

# 發明專利說明書

**【發明名稱】** 交錯式超高升壓轉換器

**【技術領域】**

**【0001】** 本發明是有關一種升壓轉換器，特別是指一種交錯式超高升壓轉換器。

**【先前技術】**

**【0002】** 由於能源的短缺與環境汙染日益嚴重，各國紛紛大力推動綠色能源的發展。綠色能源包含了太陽能、風能、海洋能和燃料電池等等。其中，燃料電池發電系統應用於住宅區的太陽能光電並聯市電的發電系統。以燃料電池供電系統而言，透過所需的氫氣燃料與空氣中的氧氣產生化學反應，進而產生電流及水，不但無汙染也避免了傳統電池充電耗時的問題。

**【0003】** 然而，上述系統有低輸出電壓的限制條件且需要低電流漣波，以延長系統壽命。另一方面，住宅型的太陽能光電系統為了安全性與發電性能，太陽能電池陣列的輸出電壓相對較低，在 220Vac 的市電並聯系統中，為了配合大約 400V 的全橋式變頻器，或大約 760V 的半橋式變頻器，均需要一個高升壓比、高效率的轉換器。

**【0004】** 以往的切換式轉換器，為了增加輸出電壓，須升高責任周期 (Duty ratio) 或將變壓器匝數比提高，而將變壓器匝數比提高會導致變壓器寄生元件增大，使得電路波形產生突波，在元件選擇上就需要挑選耐壓較大的元件，如此將使整體的轉換器成本上升。

**【0005】** 上述缺點都顯現習知升壓轉換器在使用上所衍生的種種問題，長久下來，常常導致轉換效率無法提升，特別是處於相當重視再生能源的時代，確實有必要發

展一種可有效率的轉換電能之技術，以發揮再生能源之產出效益。

### 【發明內容】

【0006】 有鑑於此，本發明之目的，是提供一種交錯式超高升壓轉換器，包含一第一、二電感、一第一輸入電容、一第一、二、三、四、五、六整流二極體、一第一、二功率開關、一第一、二變壓器、一第一、二升壓電容、一第一、二飛輪二極體、一第一、二輸出二極體，及一第一、二倍壓二極體。

【0007】 該第一電感及一第二電感分別包括一電連接一輸入電壓之正極的第一端，及一第二端。該第一輸入電容包括一第一端，及一第二端，該第一端電連接該輸入電壓之正極、該第一、二電感之第一端。該第一整流二極體包括一電連接該第一輸入電容之第二端的第一端，及一第二端。該第二整流二極體包括一電連接該第一輸入電容之第二端的第一端，及一第二端。該第三整流二極體包括一電連接該第一整流二極體之第二端的第一端，及一第二端，且該第一電感之第二端與該第一整流二極體之第二端及該第三整流二極體之第一端電連接。該第四整流二極體包括一電連接該第二整流二極體之第二端的第一端，及一第二端，且該第二電感之第二端與該第二整流二極體之第二端及該第四整流二極體之第一端電連接。該第五整流二極體包括一電連接該第三整流二極體之第二端的第一端，及一第二端。該第六整流二極體包括一電連接該第四整流二極體之第二端的第一端，及一第二端。

【0008】 該第一功率開關包括一第一端，及一電連接該輸入電壓之負極的第二端，該第一端電連接該第三整流二極體之第二端及該第五整流二極體之第一端。該第二功率開關包括一第一端，及一電連接該輸入電壓之負極的

第二端，該第一端電連接該第四整流二極體之第二端及該第六整流二極體之第一端。該第一、二變壓器分別包括一初級側繞組、一次級側繞組，及一三級側繞組，且該初級、次級、三級側繞組皆具有一第一端，及一第二端，該第一、二變壓器之初級側繞組的第一端分別與該第一輸入電容之第二端以及該第一、二整流二極體之第一端電連接，而該第一、二變壓器之初級側繞組的第二端分別與該第五、六整流二極體之第二端電連接。

**【0009】** 該第一、二升壓電容分別包括一第一端，及一第二端，該第二升壓電容之第一端與該第六整流二極體之第二端及該第二變壓器之初級側繞組的第二端電連接，該第二升壓電容之第二端與該第二變壓器之次級側繞組的第一端電連接。該第一飛輪二極體包括一第一端，及一第二端，該第一端與該第六整流二極體之第二端、該第二變壓器之初級側繞組的第二端，及該第二升壓電容之第一端電連接，該第二端與該第一升壓電容之第一端及該第一變壓器之次級側繞組的第一端電連接。該第二飛輪二極體包括一第一端，及一第二端，該第一端與該第二升壓電容之第二端及該第二變壓器之次級側繞組的第一端電連接，該第二端與該第五整流二極體之第二端、該第一升壓電容之第二端及該第一變壓器之初級側繞組的第二端電連接。

