



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108988634 B

(45)授权公告日 2020.04.21

(21)申请号 201811008710.3

H02M 1/14(2006.01)

(22)申请日 2018.08.31

审查员 郑悦

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108988634 A

(43)申请公布日 2018.12.11

(73)专利权人 南京工程学院

地址 211167 江苏省南京市江宁科学园弘景大道1号

专利权人 南京康尼环网开关设备有限公司

(72)发明人 张丽 李先允 周喜章 戴宁

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林 俞翠华

(51)Int.Cl.

H02M 3/158(2006.01)

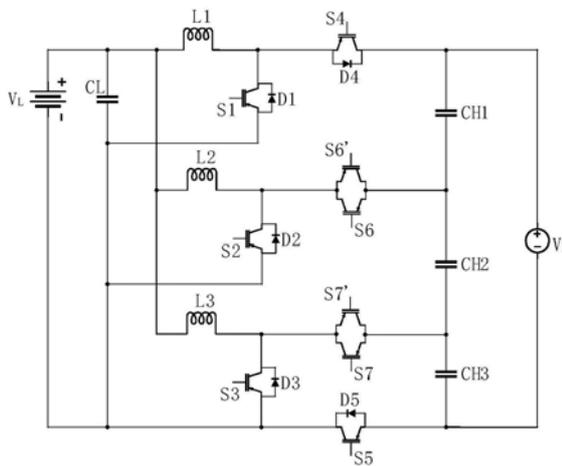
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

一种三相交错式双向大变比DCDC变换器及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种三相交错式双向大变比DCDC变换器及其控制方法,包括顺次相连的低压侧、桥臂单元和高压侧,所述低压侧与第一电源相连;所述高压侧与第二电源相连;根据第二电源的电压值与基准值的差值,以及第一电源与第二电源之间的电压关系,对三相交错式双向大变比DCDC变换器进行不同时序的控制,实现Boost和Buck两种工作模式。本发明的三相交错式双向大变比DCDC变换器工作在Boost方向时,输入端交错并联减小了输入电流纹波,输出端交错串联提高了升压变比;三相交错式双向大变比DCDC变换器工作在Buck方向时,输入端交错串联,输出端交错并联,具有较大的降压比,同时减小输出电流纹波。



1. 一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,包括顺次相连的低压侧、桥臂单元和高压侧,其特征在于:所述桥臂单元包括顺次并联的第一桥臂模块、第二桥臂模块和第三桥臂模块;

所述第一桥臂模块包括第一电感、第一开关管和第二开关管;

所述第二桥臂模块包括第二电感、第三开关管和第四开关管;

所述第三桥臂模块包括第三电感、第五开关管、第六开关管和第七开关管;

其中,所述第一电感、第二电感和第三电感的第一端均连接到低压侧的正端;所述第一电感、第二电感和第三电感的第二端分别与第一开关管、第三开关管和第五开关管的第一端相连;所述第一开关管、第三开关管、第五开关管的第二端和第七开关管的第一端均连接到低压侧的负端;所述低压侧的正端和负端分别用于与第一电源的正极和负极相连;

所述第一电感、第二电感和第三电感的第二端还分别与第二开关管、第四开关管和第六开关管的第二端相连;所述第二开关管、第四开关管、第六开关管的第一端和第七开关管的第二端顺次分别连接到高压侧,其中第二开关管的第一端与高压侧的正端相连;所述第七开关管的第二端与高压侧的负端相连;所述高压侧的正端和负端分别用于与第二电源的正极和负极相连;

所述高压侧包括顺次设置的高压侧第一电容、高压侧第二电容和高压侧第三电容,所述高压侧第一电容设于第二开关管和第四开关管之间;所述高压侧第二电容设于第四开关管和第六开关管之间;所述高压侧第三电容设于第六开关管和第七开关管之间。

2. 根据权利要求1所述的一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,其特征在于:所述低压侧包括低压侧电容;所述第一电感、第二电感和第三电感的第一端均连接到低压侧电容的正端;所述第一开关管、第三开关管、第五开关管的第二端和第七开关管的第一端均连接到低压侧电容的负端。

3. 根据权利要求1所述的一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,其特征在于:所述第一开关管、第二开关管、第三开关管、第五开关管和第七开关管均由晶体管并联体二极管组成,第四开关管和第六开关管均由两个反向并联的晶体管组成。

4. 根据权利要求3所述的一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,其特征在于:所述第一开关管、第二开关管、第三开关管、第五开关管和第七开关管的第一端和第二端分别为集电极和发射极。

5. 根据权利要求1所述的一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,其特征在于:所述第一开关管和第二开关管的驱动信号反相;所述第三开关管和第四开关管的驱动信号反相;所述第五开关管和第六开关管的驱动信号反相。

6. 根据权利要求1所述的一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,其特征在于:所述第一开关管、第三开关管和第五开关管的驱动信号间隔 $120^\circ$ 。

7. 一种三相交错式双向大变比DCDC变换器的控制方法,其特征在于,包括:

获取第二电源对第一电源进行充放电的控制需求;

采样当前第一电源的电压和第二电源的电压;

当第二电源电压低于基准值时,在一个控制周期中依次采用T1-T6时序控制所述权利要求1-6中任一项所述的三相交错式双向大变比DCDC变换器,使其工作在Boost模式,第一电源处于放电模式;

当第二电源电压高于基准值时,在一个控制周期中依次采用T1'-T6' 时序控制所述权利要求1-6中任一项所述的三相交错式双向大变比DCDC变换器,使其工作在Buck模式,第一电源处于充电模式。

8. 根据权利要求7所述的三相交错式双向大变比DCDC变换器的控制方法,其特征在于:所述第一开关管、第二开关管、第三开关管、第五开关管和第七开关管均由晶体管并联体二极管组成,第四开关管和第六开关管均由两个反向并联的晶体管组成;

当处于T1、T3和T5时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管和第五开关管均导通,其余开关管均关断;

当处于T2时序的控制下,所述第一开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管均导通,其余开关管均关断;

当处于T4时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管、第六开关管和第七开关管均导通,其余开关管均关断;

