



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203457048 U

(45) 授权公告日 2014. 02. 26

(21) 申请号 201320394059. 4

(22) 申请日 2013. 07. 04

(73) 专利权人 常州集能易新能源技术有限公司  
地址 213300 江苏省常州市溧阳市江苏中关村科技产业园泓口路218号C幢210室

(72) 发明人 姚华文 孟庆远 宋美恩

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司  
31001

代理人 金碎平

(51) Int. Cl.  
H02M 3/10(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

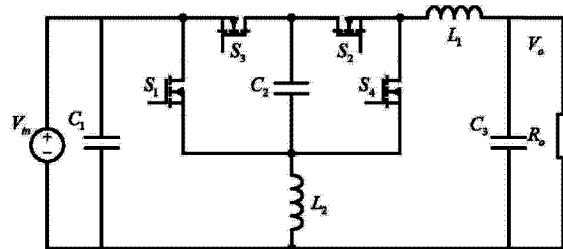
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种低纹波四开关升降压直流变换器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种低纹波四开关升降压直流变换器,包括输入源、三个滤波电容、第一开关管、第二开关管、第三开关管、第四开关管、两个滤波电感和负载,所述输入源的两端并联有第一滤波电容,所述负载的两端并联有第三滤波电容,所述第一开关管和第三开关管互补导通,所述第二开关管和第四开关管互补导通。本实用新型提供的低纹波四开关升降压直流变换器,所述输入源和输出之间为单级功率变换且保证电流连续,从而提高变换效率,有效降低了直流变换器输入输出端的纹波,适用于对电流纹波要求较小的场合。



1. 一种低纹波四开关升降压直流变换器,其特征在于,包括输入源、第一滤波电容 ( $C_1$ )、第一开关管 ( $S_1$ )、第二开关管 ( $S_2$ )、第二滤波电容 ( $C_2$ )、第三开关管 ( $S_3$ )、第四开关管 ( $S_4$ )、第一电感 ( $L_1$ )、第二电感 ( $L_2$ )、第三滤波电容 ( $C_3$ ) 和负载 ( $R_o$ ),所述输入源的正极连于第一滤波电容 ( $C_1$ ) 的一端、第一开关管 ( $S_1$ ) 的漏极和第三开关管 ( $S_3$ ) 的源极,所述第三开关管 ( $S_3$ ) 的漏极连于第二滤波电容 ( $C_2$ ) 的一端和第二开关管 ( $S_2$ ) 的漏极,所述第二开关管 ( $S_2$ ) 的源极连于第四开关管 ( $S_4$ ) 的漏极和第一电感 ( $L_1$ ) 的一端,所述第四开关管 ( $S_4$ ) 的源极连于第二滤波电容 ( $C_2$ ) 的另一端、第一开关管 ( $S_1$ ) 的源极和第二电感 ( $L_2$ ) 的一端,所述第一电感 ( $L_1$ ) 的另一端连于第三滤波电容 ( $C_3$ ) 的一端和负载 ( $R_o$ ) 的一端,所述负载 ( $R_o$ ) 的另一端连于第三滤波电容 ( $C_3$ ) 的另一端、第二电感 ( $L_2$ ) 的另一端、第一滤波电容 ( $C_1$ ) 的另一端和输入源 ( $V_{in}$ ) 的负极。

## 一种低纹波四开关升降压直流变换器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种升降压直流变换器,尤其涉及一种低纹波四开关升降压直流变换器,属于电力电子变换器技术领域。

### 背景技术

[0002] 升降压直流变换器在光伏发电系统、可再生能源供电系统、蓄电池充放电等电压宽范围变化的场合具有广泛的应用前景。低纹波是直流-直流变换器所关注的重要性能指标,不仅可以减小滤波器的体积和重量,还可以有效改善输入源或负载的电能质量。在光伏发电应用场合,升降压变换器通常作为前级直流变换器与光伏电池相连,低纹波可以有效保证最大功率点跟踪具有良好的性能。

