

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

超高升壓轉換器

### 【英文發明名稱】

ULTRA-HIGH BOOSTING CONVERTER

### 【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種超高升壓轉換器，尤其是指一種能有效降低電流應力，適合應用於高功率的場合，且能使輸入電流漣波降低，同時不必操作在極大的導通比，使主開關具有低於輸出電壓的低電壓應力，可降低導通損失，提升整體效率，並可得到極高的升壓增益，而在其整體施行使用上更增實用功效特性者。

### 【先前技術】

【0002】 按，2015 年 12 月於法國巴黎舉行「聯合國氣候變化綱要公約第 21 次締約方會議」〔COP21〕，與會的 195 國與歐盟代表通過了遏阻全球暖化的《巴黎協定》〔Paris Agreement〕。各國將致力於大幅減少溫室氣體〔greenhouse gas〕排放，力保在本世紀結束之前，全球均溫上升不超過攝氏 2 度，進而追求不超過攝氏 1.5 度的更艱難目標。希望各國透過再生能源，用更有效的方式達成減排目標，追求經濟的「綠色成長」。爰此，再生能源將成為最主要的電力型態，也是各國綠色低碳能源發展的重點方向，包含太陽能、

風力能、燃料電池、水力能、地熱能、潮汐能及生質能等。

【0003】 目前我國政府積極推動再生能源電力系統，例如能源局公告的「太陽光電 2 年推動計畫」、「風力發電 4 年推動計畫」，並以 2025 年再生能源發電量占比達 20% 為努力的方向，未來將以太陽光電及離岸風力發電作為推動再生能源設置的主力，其中的太陽光電目標是將於 2025 年達 20 GW，預估年發電量達 250 億度電；風力發電總裝置容量達 44.2 GW。

【0004】 在日本、歐洲與美國裝設於屋頂的住宅型太陽能併網電力系統，最近也成為成長快速的市場。另外，由於燃料電池是經由利用氫及氧的化學反應，產生電流及水，不但完全無污染，也避免了傳統電池充電耗時的問題，是極具發展前景的新能源方式，應用在車輛及發電系統上，將能顯著改善空氣污染及溫室效應。因此，在再生能源電力系統應用中，太陽能發電系統及燃料電池發電系統及風力發電系統常在分散式發電系統〔distributed generation system〕，扮演重要的角色。

【0005】 一般而言，應用太陽能電池或燃料電池模組的再生能源電力系統，由於安全性與可靠性的問題，太陽能電池模組與燃料電池所產生的輸出電壓是屬於低電壓，一般不超過 40V，為了達到併網發電或直流微電網的需求，必須先將此低電壓利用高升壓 DC-DC 轉換器，升壓至一個高電壓直流排。例如：對於一個單相 220Vac 的電網系統而言，此高電壓直流排常為 380-400Vdc，以利全橋式換

流器〔full-bridge inverter〕的 DC-AC 電源轉換。

【0006】 對於直流升壓目的而言，理論上，操作在極高導通比的傳統升壓型〔boost〕轉換器能夠得到高電壓增益，但是實務上受到寄生元件的影響，電壓轉換比受限在約 5 倍以下，因此當電壓增益高達 10 倍左右的實務需求時，研發嶄新的高升壓轉換器拓樸是必要的。因此，於近幾年來，高升壓 DC-DC 轉換器是電力電子工程領域中常見的研究主題之一。

【0007】 緣是，發明人有鑑於此，秉持多年該相關行業之豐富設計開發及實際製作經驗，針對現有之結構及缺失再予以研究改良，提供一種超高升壓轉換器，以期達到更佳實用價值性之目的者。

#### 【發明內容】

【0008】 本發明之主要目的在於提供一種超高升壓轉換器，主要係能有效降低電流應力，適合應用於高功率的場合，且能使輸入電流漣波降低，同時不必操作在極大的導通比，使主開關具有低於輸出電壓的低電壓應力，可降低導通損失，提升整體效率，並可得到極高的升壓增益，而在其整體施行使用上更增實用功效特性者。

【0009】 本發明超高升壓轉換器之主要目的與功效，係由以下具體技術手段所達成：

【0010】 其主要係令轉換器於輸入電壓  $V_m$  之正極分別連接有電感  $L_1$  之第一端、電容  $C_b$  之負極及電感  $L_2$  之第一端，該電感  $L_1$  之第二端分