**【0010】** 該第一輸出二極體包括一與該第一變壓器之次級側繞組的第二端電連接的第一端，及一第二端。該第二輸出二極體包括一與該第二變壓器之次級側繞組的第二端電連接的第一端，及一電連接一輸出電路之第二端。該第一倍壓二極體包括一電連接該輸出電路的第一端，及一第二端。該第二倍壓二極體包括一與該第一輸出二極體之第二端電連接的第一端，及一第二端，且該第一變壓器

之三級側繞組的第一端分別與該第一、二倍壓二極體之第二端電連接，而該第一變壓器之三級側繞組的第二端與該第二變壓器之三級側繞組的第一端電連接，而該第二變壓器之三級側繞組的第二端電連接該輸出電路。

【0011】 本發明的另一技術手段，是在於上述之輸出電路包括一輸出電壓、一第一、二、三輸出電容，該第一、二、三輸出電容分別包括一第一端，及一第二端，該輸出電壓之正極與該第三輸出電容之第一端電連接，該第三輸出電容之第二端與該第二變壓器之三級側繞組的第二端及該第二輸出電容的第一端電連接，而該第二輸出電容之第二端與該第二輸出二極體之第二端、該第二倍壓二極體之第二端、該第一輸出二極體之第二端，及該第一輸出電容之第一端電連接，該第一輸出電容之第二端與該輸出電壓之負極，及該第二功率開關之第二端電連接。

【0012】 本發明的又一技術手段，是在於上述之第一變壓器之初級側繞組形成有一第一磁化電感，該第二變壓器之初級側繞組形成有一第二磁化電感。

【0013】 本發明的再一技術手段，是在於上述之第一變壓器之三級側繞組及該第二變壓器之三級側繞組形成有一漏電感。

【0014】 本發明的另一技術手段，是在於上述之第一、二功率開關可為 N 通道之金氧場效應電晶體 (MOSFET)。

【0015】 本發明的又一技術手段，是在於上述之第一、二功率開關之第一端為汲極 (Drain)，第二端為源極 (Source)。

【0016】 本發明的再一技術手段，是在於上述之交錯式超高升壓轉換器的電壓增益為  $2+2n+n(1-D)/(1-D)^2$ ，其中，n 為該第一變壓器或該第二變壓器的匝數比，D 為

該第一功率開關或該第二功率開關的導通比。

**【0017】** 本發明之有益功效在於，藉由該第一、二功率開關以  $180^\circ$  的相位差交錯工作，可使降低輸入電流漣波，因此，可使用感值較小之輸入濾波電感，以降低電感的體積，高電壓增益的達成不必操作在極大的導通比，該第一、二功率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，進而提升整體效率，此外，亦可減緩二極體反向恢復問題，使電路導通損失可有效降低，進而提升轉換器之轉換效率，以發揮再生能源之產出效益。