当处于T6时序的控制下,所述第二开关管、第三开关管、第四开关管和第五开关管均导通,其余开关管均关断。

9. 根据权利要求7所述的三相交错式双向大变比DCDC变换器的控制方法,其特征在于:所述第一开关管、第二开关管、第三开关管、第五开关管和第七开关管均由晶体管并联体二极管组成,第四开关管和第六开关管均由两个反向并联的晶体管组成;

当处于T1' 时序的控制下:所述第二开关管、第三开关管、第四开关管和第五开关管均导通,其余开关管均关断;

当处于T3' 时序的控制下,所述第一开关管、第四开关管、第五开关管、第六开关管均导通,其余开关管均关断;

当处于T5' 时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管、第六开关管和第七开关管均导通,其余开关管均关断;

当处于T2'、T4' 和T6' 时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管、第五开关管均导通,其余开关管均关断。

## 一种三相交错式双向大变比DCDC变换器及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力电子技术领域,具体涉及一种三相交错式双向大变比DCDC变换器及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 直流-直流变换器,简称DC-DC变换器,是将一种直流电源变换为其他具有不同输出特性的直流电源的电力电子装置。通过对电力电子器件的快速通断控制把恒定直流电压斩成一系列脉冲电压,通过控制占空比的变化改变这一系列脉冲系列的脉冲宽度,实现输出电压平均值的调节,得到目标直流电压。广泛应用于太阳能发电、不间断电源等领域。

[0003] 传统双向直流变换器可以实现能量双向变换,在功能上相当于一个基本Boost变换器和一个基本Buck变换器,结构简单,成本低,无变压损耗的优点,但存在着输入电流和输出电流纹波大、容量小、滤波元件大等缺点。

[0004] 目前,DCDC变换器的应用越来越广泛,已有三相交错并联双向DCDC变换器把三个电感电流交错并联,降低了输入电流纹波,有利于改善变换器的效率优化变换器的动态响应。但是,三相交错并联双向直流变换器没有提高变压比,难以适用于输入输出电压变换比大的场合。

### 发明内容

[0005] 针对上述问题,本发明提出一种三相交错式双向大变比DCDC变换器及其控制方法,用于降低电流纹波,提高变压比,实现直流电的转换。

[0006] 实现上述技术目的,达到上述技术效果,本发明通过以下技术方案实现:

[0007] 第一方面,本发明提供了一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,包括顺次相连的低压侧、桥臂单元和高压侧,所述桥臂单元包括顺次并联的第一桥臂模块、第二桥臂模块和第三桥臂模块;

[0008] 所述第一桥臂模块包括第一电感、第一开关管和第二开关管;

[0009] 所述第二桥臂模块包括第二电感、第三开关管和第四开关管;

[0010] 所述第三桥臂模块包括第三电感、第五开关管、第六开关管和第七开关管;

[0011] 其中,所述第一电感、第二电感和第三电感的第一端均连接到低压侧的正端;所述第一电感、第二电感和第三电感的第二端分别与第一开关管、第三开关管和第五开关管的第一端相连;所述第一开关管、第三开关管、第五开关管的第二端和第七开关管的第一端均连接到低压侧的负端;所述低压侧的正端和负端分别用于与第一电源的正极和负极相连;

[0012] 所述第一电感、第二电感和第三电感的第二端还分别与第二开关管、第四开关管和第六开关管的第二端相连;所述第二开关管、第四开关管、第六开关管的第一端和第七开关管的第二端顺次分别连接到高压侧,其中第二开关管的第一端与高压侧的正端相连;所述第七开关管的第二端与高压侧的负端相连;所述高压侧的正端和负端分别用于与第二电源的正极和负极相连。

[0013] 优选地,所述低压侧包括低压侧电容;所述第一电感、第二电感和第三电感的第一端均连接到低压侧电容的正端;所述第一开关管、第三开关管、第五开关管的第二端和第七开关管的第一端均连接到低压侧电容的负端。

[0014] 优选地,所述高压侧包括顺次设置的高压侧第一电容、高压侧第二电容和高压侧第三电容,所述高压侧第一电容设于第二开关管和第四开关管之间;所述高压侧第二电容设于第四开关管和第六开关管之间;所述高压侧第三电容设于第六开关管和第七开关管之间。

[0015] 优选地,所述第一开关管、第二开关管、第三开关管、第五开关管和第七开关管均由晶体管并联体二极管组成,第四开关管和第六开关管均由两个反向并联的晶体管组成。

[0016] 优选地,所述第一开关管、第二开关管、第三开关管、第五开关管和第七开关管的第一端和第二端分别为集电极和发射极。

[0017] 优选地,所述第一开关管和第二开关管的驱动信号反相;所述第三开关管和第四开关管的驱动信号反相;所述第五开关管和第六开关管的驱动信号反相。

[0018] 优选地,所述第一开关管、第三开关管和第五开关管的驱动信号间隔 $120^\circ$ 。

[0019] 第二方面,本发明提供了一种三相交错式双向大变比DCDC变换器的控制方法,包括:

[0020] 获取第二电源对第一电源进行充放电的控制需求;

[0021] 采样当前第一电源的电压和第二电源的电压;

[0022] 当第二电源电压低于基准值时,在一个控制周期中依次采用T1-T6时序控制第一方面中所述的三相交错式双向大变比DCDC变换器,使其工作在Boost模式,第一电源处于放电模式;

[0023] 当第二电源电压高于基准值时,在一个控制周期中依次采用T1'-T6' 时序控制第一方面中所述的三相交错式双向大变比DCDC变换器,使其工作在Buck模式,第一电源处于充电模式。

[0024] 优选地,所述第一开关管、第二开关管、第三开关管、第五开关管和第七开关管均由晶体管并联体二极管组成,第四开关管和第六开关管均由两个反向并联的晶体管组成;

[0025] 当处于T1、T3和T5时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管和第五开关管均导通,其余开关管均关断;

[0026] 当处于T2时序的控制下,所述第一开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管均导通,其余开关管均关断;

[0027] 当处于T4时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管、第六开关管和第七开关管均导通,其余开关管均关断;

[0028] 当处于T6时序的控制下,所述第二开关管、第三开关管、第四开关管和第五开关管均导通,其余开关管均关断。

[0029] 优选地,当处于T1' 时序的控制下:所述第二开关管、第三开关管、第四开关管和第五开关管均导通,其余开关管均关断;