別連接有二極體  $D_{a11}$  之正極及二極體  $D_{b1}$  之正極，該電感  $L_2$  之第二端分別連接有二極體  $D_{a21}$  之正極及二極體  $D_{b2}$  之正極，該二極體  $D_{a11}$  之負極分別連接有二極體  $D_{a12}$  之負極及第一主開關  $s_1$  之第一端，該二極體  $D_{a21}$  之負極分別連接有二極體  $D_{a22}$  之負極及第二主開關  $s_2$  之第一端，該第一主開關  $s_1$  之第二端、該第二主開關  $s_2$  之第二端與該輸入電壓  $V_{in}$  之負極一併接地，該電容  $C_b$  之正極分別連接該二極體  $D_{b1}$  之負極、該二極體  $D_{b2}$  之負極、第一變壓器初級側  $N_{p1}$  之第一端及第二變壓器初級側  $N_{s1}$  之第一端，該二極體  $D_{a12}$  之正極分別連接第一變壓器初級側  $N_{p1}$  之第二端、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  之正極及第一升壓電容  $C_{c1}$  之負極，該二極體  $D_{a22}$  之正極分別連接第二變壓器初級側  $N_{s1}$  之第二端、第一飛輪二極體  $D_{c1}$  之正極及第二升壓電容  $C_{c2}$  之負極，該第二飛輪二極體  $D_{c2}$  之負極分別連接該第二升壓電容  $C_{c2}$  之正極及第一變壓器次級側  $N_{p2}$  之第一端，該第一飛輪二極體  $D_{c1}$  之負極分別連接該第一升壓電容  $C_{c1}$  之正極及第二變壓器次級側  $N_{s2}$  之第一端，該第一變壓器次級側  $N_{p2}$  之第二端連接第二輸出二極體  $D_{e2}$  之正極，該第二變壓器次級側  $N_{s2}$  之第二端連接第一輸出二極體  $D_{e1}$  之正極，該第一輸出二極體  $D_{e1}$  之負極與該第二輸出二極體  $D_{e2}$  之負極一同連接有第一輸出電容  $C_1$  之正極、第二輸出電容  $C_2$  之負極與第二倍壓二極體  $D_{f2}$  之正極，該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  之負極連接有第一變壓器三級側  $N_{p3}$  的第一端及第一倍壓二極體  $D_{f1}$  之正極，該第一變壓器三級側  $N_{p3}$  的第二端與該第二變壓器三級側  $N_{s3}$  的第一端相連接，該第二變壓器三級側  $N_{s3}$  的第二端分別連接有該第二輸出電容  $C_2$  之正極及第

三輸出電容  $C_3$  之負極，該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  之負極分別連接有該第三輸出電容  $C_3$  之正極及負載  $R_o$  之第一端，該第一輸出電容  $C_1$  之負極及該負載  $R_o$  之第二端一併進行接地。

【0011】 本發明超高升壓轉換器的較佳實施例，其中，該第一變壓器初級側  $N_{p1}$  形成有磁化電感  $L_{m1}$ ，該第二變壓器初級側  $N_{s1}$  形成有磁化電感  $L_{m2}$ 。

【0012】 本發明超高升壓轉換器的較佳實施例，其中，該第一變壓器三級側  $N_{p3}$  及該第二變壓器三級側  $N_{s3}$  產生共同漏電感  $L_s$ 。

#### 【圖式簡單說明】

【0013】 第一圖：本發明之電路圖

【0014】 第二圖：本發明之時序圖

【0015】 第三圖：本發明之預備操作階段等效線性電路圖

【0016】 第四圖：本發明之第一操作階段等效線性電路圖

【0017】 第五圖：本發明之第二操作階段等效線性電路圖

【0018】 第六圖：本發明之第三操作階段等效線性電路圖

【0019】 第七圖：本發明之第四操作階段等效線性電路圖

【0020】 第八圖：本發明之第五操作階段等效線性電路圖

【0021】 第九圖：本發明之第六操作階段等效線性電路圖

【0022】 第十圖：本發明之第七操作階段等效線性電路圖

- 【0023】 第十一圖：本發明之第八操作階段等效線性電路圖
- 【0024】 第十二圖：本發明之第九操作階段等效線性電路圖
- 【0025】 第十三圖：本發明之第十操作階段等效線性電路圖
- 【0026】 第十四圖：本發明之模擬電路示意圖
- 【0027】 第十五圖：本發明之主開關驅動信號  $v_{gs(s1)}$ 、輸入電壓  $V_{in}$  及輸出電壓  $V_o$  的模擬波形圖
- 【0028】 第十六圖：本發明之輸入電流  $i_{LK1}$ 、 $i_{LK2}$ 、 $i_{in}$  的模擬波形圖
- 【0029】 第十七圖：本發明之第一主開關  $S_1$  驅動信號  $v_{gs(s1)}$  及其跨壓  $v_{ds(s1)}$  的模擬波形圖
- 【0030】 第十八圖：本發明之第二主開關  $S_2$  驅動信號  $v_{gs(s2)}$  及其跨壓  $v_{ds(s2)}$  的模擬波形圖
- 【0031】 第十九圖：本發明之第一飛輪二極體  $D_{c1}$  及第二飛輪二極體  $D_{c2}$  的電壓和電流模擬波形圖
- 【0032】 第二十圖：本發明之第一倍壓二極體  $D_{f1}$  及第二倍壓二極體  $D_{f2}$  的電壓和電流模擬波形圖