[0003] 传统的单开关管升降压直流变换器,如 Buck/Boost、Flyback、SEPIC 和 Cuk 变换器等,虽然能够实现升降压变换的功能,但它们存在诸如器件应力高、体积重量大、输入输出反极性问题,限制了它们在某些场合的应用。

[0004] 请参见图 1,现有的四开关升降压直流变换器只使用一个电感  $L_1$ ,拓扑结构简洁、功率密度高,但输入和输出端的电流都断续,不满足低纹波场合的应用需求。为了实现输入输出端的低纹波,需要额外在其输入输出端增加滤波器,增加了变换器的体积、重量和成本。

### 实用新型内容

[0005] 本实用新型所要解决的技术问题是提供一种低纹波四开关升降压直流变换器,能够有效降低直流变换器输入输出端的纹波,且不需要额外增加滤波器,不会增加变换器的体积、重量和成本。

[0006] 本实用新型为解决上述技术问题而采用的技术方案是提供一种低纹波四开关升降压直流变换器,包括输入源、第一滤波电容、第一开关管、第二开关管、第二滤波电容、第三开关管、第四开关管、第一电感、第二电感、第三滤波电容和负载,所述输入源的正极连于第一滤波电容的一端、第一开关管的漏极和第三开关管的源极,所述第三开关管的漏极连于第二滤波电容的一端和第二开关管的漏极,所述第二开关管的源极连于第四开关管的漏极和第一电感的一端,所述第四开关管的源极连于第二滤波电容的另一端、第一开关管的源极和第二电感的一端,所述第一电感的另一端连于第三滤波电容的一端和负载的一端,所述负载的另一端连于第三滤波电容的另一端、第二电感的另一端、第一滤波电容的另一端和输入源的负极。

[0007] 本实用新型对比现有技术有如下的有益效果:本实用新型提供的低纹波四开关升降压直流变换器,所述输入源和输出之间为单级功率变换且保证电流连续,从而提高变换效率,有效降低了直流变换器输入输出端的纹波,适用于对电流纹波要求较小的场合。

### 附图说明

[0008] 图 1 为现有四开关升降压直流变换器电路原理图；

[0009] 图 2 为本实用新型低纹波四开关升降压直流变换器电路原理图；

[0010] 图 3 为本实用新型低纹波四开关升降压直流变换器在升压和降压两种工作模式下的等效电路图；

[0011] 图 4(a) 为本实用新型直流变换器在升压工作模式开关模态 1 下的等效电路图；图

4(b) 为本实用新型直流变换器在升压工作模式开关模态 2 下的等效电路图；

[0012] 图 5(a) 为本实用新型直流变换器在降压工作模式开关模态 1 下的等效电路图；图

5(b) 为本实用新型直流变换器在降压工作模式开关模态 2 下的等效电路图。

### 具体实施方式

[0013] 下面结合附图对本实用新型的技术方案进行详细说明。

[0014] 图 2 为本实用新型低纹波四开关升降压直流变换器电路原理图。

[0015] 请参见图 2, 本实用新型提供的低纹波四开关升降压直流变换器, 由输入源  $V_{in}$ 、第一滤波电容  $C_1$ 、第一开关管  $S_1$ 、第二开关管  $S_2$ 、第二滤波电容  $C_2$ 、第三开关管  $S_3$ 、第四开关管  $S_4$ 、第一电感  $L_1$ 、第二电感  $L_2$ 、第三滤波电容  $C_3$  和负载  $R_o$  构成, 其中, 输入源  $V_{in}$  的正极连于第一滤波电容  $C_1$  的一端、第一开关管  $S_1$  的漏极和第三开关管  $S_3$  的源极, 第三开关管  $S_3$  的漏极连于第二滤波电容  $C_2$  的一端和第二开关管  $S_2$  的漏极, 第二开关管  $S_2$  的源极连于第四开关管  $S_4$  的漏极和第一电感  $L_1$  的一端, 第四开关管  $S_4$  的源极连于第二滤波电容  $C_2$  的另一端、第一开关管  $S_1$  的源极和第二电感  $L_2$  的一端, 第一电感  $L_1$  的另一端连于第三滤波电容  $C_3$  的一端和负载  $R_o$  的一端, 负载  $R_o$  的另一端连于第三滤波电容  $C_3$  的另一端、第二电感  $L_2$  的另一端、第一滤波电容  $C_1$  的另一端和输入源  $V_{in}$  的负极。