[0030] 当处于T3' 时序的控制下,所述第一开关管、第四开关管、第五开关管、第六开关管均导通,其余开关管均关断;

[0031] 当处于T5' 时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管、第六开关管和第七开关

管均导通,其余开关管均关断;

[0032] 当处于T2'、T4'和T6'时序的控制下,所述第一开关管、第三开关管、第五开关管均导通,其余开关管均关断。

[0033] 本发明所提供的三相交错式DCDC变换器及其控制方法,可根据第二电源的电压值与基准值的差值进行双向变换,实现升降压变换,与现有技术相比,具有以下有益效果:

[0034] (1)当三相交错式DCDC变换器工作在Boost方向时,输入端进行交错并联减小了输入电流纹波,输出端进行交错串联提高了升压变比;当三相交错式DCDC变换器工作在Buck方向时,输入端进行交错串联,输出端进行交错并联,具有较大的降压变比,同时减小了输出电流纹波。

[0035] (2)在两种工作模式下,第一开关管S1、第三开关管S2、第五开关管S3和第六开关管S7(S7')承受的最大电压应力为高压侧电压的1/3,第七开关管S5和第四开关管S6(S6')承受的最大电压应力为高压侧电压的2/3,第二开关管S4承受的最大电压应力等于高压侧电压,功率器件的电压应力得到了降低,因此可以选用容量较小的储能元件,更适用于大功率场合,利于延长蓄电池使用寿命。

[0036] (3)电感储能和释能两种状态的转换,以及每个开关管中的电流在IGBT和体二极管中转换,使得功率回路不一致,有利于功率管分散散热,降低散热要求,提高系统应用的可靠性。

[0037] (4)能够实现能量双向流动,有利于系统控制稳定;驱动对称控制,控制方案简单。

## 附图说明

[0038] 图1为本发明一种实施例中的三相交错式双向大变比DCDC变换器的拓扑图;

[0039] 图2为本发明一种实施例中第二电源电压低于基准值时的Boost电路的时序图;

[0040] 图3为本发明一种实施例中第二电源电压高于基准值时的Buck电路的时序图;

[0041] 图4为图2中T1、T3、T5时序电流流向图;

[0042] 图5为图2中T2时序电流流向图;

[0043] 图6为图2中T4时序电流流向图;

[0044] 图7为图2中T6时序电流流向图;

[0045] 图8为图3中T1'时序电流流向图;

[0046] 图9为图3中T3'时序电流流向图;

[0047] 图10为图3中T5'时序电流流向图;

[0048] 图11为图3中T2'、T4'、T6'时序电流流向。

## 具体实施方式

[0049] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0050] 下面结合附图对本发明的应用原理作详细的描述。

[0051] 实施例1

[0052] 本发明实施例提供了一种三相交错式双向大变比DCDC变换器,图1为本发明实施

例提供的一种三相交错式双向大变比DCDC变换器的拓扑图。如图1所示,该三相交错式双向大变比DCDC变换器包括:低压侧电容CL、桥臂单元(分别为第一桥臂模块、第二桥臂模块和第三桥臂模块)和与第一桥臂模块、第二桥臂模块和第三桥臂模块连接的高压侧电容(分别记为高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3)。所述高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3的参数均相同。

[0053] 第一桥臂模块包括第一电感L1、第一开关管S1,第二开关管S4;所述第二桥臂模块包括第二电感L2、第三开关管S2,第四开关管(由S6和S6'反向并联组成),第三桥臂模块包括第三电感L3、第五开关管S3、第六开关管(由S7和S7'反向并联组成)和第七开关管S5;其中,每个桥臂模块上的电感参数均相同。

[0054] 在本发明实施例的一种具体实施方式中,具体连接关系如下:

[0055] 1) 所述第一桥臂模块的具体连接关系为:第一桥臂模块中的第一开关管S1的集电极与第一桥臂的第二开关管S4的发射极相连,并连接第一桥臂的第一电感L1的第二端,第二开关管S4的集电极与高压侧第一电容CH1的第一端连接。需要说明的是,高压侧第一电容CH1是有极性的,高压侧第一电容CH1的第一端为正极,高压侧第一电容CH1的第二端为负极。

[0056] 2) 所述第二桥臂模块的具体连接关系为:第二桥臂模块的第三开关管S2的集电极与第二桥臂模块的第四开关管(由S6和S6'反向并联组成)中的S6的集电极相连,并连接第二桥臂模块的第二电感L2的第二端,第四开关管中的S6的发射极与高压侧第二电容CH2的第一端连接。需要说明的是,高压侧第二电容CH2是有极性的,高压侧第二电容CH2的第一端为正极,高压侧第二电容CH2的第二端为负极。

[0057] 3) 所述第三桥臂模块的具体连接关系为:第三桥臂模块的第五开关管S3的集电极与第三桥臂模块的第六开关管(由S7和S7'反向并联组成)中的S7的集电极相连,并连接第三桥臂的第三电感L3的第二端,第六开关管中的S7的发射极与高压侧第三电容CH3的第一端连接。需要说明的是,高压侧第三电容CH3是有极性的,高压侧第三电容CH3的第一端为正极,高压侧第三电容CH3的第二端为负极。

[0058] 第一桥臂模块对应的高压侧第一电容CH1的第二端与第二桥臂模块对应的高压侧第二电容CH2的第一端相连,第二桥臂模块对应的高压侧第二电容CH2的第二端与第三桥臂模块对应的高压侧第三电容CH3的第一端相连,第三桥臂模块对应的高压侧第三电容CH3的第二端与第三桥臂模块中的第七开关管S5的发射极相连。

[0059] 第一桥臂模块中的第一开关管S1的发射极、第二桥臂模块中的第三开关管S2的发射极与第三桥臂模块中的第五开关管S3的发射极相连,作为第一电源的负端,第一桥臂模块中的第一电感L1的第一端、第二桥臂模块中的第二电感L2的第一端与第三桥臂模块中的第三电感L3的第一端相连,作为第一电源的正端。