### 【實施方式】

- 【0033】 為令本發明所運用之技術內容、發明目的及其達成之功效有更完整且清楚的揭露，茲於下詳細說明之，並請一併參閱所揭之圖式及圖號：

【0034】 首先，請參閱第一圖本發明之電路圖所示，本發明之轉換器（1）主要係於輸入電壓 $V_m$ 之正極分別連接有電感 $L_1$ 之第一端、電容 $C_b$ 之負極及電感 $L_2$ 之第一端，該電感 $L_1$ 之第二端分別連接有二極體 $D_{a11}$ 之正極及二極體 $D_{b1}$ 之正極，該電感 $L_2$ 之第二端分別連接有二極體 $D_{a21}$ 之正極及二極體 $D_{b2}$ 之正極，該二極體 $D_{a11}$ 之負極分別連接有二極體 $D_{a12}$ 之負極及第一主開關 $S_1$ 之第一端，該二極體 $D_{a21}$ 之負極分別連接有二極體 $D_{a22}$ 之負極及第二主開關 $S_2$ 之第一端，該第一主開關 $S_1$ 之第二端、該第二主開關 $S_2$ 之第二端與該輸入電壓 $V_m$ 之負極一併接地，該電容 $C_b$ 之正極分別連接該二極體 $D_{b1}$ 之負極、該二極體 $D_{b2}$ 之負極、第一變壓器初級側 $N_{p1}$ 之第一端及第二變壓器初級側 $N_{s1}$ 之第一端，該二極體 $D_{a12}$ 之正極分別連接第一變壓器初級側 $N_{p1}$ 之第二端、第二飛輪二極體 $D_{c2}$ 之正極及第一升壓電容 $C_{c1}$ 之負極，該二極體 $D_{a22}$ 之正極分別連接第二變壓器初級側 $N_{s1}$ 之第二端、第一飛輪二極體 $D_{c1}$ 之正極及第二升壓電容 $C_{c2}$ 之負極，該第二飛輪二極體 $D_{c2}$ 之負極分別連接該第二升壓電容 $C_{c2}$ 之正極及第一變壓器次級側 $N_{p2}$ 之第一端，該第一飛輪二極體 $D_{c1}$ 之負極分別連接該第一升壓電容 $C_{c1}$ 之正極及第二變壓器次級側 $N_{s2}$ 之第一端，該第一變壓器次級側 $N_{p2}$ 之第二端連接第二輸出二極體 $D_{e2}$ 之正極，該第二變壓器次級側 $N_{s2}$ 之第二端連接第一輸出二極體 $D_{e1}$ 之正極，該第一輸出二極體 $D_{e1}$ 之負極與該第二輸出二極體 $D_{e2}$ 之負極一同連接有第一輸出電容 $C_1$ 之正極、第二輸出電容 $C_2$ 之負極與第二倍壓二極體 $D_{f2}$ 之正極，該第二倍壓二極體 $D_{f2}$ 之負極連接有第一變壓器三級側 $N_{p3}$ 的第一

端及第一倍壓二極體  $D_{f1}$  之正極，該第一變壓器三級側  $N_{p3}$  的第二端與該第二變壓器三級側  $N_{s3}$  的第一端相連接，該第二變壓器三級側  $N_{s3}$  的第二端分別連接有該第二輸出電容  $C_2$  之正極及第三輸出電容  $C_3$  之負極，該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  之負極分別連接有該第三輸出電容  $C_3$  之正極及負載  $R_o$  之第一端，該第一輸出電容  $C_1$  之負極及該負載  $R_o$  之第二端一併進行接地。

【0035】 而該轉換器 ( 1 ) 在使用過程中，根據各開關切換和各二極體導通與否，可以將該轉換器 ( 1 ) 在一個切換週期  $T_s$  的動作，分成十個線性階段，請再參閱第二圖本發明之時序圖所示，以下將本發明分為十個工作模式進行分析討論：

【0036】 預備階段 [  $t \sim t_0$  ] : [ 第一主開關  $s_1$  : ON、第二主開關  $s_2$  : ON、二極體  $D_{a11}$  : ON、二極體  $D_{a12}$  : ON、二極體  $D_{a21}$  : ON、二極體  $D_{a22}$  : ON、二極體  $D_{b1}$  : OFF、二極體  $D_{b2}$  : OFF、第一飛輪二極體  $D_{c1}$  : OFF、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  : OFF、第一輸出二極體  $D_{e1}$  : OFF、第二輸出二極體  $D_{e2}$  : OFF、第一倍壓二極體  $D_{f1}$  : OFF、第二倍壓二極體  $D_{f2}$  : OFF ] : 請再一併參閱第三圖本發明之預備操作階段等效線性電路圖所示，在預備階段時，該第一主開關  $s_1$  與該第二主開關  $s_2$  導通(ON)持續一段時間，該二極體  $D_{b1}$ 、該二極體  $D_{b2}$ 、該第一飛輪二極體  $D_{c1}$ 、該第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體  $D_{e1}$ 、該第二輸出二極體  $D_{e2}$ 、該第一倍壓二極體  $D_{f1}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  皆因逆向偏壓而 OFF，此時該電感  $L_1$ 、該電感  $L_2$ 、該第一變壓