### **【圖式簡單說明】**

#### **【0018】**

圖 1 是一電路圖，說明本發明交錯式超高升壓轉換器之較佳實施例；

圖 2 是一時序波形圖，說明本較佳實施例的操作；

圖 3 是一等效電路圖，說明本較佳實施例操作在預備階段的情況；

圖 4~13 是等效電路圖，說明本較佳實施例操作在第一階段至第十階段的情況；

圖 14 是一示意圖，說明本較佳實施例之模擬電路；

圖 15 是一模擬波形圖，說明本較佳實施例之第一功率開關驅動信號、輸入電壓及輸出電壓的模擬波形；

圖 16 是一模擬波形圖，說明本較佳實施例輸入端之電流的模擬波形；

圖 17 是一模擬波形圖，說明本較佳實施例之第一功率開關的模擬相關波形；

圖 18 是一模擬波形圖，說明本較佳實施例之第二功率開關的模擬相關波形；

圖 19 是一模擬波形圖，說明本較佳實施例之第一、二

飛輪二極體的電壓和電流模擬波形；

圖 20 是一模擬波形圖，說明本較佳實施例之第一、二倍壓二極體的電壓和電流模擬波形；及

圖 21 是一示意圖，說明本較佳實施例之電壓轉換增益對導通比的變化。

### 【實施方式】

【0019】 有關本發明之相關申請專利特色與技術內容，在以下配合參考圖式之較佳實施例的詳細說明中，將可清楚的呈現。

【0020】 參閱圖 1，為本發明交錯式超高升壓轉換器的較佳實施例，該轉換器 1 包含一輸入電壓  $V_{in}$ 、一第一電感  $L_1$ 、一第二電感  $L_2$ 、一第一輸入電容  $C_b$ 、一第一整流二極體  $D_{b1}$ 、一第二整流二極體  $D_{b2}$ 、一第三整流二極體  $D_{a11}$ 、一第四整流二極體  $D_{a21}$ 、一第五整流二極體  $D_{a12}$ 、一第六整流二極體  $D_{a22}$ 、一第一功率開關  $S_1$ 、一第二功率開關  $S_2$ 、一第一變壓器、一第二變壓器、一第一升壓電容  $C_{c1}$ 、一第二升壓電容  $C_{c2}$ 、一第一飛輪二極體  $D_{c1}$ 、一第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、一第一輸出二極體  $D_{e1}$ 、一第二輸出二極體  $D_{e2}$ 、一第一倍壓二極體  $D_{f1}$ 、一第二倍壓二極體  $D_{f2}$ ，及一輸出電路 11。

【0021】 該第一、二電感  $L_1$ 、 $L_2$  分別包括一電連接該輸入電壓  $V_{in}$  之正極的第一端，及一第二端。該第一輸入電容  $C_b$  包括一第一端，及一第二端，該第一端電連接該輸入電壓  $V_{in}$  之正極、該第一、二電感  $L_1$ 、 $L_2$  之第一端。

【0022】 該第一整流二極體  $D_{b1}$  包括一電連接該第一輸入電容  $C_b$  之第二端的第一端，及一第二端。該第二整流二極體  $D_{b2}$  包括一電連接該第一輸入電容  $C_b$  之第二端的第一端，及一第二端。

【0023】 該第三整流二極體  $D_{a11}$  包括一電連接該第

一整流二極體  $D_{b1}$  之第二端的第一端，及一第二端，且該第一電感  $L_1$  之第二端與該第一整流二極體  $D_{b1}$  之第二端及該第三整流二極體  $D_{a11}$  之第一端電連接。

【0024】 該第四整流二極體  $D_{a21}$  包括一電連接該第二整流二極體  $D_{b2}$  之第二端的第一端，及一第二端，且該第二電感  $L_2$  之第二端與該第二整流二極體  $D_{b2}$  之第二端及該第四整流二極體  $D_{a21}$  之第一端電連接。

【0025】 該第五整流二極體  $D_{a12}$  包括一電連接該第三整流二極體  $D_{a11}$  之第二端的第一端，及一第二端。該第六整流二極體  $D_{a22}$  包括一電連接該第四整流二極體  $D_{a21}$  之第二端的第一端，及一第二端。

【0026】 該第一功率開關  $S_1$  包括一第一端，及一電連接該輸入電壓  $V_{in}$  之負極的第二端，該第一端電連接該第三整流二極體  $D_{a11}$  之第二端及該第五整流二極體  $D_{a12}$  之第一端。

【0027】 該第二功率開關  $S_2$  包括一第一端，及一電連接該輸入電壓  $V_{in}$  之負極的第二端，該第一端電連接該第四整流二極體  $D_{a21}$  之第二端及該第六整流二極體  $D_{a22}$  之第一端。

【0028】 其中，該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  可為 N 通道之金氧場效應電晶體(MOSFET)，且該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  之第一端為汲極(Drian)，第二端為源極(Source)。

【0029】 該第一變壓器包括一初級側繞組  $N_{p1}$ 、一次級側繞組  $N_{p2}$ ，及一三級側繞組  $N_{p3}$ ，而該初級、次級、三級側繞組  $N_{p1}$ 、 $N_{p2}$ 、 $N_{p3}$  皆具有一第一端，及一第二端，且該第一變壓器之初級側繞組  $N_{p1}$  形成有一第一磁化電感  $L_{m1}$ 。

【0030】 該第二變壓器  $N_{s1}$  包括一初級側繞組  $N_{s1}$ 、一次級側繞組  $N_{s2}$ ，及一三級側繞組  $N_{s3}$ ，而該初級、次級、