[0060] 第一桥臂模块对应的高压侧第一电容CH1的第一端作为第二电源的正端,第三桥臂模块对应的高压侧第三电容CH3的第二端作为第二电源的负端。

[0061] 需要说明的是,图1中的拓扑结构中的第一电源为蓄电池组,第二电源为直流母线,但是具体实施中,第一电源和第二电源可以具体情况选取,并不只限于图1中所示的场景。

[0062] 实施例2

[0063] 基于实施例1中的三相交错式双向大变比DCDC变换器,可以实现以下两种变换:

[0064] 1、当第二电源电压低于基准值时构造Boost电路,实现对第一电源放电;

[0065] 2、当第二电源电压高于基准值时构造Buck电路,实现对第一电源充电;

[0066] 本发明实施例提供了一种三相交错式双向大变比DCDC变换器的控制方法,为了让本领域技术人员更加清楚本发明所提供的DCDC双向变换器的控制方法,以下结合开关管的控制时序和附图,对控制方法作进一步说明。

[0067] 1、当第二电源电压低于基准值时构造Boost电路,实现对第一电源的放电控制,控制方法具体为:

[0068] 当需要控制第一电源的放电,且第二电源电压低于基准值时,在一个开关周期内依次采用如图2所示的T1、T2、T3、T4、T5、T6时序控制所述三相交错式双向大变比DCDC变换器,具体如下:

[0069] T1、T3、T5时序:第一桥臂模块中的第一开关管、第二桥臂模块中的第三开关管和第三桥臂模块中的第五开关管均导通,其余开关管均关断。如图4所示,此时,电流流向为,低压侧电容CL的第一端(即第一电源的正端)通过第一桥臂模块中的第一电感L1、第一桥臂模块中的第一开关管S1,至低压侧电容CL的第二端(即第一电源的负端);低压侧电容CL的第一端通过第二桥臂模块中的第二电感L2、第二桥臂模块中的第三开关管S2,至低压侧电容CL的第二端;低压侧电容CL的第一端通过第三桥臂模块中的第三电感L3、第三桥臂模块中的第五开关管S3,至低压侧电容CL的第二端。定义第一桥臂模块中的第一电感L1的电流方向从左向右为电流“正”流向,第二桥臂模块中的第二电感L2的电流方向从左向右为电流“正”流向,第三桥臂模块中的第三电感L3的电流方向从左向右为电流“正”流向,在下文中均采用该定义。该过程中,第一桥臂模块中的第一电感L1、第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3的电流均为“正”流向,且电流逐渐增大,第一桥臂模块中的第一电感L1、第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3均储能,直到下一时序。

[0070] 高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3首尾相连,电流由第一电容CH1的第一端流向第二电源的正端,从第二电源的负端流回第三电容CH3的负端,定义高压侧第一电容CH1的电流方向从上向下为电流“正”流向,高压侧第二电容CH2的电流方向从上向下为电流“正”流向,高压侧第三电容CH3的电流方向从上向下为电流“正”流向,在下文中均采用该定义。该过程中,高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3释能,高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第二电源充电,直到下一时序。

[0071] T2时序:第一桥臂模块中的第一开关管、第二桥臂模块中的第四开关管、第三桥臂模块中的第五开关管和第六开关管均导通,其余开关管均关断。如图5所示,此时,电流流向为,低压侧电容CL的第一端通过第一桥臂模块中的第一电感L1、第一桥臂模块中的第一开关管S1,至低压侧电容CL的第二端;低压侧电容CL的第一端通过第二桥臂模块中的第二电感L2、第二桥臂模块中的第四开关管中的S6、高压侧第二电容CH2、第三桥臂模块中的第六开关管中的S7'、第三桥臂模块中的第五开关管S3,至低压侧电容CL的第二端;低压侧电容CL的第一端通过第三桥臂模块中的第三电感L3、第三桥臂模块中的第五开关管S3,至低压侧电容CL的第二端。该过程中,第一桥臂模块中的第一电感L1和第三桥臂模块中的第三电

感L3均为“正”流向,且电流逐渐增大,第一桥臂模块中的第一电感L1和第三桥臂模块中的第三电感L3均储能,第二桥臂模块中的第二电感L2的电流为“正”流向,但电流逐渐减小,、第二桥臂模块中的第二电感L2释能,向高压侧第二电容CH2充电,直到下一时序。

[0072] 高压侧第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3首尾相连,电流由第一电容CH1的第一端流向第二电源的正端,从第二电源的负端流回第三电容CH3的负端。该过程中,第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3释能,第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第二电源充电,直到下一时序。

[0073] T4时序:第一桥臂模块中的第一开关管、第二桥臂模块中的第三开关管、第三桥臂模块中的第六开关管和第七开关管均导通,其余开关管均关断。如图6所示,此时,电流流向为,低压侧电容CL的第一端通过第一桥臂模块中的第一电感L1、第一桥臂模块中的第一开关管S1,至低压侧电容CL的第二端;低压侧电容CL的第一端通过第二桥臂模块中的第二电感L2、第二桥臂模块中的第三开关管S2,至低压侧电容CL的第二端;低压侧电容CL的第一端通过第三桥臂模块中的第三电感L3、第三桥臂模块中的第六开关管中的S7、高压侧第三电容CH3、第三桥臂模块中的第七开关管S5的体二极管D5,至低压侧电容CL的第二端。该过程中,第一桥臂模块中的第一电感L1和第二桥臂模块中的第二电感L2均为“正”流向,且电流逐渐增大,第一桥臂模块中的第一电感L1和第二桥臂模块中的第二电感L2均储能,第三桥臂模块中的第三电感L3的电流为“正”流向,但电流逐渐减小,第三桥臂模块中的第三电感L3释能,向高压侧第三电容CH3充电,直到下一时序。

[0074] 高压侧第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3首尾相连,电流由第一电容CH1的第一端流向第二电源的正端,从第二电源的负端流回第三电容CH3的负端。该过程中,第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3释能,第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第二电源充电,直到下一时序。