器初級側  $N_{p1}$  所形成之磁化電感  $L_{m1}$ 、該第二變壓器初級側  $N_{s1}$  所形成之磁化電感  $L_{m2}$ ，皆因跨輸入電壓  $V_{in}$  則電流則以斜率  $V_{in}/L_1$ 、 $V_{in}/L_{m1}$  線性上升。當該第一主開關  $s_1$  由 ON 切換至 OFF 時，該二極體  $D_{a11}$ 、該二極體  $D_{a12}$  由 ON 切換至 OFF，該二極體  $D_{b1}$  由 OFF 切換至 ON，則該轉換器（1）進入在一個切換週期  $T_s$  下之第一階段電路動作。

**【0037】** 第一階段  $[t_0 \sim t_1]$ ：〔第一主開關  $s_1$ ：OFF、第二主開關  $s_2$ ：ON、二極體  $D_{a11}$ ：OFF、二極體  $D_{a12}$ ：OFF、二極體  $D_{a21}$ ：ON、二極體  $D_{a22}$ ：ON、二極體  $D_{b1}$ ：ON、二極體  $D_{b2}$ ：OFF、第一飛輪二極體  $D_{c1}$ ：OFF、第二飛輪二極體  $D_{c2}$ ：ON、第一輸出二極體  $D_{e1}$ ：ON、第二輸出二極體  $D_{e2}$ ：OFF、第一倍壓二極體  $D_{f1}$ ：OFF、第二倍壓二極體  $D_{f2}$ ：ON〕：請再一併參閱第四圖本發明之第一操作階段等效線性電路圖所示，該第一主開關  $s_1$  已由 ON 切換至 OFF，該二極體  $D_{a11}$ 、該二極體  $D_{a12}$  由 ON 切換至 OFF，該二極體  $D_{b1}$  由 OFF 切換至 ON，該第二主開關  $s_2$  保持為 ON，此時該第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體  $D_{e1}$  因該第一變壓器初級側  $N_{p1}$  之電流  $i_{LK1}$  保持連續而導通，且該第一主開關  $s_1$  跨壓  $v_{DS1}$  被該第二飛輪二極體  $D_{c2}$  箝位在該第二升壓電容  $C_{c2}$  之電壓  $V_{Cc2}$ 。此時該第一輸出二極體  $D_{e1}$  之電流  $i_{De1}$  流經該第二變壓器次級側  $N_{s2}$ ，而使電流能量反饋至第二變壓器初級側  $N_{s1}$ ，可降低輸入端電流的提供，另該磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{Lm1}$  以斜率  $(V_{in} - V_{Cc2})/L_{m1}$  線性下降，當該第一變壓器三級側  $N_{p3}$  及該第二變壓器三級側  $N_{s3}$  所產生之共同漏電感  $L_s$  的電流  $i_{Ls}$  上升至  $I_o$  時，會使該第二輸出電容  $C_2$  之電流  $i_{c2}$  轉向，而轉換器（1）進入在一個

切換週期 $T_s$ 下之第二階段電路動作。

【0038】 第二階段〔 $t_1 \sim t_2$ 〕：〔第一主開關 $s_1$ ：OFF、第二主開關 $s_2$ ：ON、二極體 $D_{a11}$ ：OFF、二極體 $D_{a12}$ ：OFF、二極體 $D_{a21}$ ：ON、二極體 $D_{a22}$ ：ON、二極體 $D_{b1}$ ：ON、二極體 $D_{b2}$ ：OFF、第一飛輪二極體 $D_{c1}$ ：OFF、第二飛輪二極體 $D_{c2}$ ：ON、第一輸出二極體 $D_{e1}$ ：ON、第二輸出二極體 $D_{e2}$ ：OFF、第一倍壓二極體 $D_{f1}$ ：OFF、第二倍壓二極體 $D_{f2}$ ：ON〕：請再一併參閱第五圖本發明之第二操作階段等效線性電路圖所示，本階段該第一主開關 $s_1$ 保持為OFF，該第二主開關 $s_2$ 保持為ON，當該第二輸出電容 $C_2$ 之電流 $i_{c2}$ 換向後，則開始對該第二輸出電容 $C_2$ 做充電。該第一主開關 $s_1$ 由OFF切換至ON時，則轉換器(1)進入在一個切換週期 $T_s$ 下之第三階段電路動作。

