



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109245541 A

(43)申请公布日 2019.01.18

(21)申请号 201811168875.7

(22)申请日 2018.10.08

(71)申请人 东北大学

地址 110169 辽宁省沈阳市浑南区创新路
195号

(72)发明人 宋崇辉 韩涛 刁乃哲 孙先瑞
杨明 王堃 徐涛

(74)专利代理机构 北京易捷胜知识产权代理事
务所(普通合伙) 11613

代理人 韩国胜

(51)Int.Cl.

H02M 3/335(2006.01)

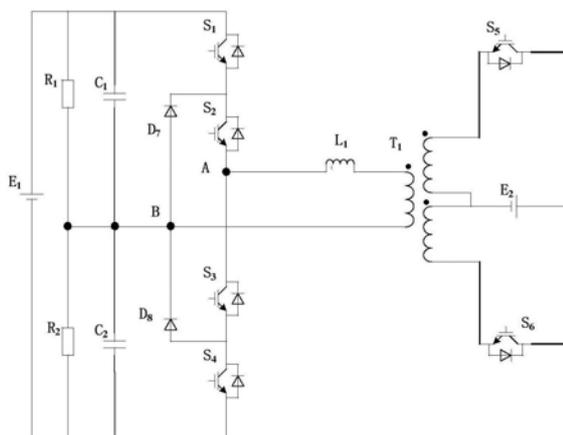
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

双向直流变换器电路拓扑结构

(57)摘要

本发明涉及一种双向直流变换器电路拓扑结构,所述电路拓扑结构包括高压侧电路、低压侧电路以及连接于高压侧电路和低压侧电路之间的高频变压器;包括六个开关管、两个母线电容、一个大功率电感、一个高频变压器、两个均压电阻和两个箝位二极管,对应两侧有直流电源。本发明减少了可控开关管的使用数量,降低了对高频变压器高压侧的绝缘要求,有效的降低了成本;同时减小了回流功率,提高了整体效率,可广泛应用于直流转换变比高的场合。



1. 一种双向直流变换器电路拓扑结构,其特征在于,所述电路拓扑结构包括高压侧电路、低压侧电路以及连接于高压侧电路和低压侧电路之间高频变压器(T₁);

所述高压侧电路包括,依次同向串联后接于高压侧电源(E₁)两端的第一~第四开关管,依次同向串联后接于高压侧电源(E₁)两端的第一母线电容(C₁)和第二母线电容(C₂),依次串联后接于高压侧电源(E₁)两端的第一均压电阻(R₁)和第二均压电阻(R₂),以及依次同向串联的第一箝位二极管(D₇)和第二箝位二极管(D₈);

所述第一母线电容(C₁)的正极接高压侧电源(E₁)的正极,所述第二母线电容(C₂)的负极接高压侧电源(E₁)的负极;所述第一箝位二极管(D₇)的阴极接第一开关管(S₁)和第二开关管(S₂)之间,所述第二箝位二极管(D₈)的阳极接第三开关管(S₃)和第四开关管(S₄)之间;所述第一开关管(S₁)的集电极接高压侧电源(E₁)的正极,第四开关管(S₄)的发射极接高压侧电源(E₁)的负极,所述第二开关管(S₂)和第三开关管(S₃)之间接输出端子;

所述低压侧电路包括,第五开关管(S₅)、第六开关管(S₆)以及低压侧电源(E₂);

所述高频变压器(T₁)包括与高压侧电路连接的高压绕组,与低压侧电路连接的上绕组和下绕组;

所述上绕组的一端通过第五开关管(S₅)接于低压侧电源(E₂)的正极,另外一端与下绕组的一端连接后接于低压侧电源(E₂)的负极,所述下绕组的另外一端通过第六开关管(S₆)接于低压侧电源(E₂)的正极;所述第五开关管(S₅)的集电极接低压侧电源(E₂)的正极和第六开关管(S₆)的集电极;

所述高压绕组一端连接所述输出端子,另外一端分别接于第一均压电阻(R₁)和第二均压电阻(R₂)之间,第一母线电容(C₁)和第二母线电容(C₂)之间,第一箝位二极管(D₇)和第二箝位二极管(D₈)之间。