[0075] T6时序:第一桥臂模块中的第二开关管、第二桥臂模块中的第三、第四开关管和第三桥臂模块中的第五开关管均导通,其余开关管均关断。如图7所示,此时,电流流向为,低压侧电容CL的第一端通过第一桥臂模块中的第一电感L1、第一桥臂模块中的第二开关管S4的体二极管D4、高压侧第一电容CH1、第二桥臂模块中第四开关管中的S6'、第二桥臂模块中的第三开关管S2,至低压侧电容CL的第二端;低压侧电容CL的第一端通过第二桥臂模块中的第二电感L2、第二桥臂模块中的第三开关管S2,至低压侧电容CL的第二端;低压侧电容CL的第一端通过第三桥臂模块中的第三电感L3、第三桥臂模块中的第五开关管S3,至低压侧电容CL的第二端。该过程中,第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3均为“正”流向,且电流逐渐增大,第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3均储能,第一桥臂模块中的第一电感L1的电流为“正”流向,但电流逐渐减小,第一桥臂模块中的第一电感L1释能,向高压侧第一电容CH1充电,直到下一时序。

[0076] 高压侧第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3首尾相连,电流由第一电容CH1的第一端流向第二电源的正端,从第二电源的负端流回第三电容CH3的负端。该过程中,第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3释能,第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第二电源充电,直到下一时序。

[0077] 2、当第二电源电压高于基准值时构造Buck电路,实现对第一电源的充电控制,方法如下:

[0078] T1' 时序:第一桥臂模块中第二开关管、第二桥臂模块中第三、第四开关管和第三桥臂模块中第五开关管均导通,其余开关管均关断。如图8所示,此时,电流流向为,高压侧第一电容CH1的第一端通过第一桥臂模块中的第二开关管S4、第一桥臂模块中的第一电感L1、低压侧电容CL、第二桥臂模块中的第三开关管S2的体二极管D2、第二桥臂模块中第四开关管中的S6回至高压侧第一电容CH1的第二端;第二桥臂模块中第二电感L2通过低压侧电容CL、第二桥臂模块中的第三开关管S2的体二极管D2回至第二桥臂模块中第二电感L2进行释能;第三桥臂模块中第三电感L3通过低压侧电容CL、第三桥臂模块中的第五开关管S3的体二极管D3回至第三桥臂模块中第三电感L3进行释能。该过程中,第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第一电源充电,第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3均释能,第一桥臂模块中的第一电感L1的电流为“负”流向,但电流逐渐增大,第一桥臂模块中的第一电感L1储能,高压侧第一电容CH1向第一桥臂模块中第一电感L1和第一电源充电,直到下一时序。

[0079] 高压侧第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3首尾相连,电流由第二电源的正端通过高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3流回第二电源的负端。该过程中,高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3均储能,电流均为“正”流向,且电流逐渐增大,直到下一时序。

[0080] T3' 时序:第一桥臂模块中第一开关管、第二桥臂模块中第四开关管和第三桥臂模块中第五、第六开关管均导通,其余开关管均关断。如图9所示,此时,电流流向为,第一桥臂模块中第一电感L1通过低压侧电容CL、第一桥臂模块中的第一开关管S1的体二极管D1回至第一桥臂模块中第一电感L1进行释能;高压侧第二电容CH2的第一端通过第二桥臂模块中的第四开关管中的S6'、第二桥臂模块中的第二电感L2、低压侧电容CL、第三桥臂模块中的第五开关管S3的体二极管D3、第三桥臂模块中第六开关管中的S7回至高压侧第二电容CH2的第二端;第三桥臂模块中第三电感L3通过低压侧电容CL、第三桥臂模块中的第五开关管S3的体二极管D3回至第三桥臂模块中第三电感L3进行释能。该过程中,第一桥臂模块中的第一电感L1和第三桥臂模块中的第三电感L3均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第一电源充电,第一桥臂模块中的第一电感L1和第三桥臂模块中的第三电感L3均释能,第二桥臂模块中的第二电感L2的电流为“负”流向,但电流逐渐增大,第二桥臂模块中的第二电感L2储能,高压侧第二电容CH2向第二桥臂模块中第二电感L2和第一电源充电,直到下一时序。

[0081] 高压侧第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3首尾相连,电流由第二电源的正端通过高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3流回第二电源的负端。该过程中,高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3均储能,电流均为“正”流向,且电流逐渐增大,直到下一时序。

[0082] T5' 时序:第一桥臂模块中第一开关管、第二桥臂模块中第三开关管和第三桥臂模块中第六、第七开关管均导通,其余开关管均关断。如图10所示,此时,电流流向为,第一桥臂模块中第一电感L1通过低压侧电容CL、第一桥臂模块中的第一开关管S1的体二极管D1回至第一桥臂模块中第一电感L1进行释能;第二桥臂模块中第二电感L2通过低压侧电容CL、第二桥臂模块中的第三开关管S2的体二极管D2回至第二桥臂模块中第二电感L2进行释能;高压侧第三电容CH3的第一端通过第三桥臂模块中的第六开关管中的S7'、第三桥臂模块中的第三电感L3、低压侧电容CL、第三桥臂模块中的第七开关管S5回至高压侧第三电容CH3的

第二端;该过程中,第一桥臂模块中的第一电感L1和第二桥臂模块中的第二电感L2均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第一电源充电,第一桥臂模块中的第一电感L1和第二桥臂模块中的第二电感L2均释能,第三桥臂模块中的第三电感L3的电流为“负”流向,但电流逐渐增大,第三桥臂模块中的第三电感L3储能,高压侧第三电容CH3向第三桥臂模块中第三电感L3和第一电源充电,直到下一时序。

[0083] 高压侧第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3首尾相连,电流由第二电源的正端通过高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3流回第二电源的负端。该过程中,高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3均储能,电流均为“正”流向,且电流逐渐增大,直到下一时序。

[0084] T2'、T4' 和T6' 时序:第一桥臂模块中第一开关管、第二桥臂模块中第三开关管和第三桥臂模块中第五开关管均导通,其余开关管均关断。如图11所示,此时,电流流向为,第一桥臂模块中第一电感L1通过低压侧电容CL、第一桥臂模块中的第一开关管S1的体二极管D1回至第一桥臂模块中第一电感L1进行释能;第二桥臂模块中第二电感L2通过低压侧电容CL、第二桥臂模块中的第三开关管S2的体二极管D2回至第二桥臂模块中第二电感L2进行释能;第三桥臂模块中第三电感L3通过低压侧电容CL、第三桥臂模块中的第五开关管S3的体二极管D3回至第三桥臂模块中第三电感L3进行释能。该过程中,第一桥臂模块中的第一电感L1、第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3均为“负”流向,且电流逐渐减小,向第一电源充电,第一桥臂模块中的第一电感L1、第二桥臂模块中的第二电感L2和第三桥臂模块中的第三电感L3均释能,直到下一时序。