三級側繞組  $N_{s1}$ 、 $N_{s2}$ 、 $N_{s3}$  皆具有一第一端，及一第二端，且該第二變壓器之初級側繞組  $N_{s1}$  形成有一第二磁化電感  $L_{m2}$ 。再者，該第一變壓器之三級側繞組  $N_{p3}$  及該第二變壓器之三級側繞組  $N_{s3}$  形成有一漏電感  $L_s$ 。

【0031】 再者，該第一、二變壓器之初級側繞組  $N_{p1}$ 、 $N_{s1}$  的第一端分別與該第一輸入電容  $C_b$  之第二端，以及該第一、二整流二極體  $D_{b1}$ 、 $D_{b2}$  之第一端電連接，而該第一、二變壓器之初級側繞組  $N_{p1}$ 、 $N_{s1}$  的第二端分別與該第五、六整流二極體  $D_{a12}$ 、 $D_{a22}$  之第二端電連接。

【0032】 該第一、二升壓電容  $C_{c1}$ 、 $C_{c2}$  分別包括一第一端，及一第二端，該第二升壓電容  $C_{c2}$  之第一端與該第六整流二極體  $D_{a22}$  之第二端及該第二變壓器之初級側繞組  $N_{s1}$  的第二端電連接，該第二升壓電容  $C_{c2}$  之第二端與該第二變壓器之次級側繞組  $N_{s2}$  的第一端電連接。

【0033】 該第一飛輪二極體  $D_{c1}$  包括一第一端，及一第二端，該第一端與該第六整流二極體  $D_{a22}$  之第二端、該第二變壓器之初級側繞組  $N_{s1}$  的第二端，及該第二升壓電容  $C_{c2}$  之第一端電連接，該第二端與該第一升壓電容  $C_{c1}$  之第一端，以及該第一變壓器之次級側繞組  $N_{p2}$  的第一端電連接。

【0034】 該第二飛輪二極體  $D_{c2}$  包括一第一端，及一第二端，該第一端與該第二升壓電容  $C_{c2}$  之第二端及該第二變壓器之次級側繞組  $N_{s2}$  的第一端電連接，該第二端與該第五整流二極體  $D_{a12}$  之第二端、該第一升壓電容  $C_{c1}$  之第二端及該第一變壓器之初級側繞組  $N_{p1}$  的第二端電連接。

【0035】 該第一輸出二極體  $D_{e1}$  包括一與該第一變壓器之次級側繞組  $N_{p2}$  的第二端電連接的第一端，及一第二端。該第二輸出二極體  $D_{e2}$  包括一與該第二變壓器之次



級側繞組  $N_{s2}$  的第二端電連接的第一端，及一電連接該輸出電路 11 之第二端。

【0036】 該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  包括一電連接該輸出電路 11 的第一端，及一第二端。該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  包括一與該第一輸出二極體  $D_{e1}$  之第二端電連接的第一端，及一第二端，且該第一變壓器之三級側繞組  $N_{p3}$  的第一端分別與該第一、二倍壓二極體  $D_{f1}$ 、 $D_{f2}$  之第二端電連接，而該第一變壓器之三級側繞組  $N_{p3}$  的第二端與該第二變壓器之三級側繞組  $N_{s3}$  的第一端電連接，而該第二變壓器之三級側繞組  $N_{s3}$  的第二端電連接該輸出電路 11。

【0037】 該輸出電路 11 包括一輸出電壓  $V_o$ 、一第一輸出電容  $C_1$ 、一第二輸出電容  $C_2$ 、一第三輸出電容  $C_3$ ，該第一、二、三輸出電容  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  分別包括一第一端，及一第二端，該輸出電壓  $V_o$  之正極與該第三輸出電容  $C_3$  之第一端電連接，且該第三輸出電容  $C_3$  之第一端電連接該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  之第一端，而該第三輸出電容  $C_3$  之第二端與該第二變壓器之三級側繞組  $N_{s3}$  的第二端之漏電感  $L_s$ ，及該第二輸出電容  $C_2$  的第一端電連接，而該第二輸出電容  $C_2$  之第二端與該第二輸出二極體  $D_{e2}$  之第二端、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  之第二端、該第一輸出二極體  $D_{e1}$  之第二端，及該第一輸出電容  $C_1$  之第一端電連接，該第一輸出電容  $C_1$  之第二端與該輸出電壓  $V_o$  之負極，及該第二功率開關  $S_2$  之第二端電連接。