2. 根据权利要求1所述的拓扑结构,其特征在于,

所述高压绕组一端通过功率电感(L₁)连接所述输出端子。

3. 根据权利要求1所述的拓扑结构,其特征在于,

所述第一母线电容(C₁)和第二母线电容(C₂)的电容大小相等。

4. 根据权利要求1所述的拓扑结构,其特征在于,

所述第一均压电阻(R₁)和第二均压电阻(R₂)阻值相等。

5. 根据权利要求1所述的拓扑结构,其特征在于,

所述的第一箝位二极管(D₇)和第二箝位二极管(D₈),为快恢复二极管或肖特基二极管。

6. 根据权利要求1所述的拓扑结构,其特征在于,

所述开关管为全控型开关器件,包括场效应晶体管或绝缘栅双极型晶体管。

7. 根据权利要求1或2所述的拓扑结构,其特征在于,

所述第一至第六开关管均反向并联一个二极管,即所述开关管(S₁)的集电极连所述二极管的阴极,所述开关管(S₁)的发射极连所述二极管的阳极。

8. 一种双向直流变换器,其特征在于,包括如权利要求1-7任一双向直流变换器电路拓扑结构,根据驱动信号控制所述双向直流变换器中的至少一个开关管的导通,以输出所述直流变换器所需的电压。

9. 根据权利要求8所述直流变换器,其特征在于,

在同一时刻,在高压侧电路,所述驱动信号控制第一至第四开关管中的任意两个开关

管导通,在低压侧电路,所述驱动信号控制第五开关管和第六开关管中的任意一个开关管导通。

双向直流变换器电路拓扑结构

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,尤其涉及一种双向直流变换器电路拓扑结构。

背景技术

[0002] 近年来,太阳能、风能等新能源大量接入电力系统,但由于新能源发电出力的不稳定性,在接入电网后易使电网产生波动,干扰电网正常运行。而在系统中接入储能系统,通过控制储能系统的充放电,可有效利用新能源发电,改善供电质量,于是提出了双向全桥DC-DC拓扑结构。

[0003] 在已经提出的双全桥拓扑中,通过控制两个全桥输出电压之间的相角差,实现能量的双向流动。但是,由于双向全桥DC-DC拓扑结构本身的原因,不可避免的会出现功率回流的问题,因而在单移相的基础上提出了双移向,三移向等控制方式来减小功率回流。同时整体结构使用8个全控型开关器件,成本偏高。

[0004] 因此,需要提出一种适用于高电压大变比的双向直流变换器拓扑结构。

发明内容

[0005] (一)发明目的

[0006] 针对于目前一侧高电压,另一侧大电流的应用场合,在双全桥的结构中,高压侧单个开关管将承受较大的电压应力,同时由于双全桥的高压侧输出电压较高,对高频变压器的绝缘要求较高的问题。本发明提供一种双向直流变换器拓扑结构,该结构可以对应用于一侧高电压,另一侧大电流的场合,同时可以降低成本。

[0007] (二)技术方案

[0008] 为了达到上述目的,本发明采用的主要技术方案包括:

[0009] 一方面提供了一种双向直流变换器电路拓扑结构,所述电路拓扑结构包括高压侧电路、低压侧电路以及连接于高压侧电路和低压侧电路之间高频变压器 T_1 ;

[0010] 所述高压侧电路包括,依次同向串联后接于高压侧电源 E_1 两端的第一~第四开关管,依次同向串联后接于高压侧电源 E_1 两端的第一母线电容 C_1 和第二母线电容 C_2 ,依次串联后接于高压侧电源 E_1 两端的第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 ,以及依次同向串联的第一箝位二极管 D_7 和第二箝位二极管 D_8 ;

[0011] 所述第一母线电容 C_1 的正极接高压侧电源 E_1 的正极,所述第二母线电容 C_2 的负极接高压侧电源 E_1 的负极;

[0012] 所述第一箝位二极管 D_7 的阴极接第一开关管 S_1 和第二开关管 S_2 之间,所述第二箝位二极管 D_8 的阳极接第三开关管 S_3 和第四开关管 S_4 之间;

[0013] 所述第一开关管 S_1 的正极集电极接高压侧电源 E_1 的正极,第四开关管 S_4 的发射极接高压侧电源 E_1 的负极,所述第二开关管 S_2 和第三开关管 S_3 之间接输出端子;

[0014] 所述低压侧电路包括,第五开关管 S_5 、第六开关管 S_6 以及低压侧电源 E_2 ;

[0015] 所述高频变压器 T_1 包括与高压侧电路连接的高压绕组,与低压侧电路连接的上绕

组和下绕组；

[0016] 所述上绕组的一端通过第五开关管 S_5 接于低压侧电源 E_2 的正极，另外一端与下绕组的一端连接后接于低压侧电源 E_2 的负极，所述下绕组的另外一端通过第六开关管 S_6 接于低压侧电源 E_2 的正极；