【0039】 第三階段〔 $t_2 \sim t_3$ 〕：〔第一主開關 $s_1$ ：ON、第二主開關 $s_2$ ：ON、二極體 $D_{a11}$ ：ON、二極體 $D_{a12}$ ：ON、二極體 $D_{a21}$ ：ON、二極體 $D_{a22}$ ：ON、二極體 $D_{b1}$ ：OFF、二極體 $D_{b2}$ ：OFF、第一飛輪二極體 $D_{c1}$ ：OFF、第二飛輪二極體 $D_{c2}$ ：OFF、第一輸出二極體 $D_{e1}$ ：OFF、第二輸出二極體 $D_{e2}$ ：OFF、第一倍壓二極體 $D_{f1}$ ：OFF、第二倍壓二極體 $D_{f2}$ ：ON〕：請再一併參閱第六圖本發明之第三操作階段等效線性電路圖所示，該第一主開關 $s_1$ 已由OFF切換至ON，則該二極體 $D_{a11}$ 、該二極體 $D_{a12}$ 由OFF切換至ON，該二極體 $D_{b1}$ 因逆向偏壓由ON切換至OFF，該第二主開關 $s_2$ 保持為ON，此階段該第二飛輪二極體 $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體 $D_{e1}$ 因為跨逆向偏壓而由ON轉

變為 OFF，而該漏電感  $L_s$  的電流  $i_{L_s}$  保持連續，故該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  持續 ON。本階段該磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{L_{m1}}$  以斜率  $(V_{in} + nV_{C2})/L_{m1}$  線性上升，該磁化電感  $L_{m2}$  之電流  $i_{L_{m2}}$  以斜率  $(V_{in} - nV_{C2})/L_{m2}$  線性上升，則該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{L_s}$  以斜率  $-V_{C2}/L_s$  線性下降。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{L_s}$  下降至  $I_o$ ，該第二輸出電容  $C_2$  之電流  $i_{C2}$  換向，則轉換器(1) 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第四階段電路動作。

【0040】 第四階段 [  $t_3 \sim t_4$  ] : [ 第一主開關  $s_1$  : ON、第二主開關  $s_2$  : ON、二極體  $D_{a11}$  : ON、二極體  $D_{a12}$  : ON、二極體  $D_{a21}$  : ON、二極體  $D_{a22}$  : ON、二極體  $D_{b1}$  : OFF、二極體  $D_{b2}$  : OFF、第一飛輪二極體  $D_{c1}$  : OFF、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  : OFF、第一輸出二極體  $D_{e1}$  : OFF、第二輸出二極體  $D_{e2}$  : OFF、第一倍壓二極體  $D_{f1}$  : OFF、第二倍壓二極體  $D_{f2}$  : ON ] : 請再一併參閱第七圖本發明之第四操作階段等效線性電路圖所示，該第一主開關  $s_1$ 、該第二主開關  $s_2$  保持為 ON，此階段在該第二輸出電容  $C_2$  之電流  $i_{C2}$  換向後，則該第二輸出電容  $C_2$  開始對該負載  $R_o$  釋放能量。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{L_s}$  下降至 0，會使該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  由 ON 轉變為 OFF，則轉換器(1) 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第五階段電路動作。

【0041】 第五階段 [  $t_4 \sim t_5$  ] : [ 第一主開關  $s_1$  : ON、第二主開關  $s_2$  : ON、二極體  $D_{a11}$  : ON、二極體  $D_{a12}$  : ON、二極體  $D_{a21}$  : ON、二極體  $D_{a22}$  : ON、二極體  $D_{b1}$  : OFF、二極體  $D_{b2}$  : OFF、第一飛輪二極體  $D_{c1}$  : OFF、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  : OFF、第一輸出二極體  $D_{e1}$  : OFF、

第二輸出二極體  $D_{e2}$  : OFF、第一倍壓二極體  $D_{f1}$  : OFF、第二倍壓二極體  $D_{f2}$  : OFF ] : 請再一併參閱第八圖本發明之第五操作階段等效線性電路圖所示，該磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{Lm1}$  及該磁化電感  $L_{m2}$  之電流  $i_{Lm2}$  分別以  $V_{in}/L_{m1}$  及  $V_{in}/L_{m2}$  線性上升。當該第二主開關  $s_2$  由 ON 切換至 OFF 時，則轉換器 ( 1 ) 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第六階段電路動作。