【0038】 其中，該交錯式超高升壓轉換器的電壓增益為  $2+2n+n(1-D)/(1-D)^2$ ，其中， $n$  為該第一變壓器或該第二變壓器的匝數比， $D$  為該第一功率開關  $S_1$  或該第二功率開關  $S_2$  的導通比。本專利所提出之轉換器 1 具有最高之電壓增益，且當耦合電感匝數比  $n$  越大時，則差距會更加明顯。

【0039】 根據該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、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  $D_{f1}$ ，及該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  之導通與否，可將該轉換器 1 在一個切換週期  $T_s$  的動作分成十個線性階段，其各線性階段之線性等效電路以及主要元件波形如圖中所示，其中，導通的元件以粗實線畫出，而不導通的元件以較淡的細實線畫出，更以箭頭說明電路中實際的電流流向，以下分別針對每一階段進行說明。

【0040】 首先，進行預備階段( $t \sim t_0$ )：

【0041】 配合參閱圖 2、3，該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$  導通，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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  $D_{f2}$  不導通。

【0042】 在預備階段時，該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$ 、導通(on)持續一段時間，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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，此時該第一、二電感  $L_1$ 、 $L_2$  與該第一、二磁化電感  $L_{m1}$ 、 $L_{m2}$  皆因跨該輸入電壓  $V_{in}$  電流則以斜率  $V_{in}/L_1$ 、 $V_{in}/L_{m1}$  線性上升。

【0043】 當該第一功率開關  $S_1$  由 on 切換至 off 時，

該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$  由 on 切換至 off，該第一整流二極體  $D_{b1}$  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。

【0044】 第一階段 ( $t_0 \sim t_1$ ):

【0045】 配合參閱圖 2、4，該第一功率開關  $S_1$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、該第一飛輪二極體  $D_{c1}$ 、該第二輸出二極體  $D_{e2}$ 、該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  不導通，該第二功率開關  $S_2$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體  $D_{e1}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  導通。

【0046】 該第一功率開關  $S_1$  由 on 切換至 off，該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$  由 on 切換至 off，該第一整流二極體  $D_{b1}$  由 off 切換至 on，該第二功率開關  $S_2$  保持為 on，此時該第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體  $D_{e1}$  因輸入電流  $i_{Lk1}$  保持連續而導通，且該第一功率開關  $S_1$  之跨壓  $v_{DS1}$  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  $V_{Cc2}$ ，再者，該第一輸出二極體  $D_{e1}$  之電流  $i_{De1}$  流經該第一變壓器之次級側繞組  $N_{p2}$ ，而使電流能量反饋至該第一變壓器之初級側繞組  $N_{p1}$ ，可降低輸入端電流的提供。另外，該第一磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{Lm1}$  以斜率  $(V_{in} - V_{Cc2})/L_{m1}$  線性下降，當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  上升至  $I_o$ ，會使該第二輸出電容  $C_2$  之電流  $i_{C2}$  換向，而該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第二階段電路動作。

【0047】 第二階段 ( $t_1 \sim t_2$ ):

【0048】 配合參閱圖 2、5，該第一功率開關  $S_1$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、該第一飛輪二極體  $D_{c1}$ 、該第二輸出二極體  $D_{e2}$ 、該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  不導通，該第二功率開關  $S_2$ 、

該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體  $D_{e1}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  導通。

【0049】 該第一功率開關  $S_1$  保持為 off，該第二功率開關  $S_2$  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。當該第一功率開關  $S_1$  由 off 切換至 on 時，則該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第三階段電路動作。

【0050】 第三階段 ( $t_2 \sim t_3$ ):

【0051】 配合參閱圖 2、6，該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  導通，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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  $D_{f1}$  不導通。

【0052】 該第一功率開關  $S_1$  已由 off 轉變為 on，該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$  由 off 切換至 on，該第一整流二極體  $D_{b1}$  因逆向偏壓由 on 切換至 off，該第二功率開關  $S_2$  保持為 on，此階段該第二飛輪二極體  $D_{c2}$  與該第一輸出二極體  $D_{e1}$  因跨逆向偏壓而由 on 轉變為 off，而該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  保持連續，故該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  持續 on。