[0016] 本实用新型提供的低纹波四开关升降压直流变换器, 其控制方法如下: 所述第一开关管  $S_1$  和第三开关管  $S_3$  互补导通, 第二开关管  $S_2$  和第四开关管  $S_4$  互补导通, 在升压模式, 第一开关管  $S_1$  和第三开关管  $S_3$  高频开关工作, 第二开关管  $S_2$  保持直通而第四开关管  $S_4$  保持关断; 在降压模式, 第二开关管  $S_2$  和第四开关管  $S_4$  高频开关工作, 第三开关管  $S_3$  保持直通而第一开关管  $S_1$  保持关断。

[0017] 下面结合附图 3 ~ 5 详细说明本实用新型提供的低纹波四开关升降压直流变换器的工作过程。

[0018] 根据输入、输出电压大小关系, 变换器可以有升压和降压两种工作模式。开关管  $S_1$ 、 $S_2$  的占空比分别记为  $d_1$ 、 $d_2$ , 输出电压记为  $V_o$ , 则在电感电流连续的情况下, 变换器工作进入稳态时输入、输出电压关系为:

$$[0019] \quad V_o = \frac{d_2 V_{in}}{1-d_1} \quad (1)$$

[0020] 当  $V_{in} < V_o$  时, 变换器工作在升压模式, 此时,  $S_1$ 、 $S_3$  处于开关状态,  $S_2$  一直导通,  $S_4$  一直关断, 其等效电路如图 3(a) 所示; 当  $V_{in} > V_o$  时, 变换器工作在降压模式, 此时,  $S_2$ 、 $S_4$  处于开关状态,  $S_1$  一直关断,  $S_3$  一直导通, 其等效电路如图 3(b) 所示。

[0021] 下面详细分析在两种工作模式下变换器的工作模态。电感  $L_1$ 、 $L_2$  的电流分别记为  $i_{L1}$ 、 $i_{L2}$ 。假设所有电感、电容和开关管都为理想器件, 忽略电容  $C_1$  和  $C_3$  上的电压纹波, 则电容  $C_1$  的电压等于输入源电压  $V_{in}$ , 电容  $C_3$  的电压等于负载两端电压  $V_o$ , 且电感  $L_2$  中的电流为

平滑的直流。因此,对于电感 $L_2$ 而言,仅需要较小的电感值就可以实现输入输出电流连续。

[0022] 在升压和降压模式,变换器均有两种开关模态。

[0023] (1) 升压模式

[0024] 工作模态 1,如图 4(a) 所示: $S_1$  开通, $S_3$  关断, $i_{L1}$ 、 $i_{L2}$  满足:

$$[0025] \quad \begin{cases} \frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_{in} + V_{c2} - V_o}{L_1} \\ \frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in}}{L_2} \end{cases} \quad (2)$$

[0026] 工作模态 2,如图 4(b) 所示: $S_1$  关断, $S_3$  导通, $i_{L1}$ 、 $i_{L2}$  满足:

$$[0027] \quad \begin{cases} \frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_{in} - V_o}{L_1} \\ \frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in} - V_{c2}}{L_2} \end{cases} \quad (3)$$

[0028] 由电感伏秒平衡原理,整理式(2~3),可以得到输入、输出电压关系:

$$[0029] \quad \begin{cases} V_o = \frac{V_{in}}{1-d_1} \\ V_{c2} = V_o \end{cases} \quad (4)$$

[0030] (2) 降压模式

[0031] 工作模态 1,如图 5(a) 所示: $S_2$  开通, $S_4$  关断, $i_{L1}$ 、 $i_{L2}$  满足:

$$[0032] \quad \begin{cases} \frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_{in} - V_o}{L_1} \\ \frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in} - V_{c2}}{L_2} \end{cases} \quad (5)$$