[0017] 所述第五开关管 S_5 的集电极接低压侧电源 E_2 的正极和第六开关管 S_6 的集电极；

[0018] 所述高压绕组一端连接所述输出端子，另外一端分别接于第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 之间，第一母线电容 C_1 和第二母线电容 C_2 之间，第一箝位二极管 D_7 和第二箝位二极管 D_8 之间。

[0019] 可选地，所述高压绕组一端通过功率电感 L_1 连接所述输出端子。

[0020] 优选地，所述第一母线电容 C_1 和第二母线电容 C_2 的电容大小相等。

[0021] 优选地，所述第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 阻值相等。

[0022] 可选地，所述的第一箝位二极管 D_7 和第二箝位二极管 D_8 ，为快恢复二极管或肖特基二极管。

[0023] 可选地，所述开关管为全控型开关器件，包括场效应晶体管或绝缘栅双极型晶体管。

[0024] 可选地，所述第一至第六开关管均反向并联一个二极管，即所述开关管 S_1 的集电极连所述二极管的阴极，所述开关管 S_1 的发射极连所述二极管的阳极。

[0025] 另一方面，本发明提供一种双向直流变换器，包括如上所述双向直流变换器电路拓扑结构，根据驱动信号控制所述双向直流变换器中的至少一个开关管的导通，以输出所述直流变换器所需的电压。

[0026] 可选地，

[0027] 在同一时刻，在高压侧电路，所述驱动信号控制第一至第四开关管中的任意两个开关管导通，在低压侧电路，所述驱动信号控制第五开关管和第六开关管中的任意一个开关管导通。

[0028] (三)有益效果

[0029] 本发明具有以下有益效果：

[0030] 1. 本发明提出的一种双向直流变换器拓扑结构，低压侧电路仅使用两个全控型开关管，相对于全桥结构，减少了全控型器件的使用数量，降低了成本。

[0031] 2. 本发明高压侧电路使用单相三电平电路，减小了单个开关管的电压应力，同时高压侧输出最大电压为高压母线电压的一半，可有效降低对高频变压器的绝缘的要求，降低了高频变压器制作难度。

[0032] 3. 双重移向控制方法的使用，可有效降低回流功率，提升整机效率。

附图说明

[0033] 图1为本发明一种双向直流变换器电路拓扑结构示意图；

[0034] 图2为传统双全桥结构示意图；

[0035] 图3为本发明一种双向直流变换器开关信号以及输出波形图；

[0036] 图4为本发明一种双向直流变换器仿真开关信号时序图；

[0037] 图5为本发明一种双向直流变换器仿真输出波形图。

具体实施方式

[0038] 为了更好的解释本发明,以便于理解,下面通过具体实施方式,对本发明作详细描述。

[0039] 实施例一

[0040] 如图1所示,本实施例一种双向直流变换器电路拓扑结构,包括六个开关管、两个母线电容、一个大功率电感、一个高频变压器、两个均压电阻和两个箝位二极管,对应高频变压器两侧的直流电源。

[0041] 具体地,所述电路拓扑结构包括:高压侧电路、低压侧电路以及连接于高压侧和低压侧电路之间高频变压器 T_1 。

[0042] 高压侧电路为三电平半桥结构,所述低压侧电路为推挽结构;所述高频变压器 T_1 包括原边与副边,所述原边为靠近高压侧电路的一边,所述副边为靠近低压侧电路的一边。

[0043] 所述高压侧电路三电平半桥结构包括:依次同向串联后接于高压侧电源 E_1 两端的第一~第四开关管,依次同向串联后接于高压侧电源 E_1 两端的第一母线电容 C_1 和第二母线电容 C_2 ,依次同向串联后接于高压侧电源 E_1 两端的第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 ,以及依次同向串联的第一箝位二极管 D_7 和第二箝位二极管 D_8 。

[0044] 其中,第一母线电容 C_1 和第二母线电容 C_2 的电压均为高压侧电源 E_1 的一半

[0045] 优选地,第一母线电容 C_1 和第二母线电容 C_2 的电容大小相等。

[0046] 第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 用于保证第一母线电容和第二母线电容电压平衡。为保证均压效果,第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 的阻值相等。所述第一母线电容 C_1 的正极接高压侧电源 E_1 的正极,第一母线电容 C_1 的负极接第二母线电容 C_2 的正极,所述第二母线电容 C_2 的负极接高压侧电源 E_1 的负极。

[0047] 所述第一箝位二极管 D_7 的阴极分别接第一开关管 S_1 的发射极和第二开关管 S_2 的集电极,第一箝位二极管 D_7 的阳极接第二箝位二极管 D_8 的阴极,所述第二箝位二极管 D_8 的阳极接分别第三开关管 S_3 发射极和第四开关管 S_4 的集电极。