【0053】 本階段該第一磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{Lm1}$  以斜率  $(V_{in} + nV_{C2})/L_{m1}$  線性上升，該第二磁化電感  $L_{m2}$  之電流  $i_{Lm2}$  以斜率  $(V_{in} - nV_{C2})/L_{m2}$  線性上升，而該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  則以斜率  $-V_{C2}/L_s$  線性下降。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  下降至  $I_o$ ，該第二輸出電容  $C_2$  之電流  $i_{C2}$  換向，則轉換器進入在一個切換週期  $T_s$  下之第四階段電路動作。

【0054】 第四階段( $t_3 \sim t_4$ ):

【0055】 配合參閱圖 2、7，該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  導通，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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  $D_{f1}$  不導通。

【0056】 該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  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，該第二輸出電容  $C_2$  開始對負載釋放能量。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，而該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第五階段電路動作。

【0057】 第五階段( $t_4 \sim t_5$ ):

【0058】 配合參閱圖 2、8，該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$  導通，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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  $D_{f2}$  不導通。

【0059】 該第一磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{L_{m1}}$  及該第二磁化電感  $L_{m2}$  之電流  $i_{L_{m2}}$  分別以斜率  $V_{in}/L_{m1}$  及  $V_{in}/L_{m2}$  線性上升。當該第二功率開關  $S_2$  由 on 切換至 off 時，則該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第六階段電路動作。

【0060】 第六階段( $t_5 \sim t_6$ ):

【0061】 配合參閱圖 2、9，該第一功率開關  $S_1$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第二整

流二極體  $D_{b2}$ 、該第一飛輪二極體  $D_{c1}$ 、該第二輸出二極體  $D_{e2}$ 、該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  導通，該第二功率開關  $S_2$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體  $D_{e1}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  不導通。

【0062】 本階段該第一功率開關  $S_1$  保持為 on，該第二功率開關  $S_2$  由 on 轉變為 off，該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$  由 on 切換至 off，該第二整流二極體  $D_{b2}$  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  $D_{e2}$  因輸入電流  $i_{Lk2}$  保持連續而導通，且該第二功率開關  $S_2$  之跨壓  $V_{DS2}$  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  $V_{C_{c1}}$ 。此時該第二輸出二極體  $D_{e2}$  之電流  $i_{De2}$  流經該第二變壓器之次級側繞組  $N_{s2}$  而使電流能量反饋至該第二變壓器之初級側繞組  $N_{s1}$ ，可降低輸入端電流的提供。另外，該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  為了導通則  $nV_{C_{c1}} - V_{C3}$  必須大於 0，因此，該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  以斜率  $(-nV_{C_{c1}} + V_{C3})/L_s$  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，而該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第七階段電路動作。

【0063】 第七階段 ( $t_6 \sim t_7$ ):

【0064】 配合參閱圖 2、10，該第一功率開關  $S_1$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、該第一飛輪二極體  $D_{c1}$ 、該第二輸出二極體  $D_{e2}$ 、該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  導通，該第二功率開關  $S_2$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二飛輪二極體  $D_{c2}$ 、該第一輸出二極體  $D_{e1}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  不導通。

【0065】 本階段該第一功率開關  $S_1$  保持為 on，該第二功率開關  $S_2$  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。當該第二功率開關  $S_2$  由 off 轉變為 on，則該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第八階段電路動作。

【0066】 第八階段 ( $t_7 \sim t_8$ )：

【0067】 配合參閱圖 2、11，該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  導通，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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  $D_{e2}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  不導通。

【0068】 本階段該第一功率開關  $S_1$  保持為 on，該第二功率開關  $S_2$  由 off 轉變為 on，則該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$  由 off 轉變成 on，該第二整流二極體  $D_{b2}$  因該第二電感  $L_2$  之逆向偏壓  $V_{L2}$  由 on 轉變至 off，此階段該第一飛輪二極體  $D_{c1}$  與該第二輸出二極體  $D_{e2}$  因跨逆向偏壓而由 on 轉變為 off，而因該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  保持連續，故該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  持續 on。

【0069】 該第一磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{Lm1}$  以斜率  $(V_{in} - nV_{C3})/L_{m1}$  線性下降，該第二磁化電感  $L_{m2}$  之電流  $i_{Lm2}$  以斜率  $(V_{in} + nV_{C3})/L_{m2}$  線性上升，而該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  則以斜率  $V_{C3}/L_s$  線性上升。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  上升至  $-I_o$ ，該第三輸出電容  $C_3$  之電流  $i_{C3}$  換向，則該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第九階段電路動作。

【0070】 第九階段 ( $t_8 \sim t_9$ )：

【0071】 配合參閱圖 2、12，該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$ 、該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  導通，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、