【0042】 第六階段 [  $t_5 \sim t_6$  ] : [ 第一主開關  $s_1$  : ON、第二主開關  $s_2$  : OFF、二極體  $D_{a11}$  : ON、二極體  $D_{a12}$  : ON、二極體  $D_{a21}$  : OFF、二極體  $D_{a22}$  : OFF、二極體  $D_{b1}$  : OFF、二極體  $D_{b2}$  : ON、第一飛輪二極體  $D_{c1}$  : ON、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  : OFF、第一輸出二極體  $D_{e1}$  : OFF、第二輸出二極體  $D_{e2}$  : ON、第一倍壓二極體  $D_{f1}$  : ON、第二倍壓二極體  $D_{f2}$  : OFF ] : 請再一併參閱第九圖本發明之第六操作階段等效線性電路圖所示，本階段該第一主開關  $s_1$  保持為 ON，該第二主開關  $s_2$  由 ON 轉變為 OFF，則該二極體  $D_{a21}$ 、該二極體  $D_{a22}$  由 ON 切換至 OFF，該二極體  $D_{b2}$  由 OFF 切換至 ON，此時該第一飛輪二極體  $D_{c1}$ 、該第二輸出二極體  $D_{e2}$  因為該第二變壓器初級側  $N_{s1}$  之電流  $i_{LK2}$  保持連續而導通，且該第二主開關  $s_2$  跨壓  $v_{DS2}$  被該第一飛輪二極體  $D_{c1}$  箝位在該第一升壓電容  $C_{c1}$  之電壓  $V_{Cc1}$ 。此時該第二輸出二極體  $D_{e2}$  之電流  $i_{De2}$  流經該第一變壓器次級側  $N_{p2}$ ，可降低輸入端電流的提供，另該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  為了導通則  $nV_{Cc1} - V_{C3}$  必須大於 0，因此該漏電感  $L_s$  的電流  $i_{Ls}$  以斜率  $(-nV_{Cc1} + V_{C3})/L_s$  線性下降，下降至  $-I_o$  時，會使該第三輸出電容  $C_3$  之電流  $i_{c3}$  換向，而轉換器 ( 1 ) 進入在一個

切換週期 $T_s$ 下之第七階段電路動作。

【0043】 第七階段〔 $t_6 \sim t_7$ 〕：〔第一主開關 $s_1$ ：ON、第二主開關 $s_2$ ：OFF、二極體 $D_{a11}$ ：ON、二極體 $D_{a12}$ ：ON、二極體 $D_{a21}$ ：OFF、二極體 $D_{a22}$ ：OFF、二極體 $D_{b1}$ ：OFF、二極體 $D_{b2}$ ：ON、第一飛輪二極體 $D_{c1}$ ：ON、第二飛輪二極體 $D_{c2}$ ：OFF、第一輸出二極體 $D_{e1}$ ：OFF、第二輸出二極體 $D_{e2}$ ：ON、第一倍壓二極體 $D_{f1}$ ：ON、第二倍壓二極體 $D_{f2}$ ：OFF〕：請再一併參閱第十圖本發明之第七操作階段等效線性電路圖所示，本階段該第一主開關 $s_1$ 保持為ON，該第二主開關 $s_2$ 保持為OFF，在該第三輸出電容 $C_3$ 之電流 $i_{c3}$ 換向後，則開始對該第三輸出電容 $C_3$ 做充電。當第二主開關 $s_2$ 由OFF轉變為ON，則轉換器（1）進入在一個切換週期 $T_s$ 下之第八階段電路動作。

【0044】 第八階段〔 $t_7 \sim t_8$ 〕：〔第一主開關 $s_1$ ：ON、第二主開關 $s_2$ ：ON、二極體 $D_{a11}$ ：ON、二極體 $D_{a12}$ ：ON、二極體 $D_{a21}$ ：ON、二極體 $D_{a22}$ ：ON、二極體 $D_{b1}$ ：OFF、二極體 $D_{b2}$ ：OFF、第一飛輪二極體 $D_{c1}$ ：OFF、第二飛輪二極體 $D_{c2}$ ：OFF、第一輸出二極體 $D_{e1}$ ：OFF、第二輸出二極體 $D_{e2}$ ：OFF、第一倍壓二極體 $D_{f1}$ ：ON、第二倍壓二極體 $D_{f2}$ ：OFF〕：請再一併參閱第十一圖本發明之第八操作階段等效線性電路圖所示，本階段該第一主開關 $s_1$ 保持為ON，該第二主開關 $s_2$ 由OFF轉變為ON，則該二極體 $D_{a21}$ 、該二極體 $D_{a22}$ 由OFF轉變成ON，該二極體 $D_{b2}$ 因該電感 $L_2$ 之逆向偏壓 $v_{L2}$ 由ON切換至OFF，此階段該第一飛輪二極體 $D_{c1}$ 、該第二輸出二極體 $D_{e2}$ 因為跨

逆向偏壓而由 ON 轉變為 OFF，而因為該漏電感  $L_s$  的電流  $i_{L_s}$  保持連續，故該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  持續 ON。本階段該磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{L_{m1}}$  以斜率  $(V_{in} - nV_{C3})/L_{m1}$  線性下降，該磁化電感  $L_{m2}$  之電流  $i_{L_{m2}}$  以斜率  $(V_{in} + nV_{C3})/L_{m2}$  線性上升，則該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{L_s}$  以斜率  $V_{C3}/L_s$  線性上升。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{L_s}$  上升至  $-I_o$ ，該第三輸出電容  $C_3$  之電流  $i_{C3}$  換向，則轉換器 ( 1 ) 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第九階段電路動作。