[0085] 高压侧第一电容CH1、第二电容CH2和第三电容CH3首尾相连,电流由第二电源的正端通过高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3流回第二电源的负端。该过程中,高压侧第一电容CH1、高压侧第二电容CH2和高压侧第三电容CH3均储能,电流均为“正”流向,且电流逐渐增大,直到下一时序。

[0086] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

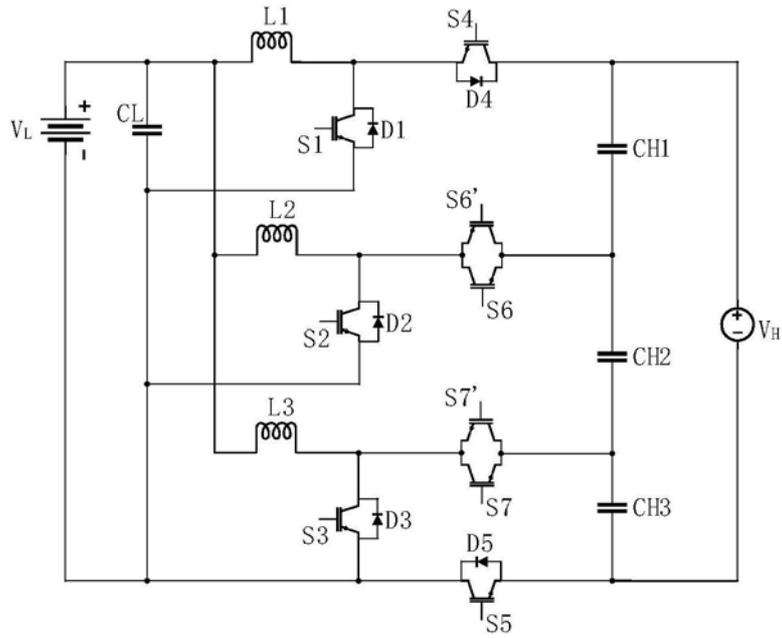


图1

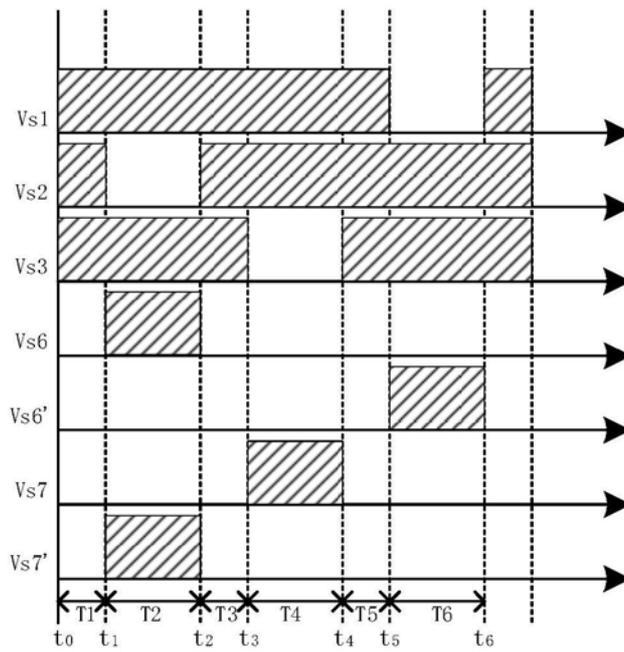


图2

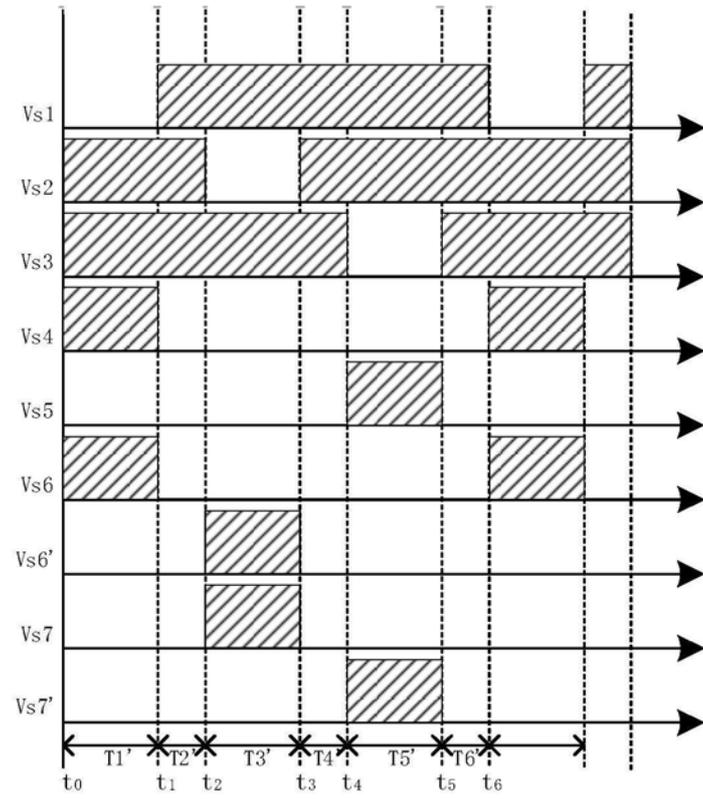


图3

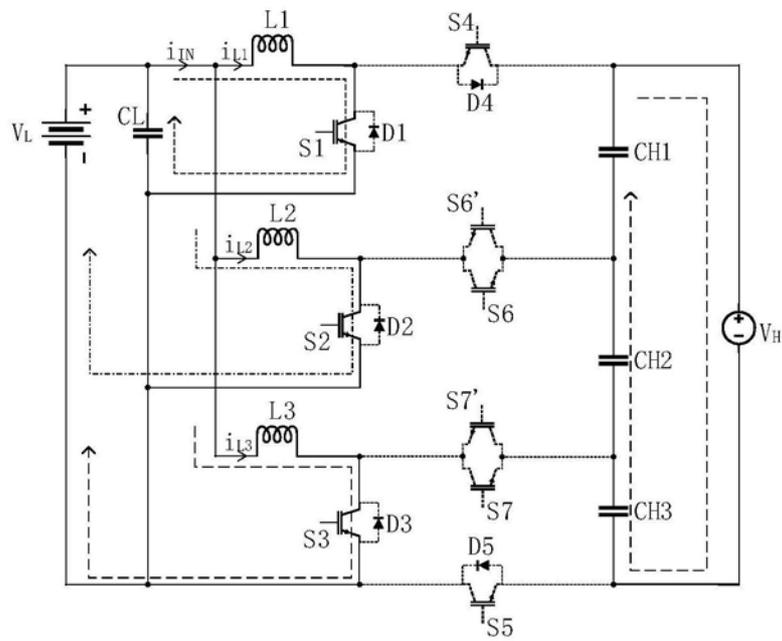


图4

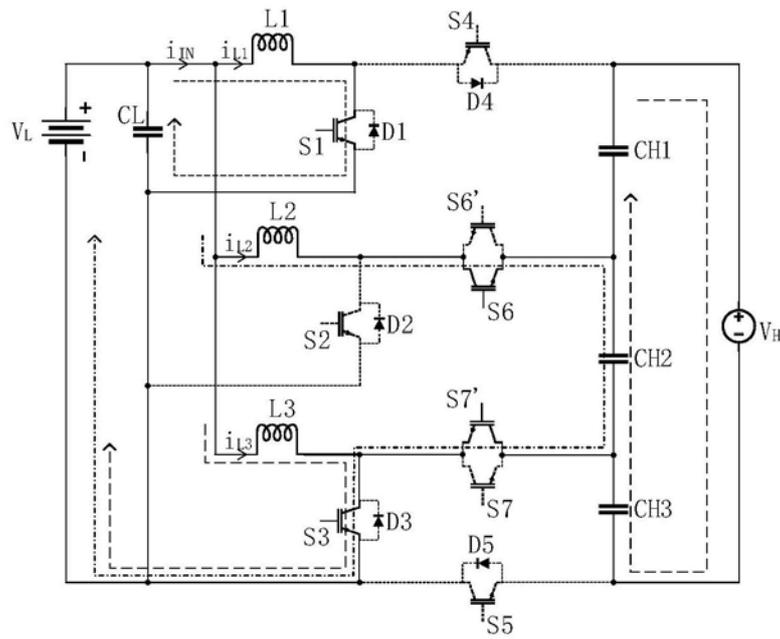


图5

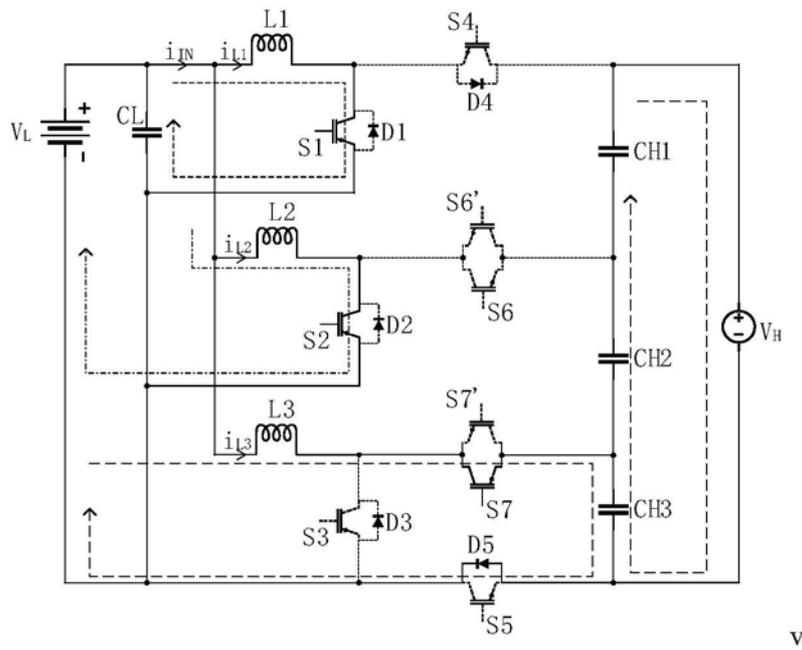