該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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  $D_{e2}$ 、該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  不導通。

【0072】 本階段該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$  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  $C_3$  對負載釋放能量。當該漏電感  $L_s$  之電流  $i_{Ls}$  上升至 0，會使該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  由 on 轉變為 off，則該轉換器 1 進入在一個切換週期  $T_s$  下之第十階段電路動作。

【0073】 第十階段 ( $t_9 \sim t_{10}$ )：

【0074】 配合參閱圖 2、13，該第一功率開關  $S_1$ 、該第二功率開關  $S_2$ 、該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$ 、該第四整流二極體  $D_{a21}$ 、該第六整流二極體  $D_{a22}$  導通，該第一整流二極體  $D_{b1}$ 、該第二整流二極體  $D_{b2}$ 、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  $D_{f2}$  不導通。

【0075】 本階段該第一磁化電感  $L_{m1}$  之電流  $i_{Lm1}$  及該第二磁化電感  $L_{m21}$  之電流  $i_{Lm2}$  分別以斜率  $V_{in}/L_{m1}$  及  $V_{in}/L_{m2}$  線性上升。當該第一功率開關  $S_1$  由 on 轉變為 off 時該第三整流二極體  $D_{a11}$ 、該第五整流二極體  $D_{a12}$  由 on 切換至 off，該第一整流二極體  $D_{b1}$  由 off 切換至 on，則該轉換器 1 進入下一階段，完成一週期  $T_s$  下之電路動作。

【0076】 配合參閱圖 14，依據上述電路動作分析，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：輸入電源 ( $V_{in}$ )20V、輸出電壓 ( $V_o$ )400V、輸出功率 ( $P_o$ )500W、切換頻率 ( $f_s$ )40kHz，導通比 (D)0.62，該第一、二磁化電感 ( $L_{m1}$ 、 $L_{m2}$ ) 133  $\mu$ H、該第一輸出電容 ( $C_1$ ) 220  $\mu$ F、該第二、二輸出電容 ( $C_2$ 、 $C_3$ ) 及該第一、二升壓電



容 ( $C_{c1}$ 、 $C_{c2}$ ) 100 $\mu$ F、該第一、二變壓器匝數比 1:1:1、該第一、二電感 ( $L_1$ 、 $L_2$ ) 220 $\mu$ H，模擬與實作波形驗證項目如下。

【0077】 (1) 電氣規格驗證：輸入電壓  $V_{in}$ 、輸出電壓  $V_o$ 、導通比 D

【0078】 配合參閱圖 15，為第一功率開關  $S_1$  驅動信號、輸入電壓  $V_{in}$  及輸出電壓  $V_o$  的模擬波形，其中， $v_{gs}(S_1)$  為該第一功率開關  $S_1$  之驅動信號。由模擬結果可知輸入電壓  $V_{in}=20$  V、輸出電壓  $V_o=400$  V，滿足電氣之需求規格。該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  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，進而降低電感的體積。

【0079】 (2) 輸入電流漣波相消： $i_{Lk1}$ 、 $i_{Lk2}$ 、 $i_{in}$

【0080】 配合參閱圖 16，為輸入端之電流  $i_{Lk1}$ 、 $i_{Lk2}$ 、 $i_{in}$  的模擬波形，其中， $i_{Lk1}$ 、 $i_{Lk2}$  為該第一、二變壓器之電流， $i_{in}$  為輸入電流，由於該轉換器 1 以交錯  $180^\circ$  依序導通的驅動方式操作，因此，該第一、二變壓器之電流  $i_{Lk1}$ 、 $i_{Lk2}$  漣波相差  $180^\circ$ ，又，因  $i_{Lk1}$ 、 $i_{Lk2}$  之漣波可以相消以降低輸入電流  $i_{in}$  之漣波。由模擬結果可知，當電感電流漣波和約為 10A，輸入電流漣波約為 2.34A，輸入電流  $i_{in}$  確實因交錯式操作，而有漣波相消的性能。

【0081】 (3) 該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  的低電壓應力： $(v_{gs}(S_1)$ ， $v_{ds}(S_1)$ ， $V_{Cc2}$ )及 $(v_{gs}(S_2)$ ， $v_{ds}(S_2)$ ， $V_{Cc1}$ )