**【0045】** 第九階段 [  $t_8 \sim t_9$  ] : [ 第一主開關  $s_1$  : ON、第二主開關  $s_2$  : ON、二極體  $D_{a11}$  : ON、二極體  $D_{a12}$  : ON、二極體  $D_{a21}$  : ON、二極體  $D_{a22}$  : ON、二極體  $D_{b1}$  : OFF、二極體  $D_{b2}$  : OFF、第一飛輪二極體  $D_{c1}$  : OFF、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  : OFF、第一輸出二極體  $D_{e1}$  : OFF、第二輸出二極體  $D_{e2}$  : OFF、第一倍壓二極體  $D_{f1}$  : ON、第二倍壓二極體  $D_{f2}$  : OFF ] : 請再一併參閱第十二圖本發明之第九操作階段等效線性電路圖所示，本階段該第一主開關  $s_1$  保持為 ON，該第二主開關  $s_2$  保持為 ON，在該第三輸出電容  $C_3$  之電流  $i_{C3}$  換向後，該第三輸出電容  $C_3$  對該負載  $R_o$  釋放能量。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{L_s}$  上升至 0，會使該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  由 ON 轉變為 OFF，則轉換器 ( 1 ) 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第十階段電路動作。

**【0046】** 第十階段 [  $t_9 \sim t_{10}$  ] : [ 第一主開關  $s_1$  : ON、第二主開關  $s_2$  : ON、二極體  $D_{a11}$  : ON、二極體  $D_{a12}$  : ON、二極體  $D_{a21}$  : ON、二極體  $D_{a22}$  : ON、二極體  $D_{b1}$  : OFF、二極體  $D_{b2}$  : OFF、第一飛輪二極體  $D_{c1}$  : OFF、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  : OFF、第一輸出二極體  $D_{e1}$  : OFF、第二輸出二極體  $D_{e2}$  : OFF、第一倍壓二極體  $D_{f1}$  : OFF、第二倍壓二極體  $D_{f2}$  : OFF ] : 請再一併參閱第十三圖本發明之第十操作階段等效線性電路圖所示，本階段該第一主開關  $s_1$  保持為 ON，該第二主開關  $s_2$  保持為 ON，在該第三輸出電容  $C_3$  之電流  $i_{C3}$  換向後，該第三輸出電容  $C_3$  對該負載  $R_o$  釋放能量。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{L_s}$  上升至 0，會使該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  由 ON 轉變為 OFF，則轉換器 ( 1 ) 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第十階段電路動作。

體  $D_{c1}$  : OFF、第二飛輪二極體  $D_{c2}$  : OFF、第一輸出二極體  $D_{e1}$  : OFF、第二輸出二極體  $D_{e2}$  : OFF、第一倍壓二極體  $D_{f1}$  : OFF、第二倍壓二極體  $D_{f2}$  : OFF ] : 請再一併參閱第十三圖本發明之第十操作階段等效線性電路圖所示，本階段該磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{Lm1}$  及該磁化電感  $L_{m2}$  之電流  $i_{Lm2}$  分別以  $V_{in}/L_{m1}$  及  $V_{in}/L_{m2}$  線性上升。當該第一主開關  $s_1$  由 ON 轉變為 OFF 時，該二極體  $D_{a11}$ 、該二極體  $D_{a12}$  由 ON 切換至 OFF，該二極體  $D_{b1}$  由 OFF 切換至 ON，則轉換器 ( 1 ) 進入下一階段，完成一個切換週期  $T_s$  下之電路動作。

【0047】 依據上述電路動作分析結果，使用 IsSpice 模擬軟體及實作結果驗證。設定該轉換器 ( 1 ) 之相關參數為：輸入電壓  $V_{in}$  20V、輸出電壓  $V_o$  400V、最大輸出功率  $P_o$  500W、切換頻率  $f_s$  40kHz、導通比  $D$  0.62、磁化電感  $L_{m1}$  133  $\mu$  H、磁化電感  $L_{m2}$  133  $\mu$  H、第一輸出電容  $C_1$  220  $\mu$  F、第一升壓電容  $C_{c1}$  100  $\mu$  F、第二升壓電容  $C_{c2}$  100  $\mu$  F、第二輸出電容  $C_2$  100  $\mu$  F、第三輸出電容  $C_3$  100  $\mu$  F、變壓器匝數比 1 : 1 : 1，電感  $L_1$  220  $\mu$  H、電感  $L_2$  220  $\mu$  H；以下以模擬波形檢驗該轉換器 ( 1 ) 的特點 [ 請再一併參閱第十四圖本發明之模擬電路示意圖所示 ] :