图6

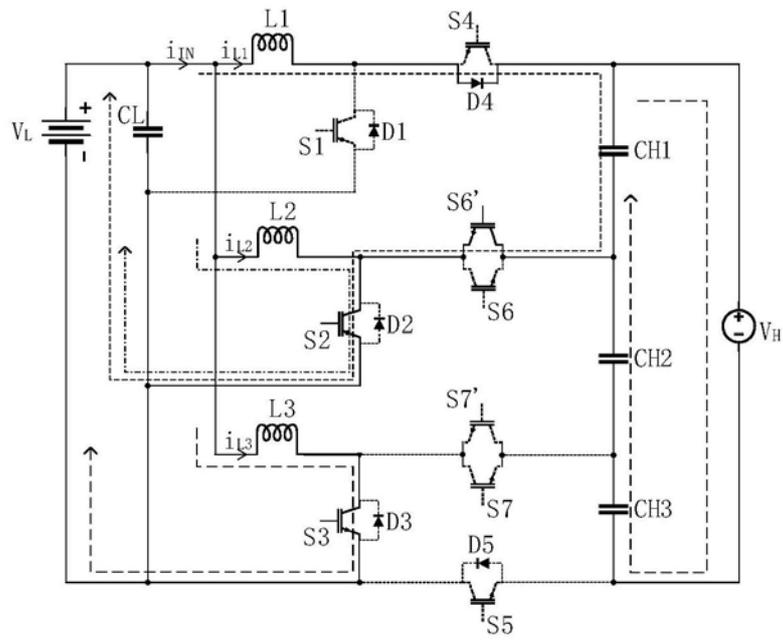


图7

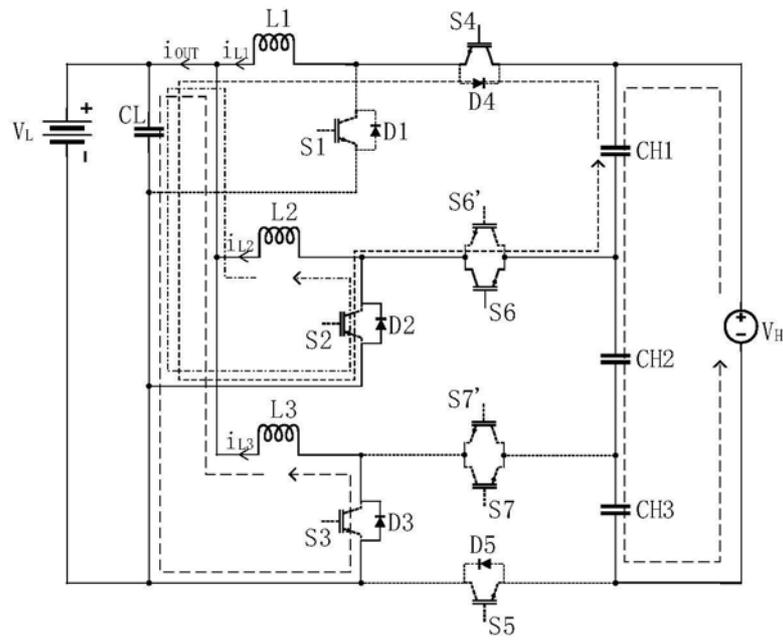


图8

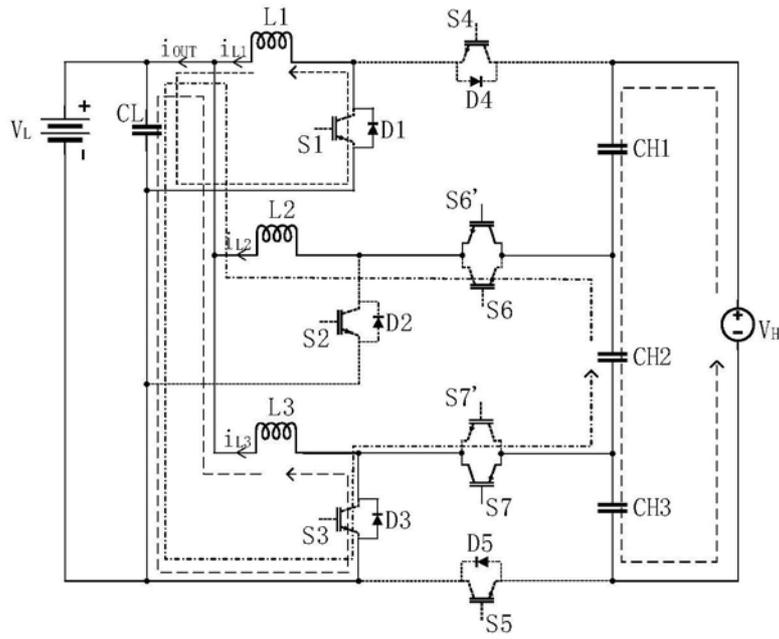


图9

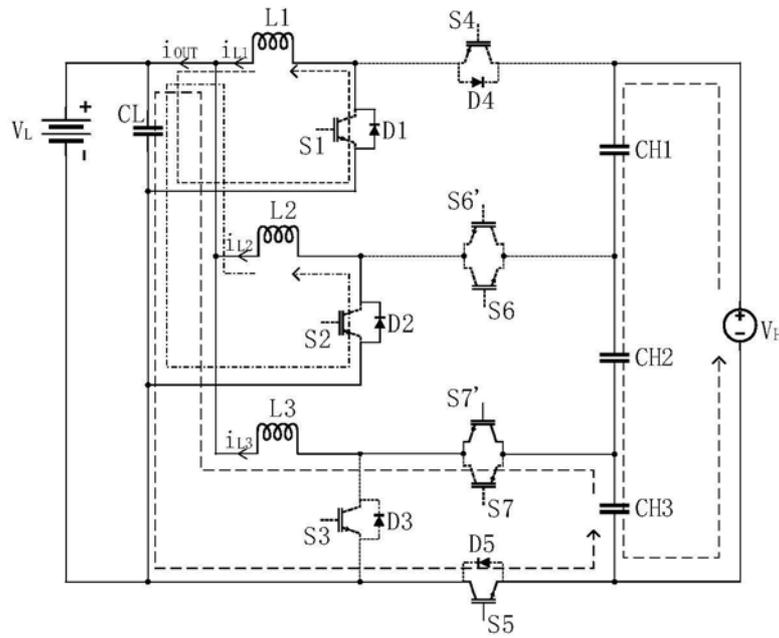


图10

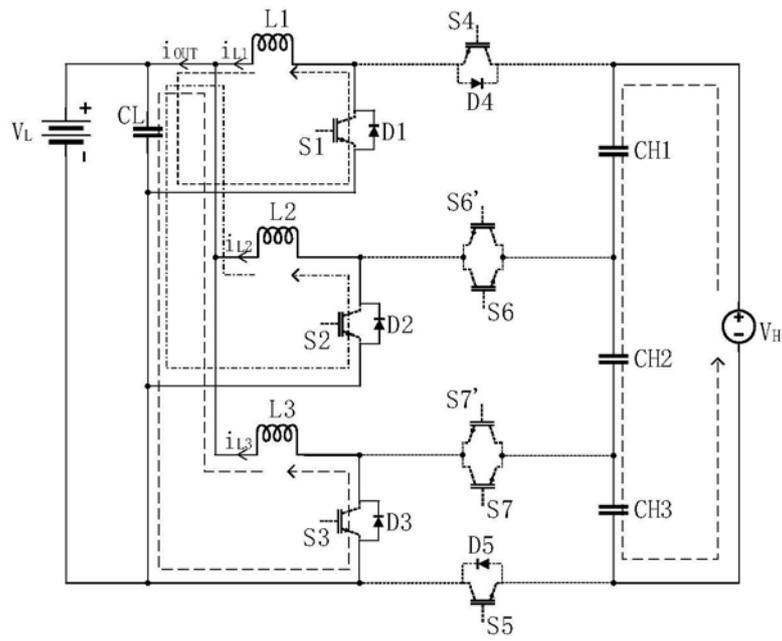


图11