【0082】 配合參閱圖 17、18，分別為該第一功率開關  $S_1$  與該第二功率開關  $S_2$  的模擬相關波形，其中， $v_{gs}(S_1)$  為該第一功率開關  $S_1$  之驅動信號， $v_{gs}(S_2)$  為該第二功率開關  $S_2$  之驅動信號， $v_{ds}(S_1)$  為該第一功率開關  $S_1$  之跨壓， $v_{ds}(S_2)$  為該第二功率開關  $S_2$  之跨壓， $V_{Cc1}$  為該第一升壓電容  $C_{c1}$  之電壓， $V_{Cc2}$  為該第二升壓電容  $C_{c2}$  之電壓。

【0083】 由於該轉換器 1 加入該第一升壓電容  $C_{c1}$ 、該第二升壓電容  $C_{c2}$ ，因此，該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  的跨壓將會被該第一升壓電容  $C_{c1}$ 、該第二升壓電容  $C_{c2}$  限制住： $v_{ds(S1,max)} = 120\text{ V}$ 、 $v_{ds(S2,max)} = 120\text{ V}$ ，因此，而該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  的跨壓也約為  $120\text{ V}$ ，可知該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  確實擁有遠低於輸出電壓的低電壓應力。

【0084】 進一步地，由於該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  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之金氧場效應電晶體(MOSFET)，以降低導通損失，提升整體效率。

【0085】 (4) 減緩二極體反向恢復問題： $(v_{Dc1}$ ， $i_{Dc1}$ ， $v_{Dc2}$ ， $i_{Dc2}$ )、 $(v_{Df1}$ ， $i_{Df1}$ ， $v_{Df2}$ ， $i_{Df2}$ )

【0086】 配合參閱圖 19、20，分別為該第一、二飛輪二極體  $D_{c1}$ 、 $D_{c2}$ ，及該第一、二倍壓二極體  $D_{f1}$ 、 $D_{f2}$  的電壓和電流模擬波形，其中， $v_{Dc1}$ 、 $i_{Dc1}$  為該第一飛輪二極體  $D_{c1}$  的電壓和電流， $v_{Dc2}$ 、 $i_{Dc2}$  為該第二飛輪二極體  $D_{c2}$  的電壓和電流， $v_{Df1}$ 、 $i_{Df1}$  為該第一倍壓二極體  $D_{f1}$  的電壓和電流， $v_{Df2}$ 、 $i_{Df2}$  為該第二倍壓二極體  $D_{f2}$  的電壓和電流。

【0087】 由模擬結果可知，該第一、二飛輪二極體  $D_{c1}$ 、 $D_{c2}$  電流先降至零才轉態為 off，所以無反向恢復問題，而該第一、二倍壓二極體  $D_{f1}$ 、 $D_{f2}$  之電流只有一段微小的逆向恢復電流，因此本發明所提出之架構，能夠減緩反向恢復問題及 EMI 雜訊干擾。

【0088】 配合參閱圖 21，為本發明之轉換器的電壓轉換增益 Voltage Gain 對導通比 Duty Ratio 變化的模擬示意圖。當該導通比 D 的值為 0.6，該匝數比 n 的值為 1 時，該電壓轉換增益的值為 30，當該導通比 D 的值為 0.6，該匝數比 n 的值為 3 時，該電壓轉換增益 CG 的值為 62，當

該導通比  $D$  的值為 0.6，該匝數比  $n$  的值為 5 時，該電壓轉換增益  $CG$  的值為 95。

【0089】 綜上所述，本發明交錯式超高升壓轉換器確實具有以下功效增進之處：

【0090】 一、高功率應用：本發明提出交錯式的升壓轉換器，其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，以適合應用於高功率的場合。

【0091】 二、高電力密度：該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  以  $180^\circ$  的相位差交錯工作，可使降低輸入電流漣波，因此，可使用感值較小之輸入濾波電感，以降低電感的體積。

【0092】 三、低電壓應力：高電壓增益的達成，不必操作在極大的導通比，則該第一、二功率開關  $S_1$ 、 $S_2$  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，進而提升整體效率。

【0093】 四、高升壓增益且高轉換效率：本專利提出交錯式超高升壓轉換器，可得到極高的升壓增益，具有電流分流且可選用低導通電阻 MOSFET，此外，亦可減緩二極體反向恢復問題，以有效降低電路導通損失，進而提升轉換器之整體效率，故確實可以達成本發明之目的。

【0094】 惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及發明說明內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

**【符號說明】**

**【0095】**

- 1      轉換器
- 11     輸出電路