[0033] 工作模态 2,如图 5(b) 所示: $S_2$  关断, $S_4$  导通, $i_{L1}$ 、 $i_{L2}$  满足:

$$[0034] \quad \begin{cases} \frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_{in} - V_{c2} - V_o}{L_1} \\ \frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in} - V_{c2}}{L_2} \end{cases} \quad (6)$$

[0035] 由电感伏秒平衡原理,整理式(2~3),可以得到输入、输出电压关系:

$$[0036] \quad \begin{cases} V_o = d_2 V_{in} \\ V_{c2} = V_{in} \end{cases} \quad (7)$$

[0037] 由于 $d_1$ 和 $d_2$ 可以在 $0 \sim 1$ 之间任意变化,因此调节 $S_1$ 和 $S_2$ 的占空比就能够适应任意的输入输出电压,满足宽范围升降压变换的应用需求。同时,变换器输入、输出电流连续,适用于对电流纹波要求较小的场合。

[0038] 综上所述,本实用新型提供的低纹波四开关升降压直流变换器,所述输入源和输出之间为单级功率变换且保证电流连续,从而提高变换效率,有效降低了直流变换器输入输出端的纹波,适用于对电流纹波要求较小的场合。具体优点如下:(1) 输入、输出电流均连续,可以满足光伏发电等低电流纹波应用场合需求;(2) 滤波电感体积小、重量轻、成本

低,变换器功率密度高;(3)可以实现宽范围升降压变换。

[0039] 虽然本实用新型已以较佳实施例揭示如上,然其并非用以限定本实用新型,任何本领域技术人员,在不脱离本实用新型的精神和范围内,当可作些许的修改和完善,因此本实用新型的保护范围当以权利要求书所界定的为准。

