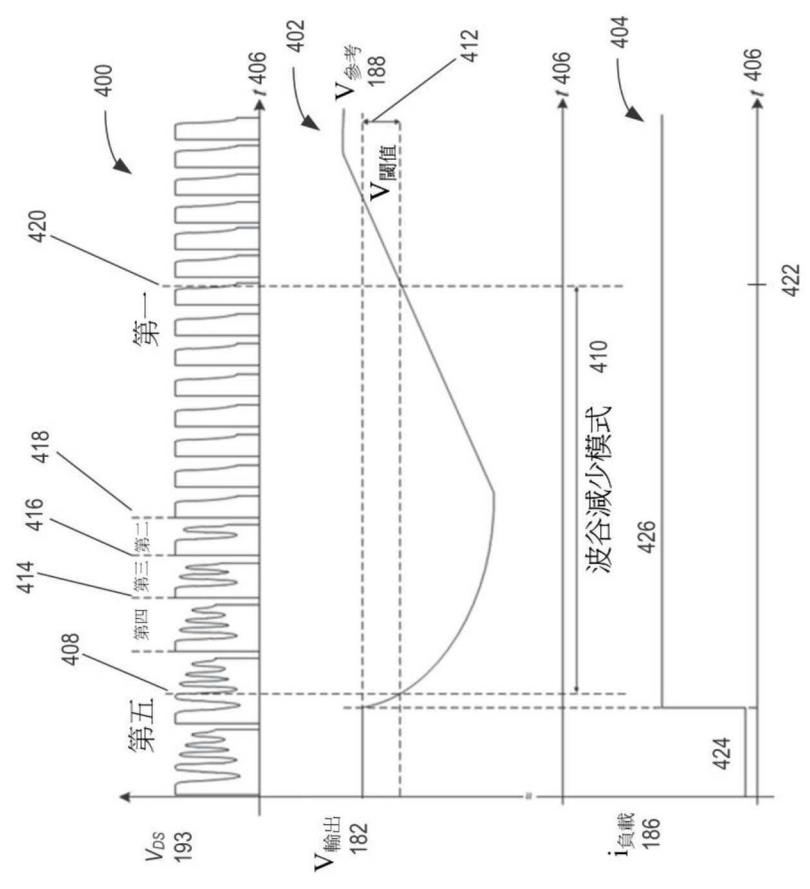
【圖 1】



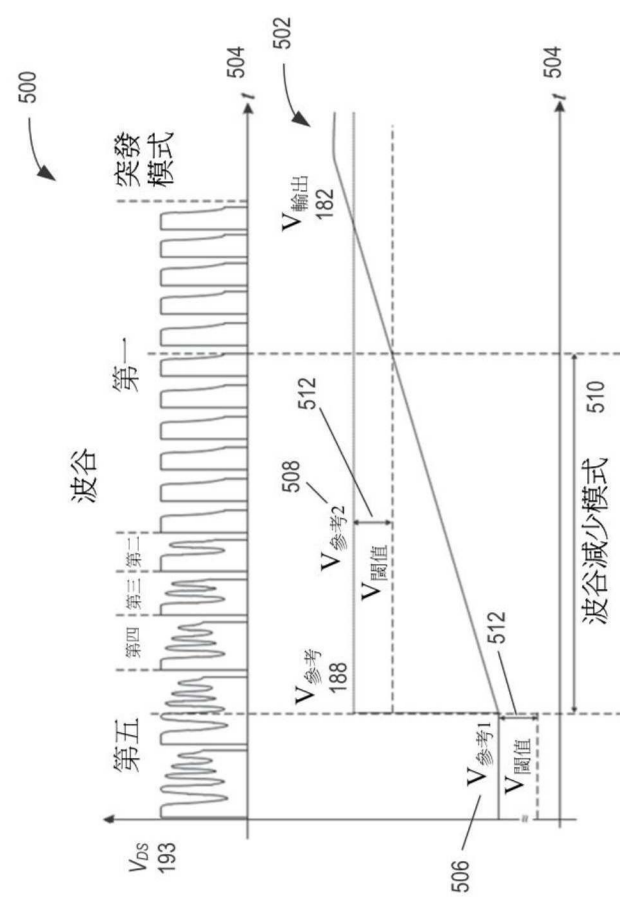
【圖2】



【圖 3】



【圖 4】



【圖 5】