【0048】 A. 電器規格驗證：輸入電壓  $V_{in}$ 、輸出電壓  $V_o$ 、導通比  $D$

【0049】 請再一併參閱第十五圖本發明之主開關驅動信號  $v_{gs(S1)}$ 、輸入電壓  $V_{in}$  及輸出電壓  $V_o$  的模擬波形圖所示，可知輸入電壓  $V_{in} = 20V$ 、輸出電壓  $V_o = 400V$ ，滿足電氣之需求規格。

【0050】 B.輸入電流漣波相消： $i_{LK1}$ 、 $i_{LK2}$ 、 $i_{in}$

【0051】 由於該轉換器（1）係以交錯 180 度依序導通的驅動方式操作，使得該第一變壓器初級側  $N_{p1}$  之電流  $i_{LK1}$  與該第二變壓器初級側  $N_{s1}$  之電流  $i_{LK2}$  漣波相差 180 度，因此電流  $i_{LK1}$  和電流  $i_{LK2}$  之漣波可以相消以降低輸入電流  $i_{in}$  之漣波。請再一併參閱第十六圖本發明之輸入電流  $i_{LK1}$ 、 $i_{LK2}$ 、 $i_{in}$  的模擬波形圖所示，當電感電流漣波  $\Delta i_{LK1}$  和  $\Delta i_{LK2}$  約為 12A，輸入電流漣波  $\Delta i_{in}$  約為 3.79A，輸入電流  $i_{in}$  確實因交錯式操作，有漣波相消的性能。

【0052】 C.第一主開關  $s_1$  與第二主開關  $s_2$  的低電壓應力：

$$(v_{gs(s1)}, v_{ds(s1)}, V_{Cc2}) \text{ 及 } (v_{gs(s2)}, v_{ds(s2)}, V_{Cc1})$$

【0053】 因為該該轉換器（1）加入升壓電容，因此主開關跨壓將會被升壓電容給限制住： $v_{ds(s1, \max)} = 120V$ 、 $v_{ds(s2, \max)} = 120V$ 。請再一併參閱第十七圖本發明之第一主開關  $s_1$  驅動信號  $v_{gs(s1)}$  及其跨壓  $v_{ds(s1)}$  的模擬波形圖及第十八圖本發明之第二主開關  $s_2$  驅動信號  $v_{gs(s2)}$  及其跨壓  $v_{ds(s2)}$  的模擬波形圖所示，主開關之跨壓確實約為 120V，可知主開關確實擁有遠低於輸出電壓的低電壓應力。

【0054】 D.減緩二極體反向恢復問題： $(v_{Dc1}, i_{Dc1}, v_{Dc2}, i_{Dc2})$ 、 $(v_{Df1}, i_{Df1}, v_{Df2}, i_{Df2})$

【0055】 請再一併參閱第十九圖本發明之第一飛輪二極體  $D_{c1}$  及第二飛輪二極體  $D_{c2}$  的電壓和電流模擬波形圖及第二十圖本發明之第一倍壓二極體  $D_{f1}$  及第二倍壓二極體  $D_{f2}$  的電壓和電流模擬波形圖所示，該第一飛輪二極體  $D_{c1}$  及該第二飛輪二極體  $D_{c2}$  電流先降至零，



二極體才轉態為 OFF，所以無反向恢復問題，而該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  及該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  之電流只有一段微小的逆向恢復電流，使得能夠減緩反向恢復問題及 EMI 雜訊干擾。

【0056】 藉由以上所述，本發明之使用實施說明可知，本發明與現有技術手段相較之下，本發明主要係具有下列優點：

【0057】 1.高功率應用：轉換器由於電路架構仍具有並聯連接特性，故可分擔輸入電流，能有效降低電路中儲能元件及開關元件之電流應力，適合應用於高功率的場合。

【0058】 2.高電力密度：第一主開關  $s_1$  與第二主開關  $s_2$  係以  $180^\circ$  的相位差交錯工作，可使輸入電流漣波降低，因此可以使用感值較小之輸入濾波電感，降低電感的體積。

【0059】 3.低電壓應力：高電壓增益的達成，不必操作在極大的導通比，則主開關具有低於輸出電壓的低電壓應力，故可使用導通電阻較小的低額定耐壓 MOSFET，所以可降低導通損失，提升整體效率。

【0060】 4.高升壓增益：轉換器可得到極高的升壓增益。

【0061】 5.高轉換效率：本發明具有能量回饋、可選用低導通電阻 MOSFET、電流分流及二極體無反向恢復問題，使電路導通損失可有效降低。

【0062】 然而前述之實施例或圖式並非限定本發明之產品結構或使

用方式，任何所屬技術領域中具有通常知識者之適當變化或修飾，皆應視為不脫離本發明之專利範疇。

【0063】 綜上所述，本發明實施例確能達到所預期之使用功效，又其所揭露之具體構造，不僅未曾見諸於同類產品中，亦未曾公開於申請前，誠已完全符合專利法之規定與要求，爰依法提出發明專利之申請，懇請惠予審查，並賜准專利，則實感德便。

【符號說明】

【0064】 ( 1 ) 轉換器