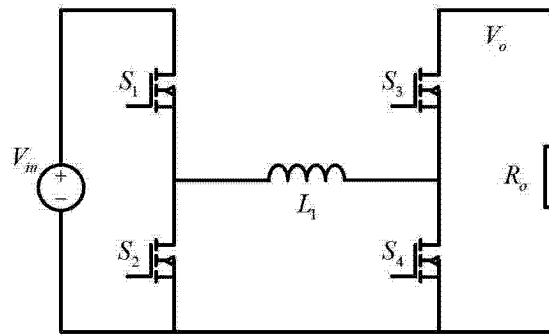


图 1

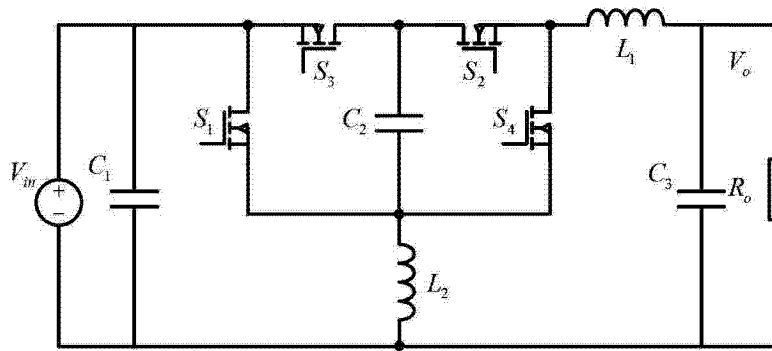


图 2

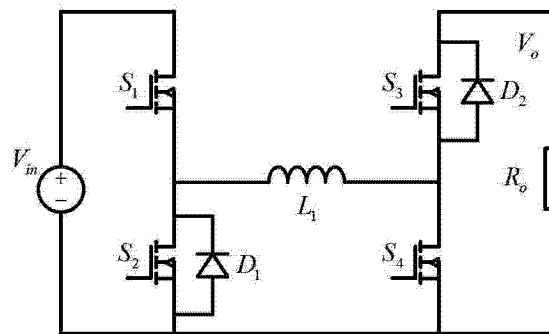
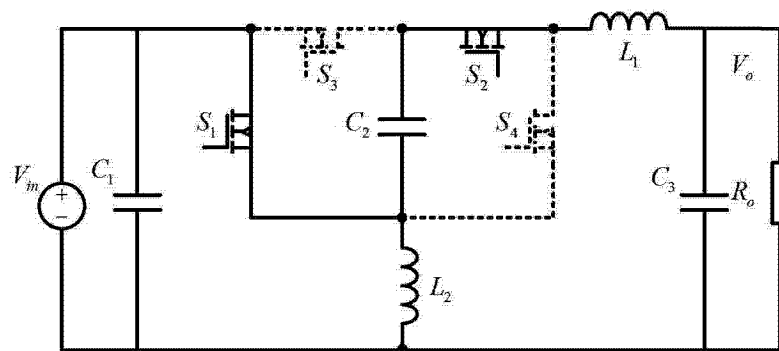
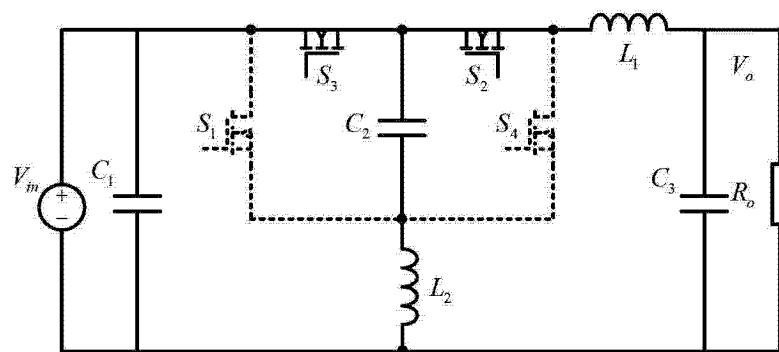


图 3



(a)



(b)

图 4



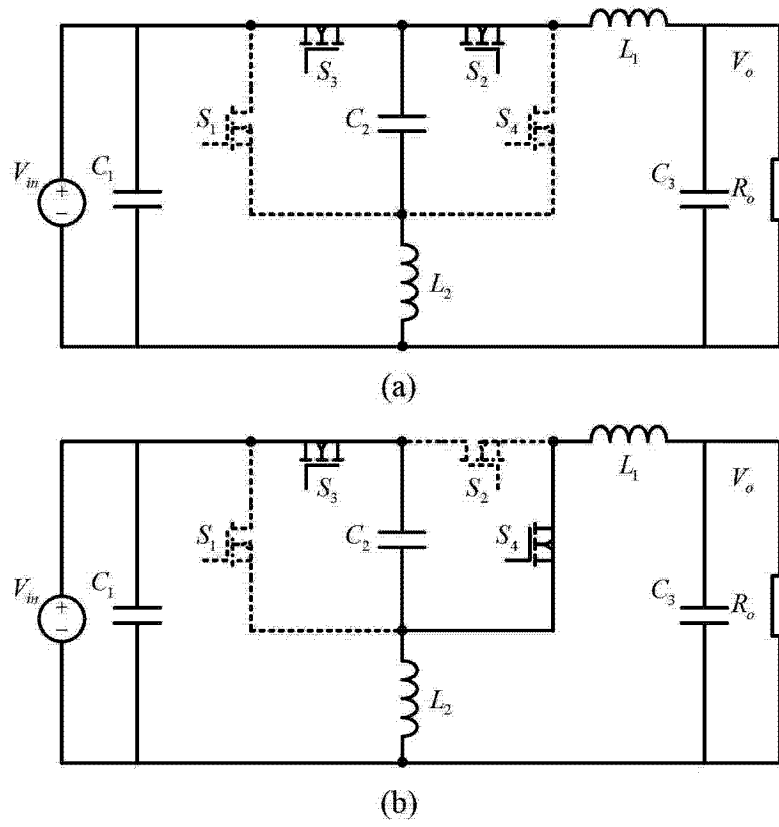


图 5