[0048] 所述第一开关管 S_1 的集电极接高压侧电源 E_1 的正极,第一开关管 S_1 的发射极接第二开关管 S_2 的集电极,第三开关管 S_3 的集电极接第二开关管 S_2 的发射极,第三开关管 S_3 的发射极接第四开关管 S_4 的集电极,第四开关管 S_4 的发射极接高压侧电源 E_1 的负极。

[0049] 所述第二开关管 S_2 的发射极和第三开关管 S_3 的集电极之间接输出端子。

[0050] 所述高频变压器 T_1 的原边为高压绕组。所述高频变压器 T_1 的副边为双绕组,包括上绕组和下绕组。其中,与高压侧电路连接的高压绕组,与低压侧电路连接的上绕组和下绕组的上侧端子为同名端。

[0051] 所述高压绕组一端连接所述输出端子,另外一端分别接于第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 之间,第一母线电容 C_1 的负极和第二母线电容 C_2 的正极之间,第一箝位二极管 D_7 的阳极和第二箝位二极管 D_8 的阴极之间。

[0052] 即,第一母线电容 C_1 和第二母线电容 C_2 的中点、第一均压电阻 R_1 和第二均压电阻 R_2 的中点以及第一箝位二极管 D_7 和第二箝位二极管 D_8 的中点结于一点。

[0053] 可选地,所述高压绕组一端连接通过功率电感 L_1 连接所述输出端子。

[0054] 本实施例中,可以通过适当增加高频变压器的漏感大小,省去功率电感 L_1 。

[0055] 所述的第一箝位二极管 D_7 和第二箝位二极管 D_8 ,选择快恢复二极管或肖特基二极

管。

[0056] 所述低压侧电路推挽结构,低压侧电路包括第五开关管 S_5 、第六开关管 S_6 以及低压侧电源 E_2 。

[0057] 所述高频变压器 T_1 的上绕组的一端通过第五开关管 S_5 接于低压侧电源 E_2 的正极,另外一端与下绕组的一端连接后接于低压侧电源 E_2 的负极,所述下绕组的另外一端通过第六开关管 S_6 接于低压侧电源 E_2 的正极。

[0058] 所述第五开关管 S_5 的集电极接低压侧电源 E_2 的正极和第六开关管 S_6 的集电极;

[0059] 优选地,所述开关管为全控型开关器件,包括场效应晶体管或绝缘栅双极型晶体管。

[0060] 可选地,所述第一至第六开关管均反向并联一个二极管,即所述开关管(S_1)的集电极连所述二极管的负极,所述开关管(S_1)的发射极连所述二极管的正极。

[0061] 所述开关管本身若未集成二极管,均需另外反并联二极管。

[0062] 相比于图2所示全桥结构,本实施例低压侧仅使用两个全控型开关管,减少了全控型器件的使用数量,降低了成本。减小了单个开关管的电压应力,同时高压侧输出电压为高压母线电压的一半,可有效降低对高频变压器的绝缘的要求,降低了高频变压器制作难度。

[0063] 对应于高压侧电路,同一时刻,四个开关管 $S_1 \sim S_4$ 仅有两个加导通信号;开关管 S_1 和 S_2 同时导通,半桥输出电压为 $E_1/2$,开关管 S_2 和 S_3 同时导通,半桥输出电压为0,开关管 S_3 和 S_4 同时导通,半桥输出电压为 $-E_1/2$,高频变压器两侧开关管驱动信号以及对应输出电压如表1所示,由于输出电压最大值为 $E_1/2$,仅为高压电源的一半,高频变压器绝缘处理只需按照最大 $E_1/2$ 处理即可,降低了绝缘要求;同时由于输出电压为 $E_1/2$ 和 $-E_1/2$ 时,有2个开关管同时分担,降低了单管的电压应力;开关管 S_1 和 S_4 相角互差 180° ,开关管 S_2 和 S_3 相角互差 180° ;开关管 S_1 和 S_3 互补导通, S_2 和 S_4 互补导通,可以通过控制开关管 S_1 、 S_2 和开关管 S_3 、 S_4 同时导通的时间来改变半桥输出功率大小。

[0064] 对应于低压侧电路,同一时刻,两个开关管 S_5 、 S_6 仅有一个加导通信号。

[0065] 开关管 S_5 导通,输出电压为 E_2 ,开关管 S_6 导通,输出电压为 $-E_2$,高频变压器两侧开关管驱动信号以及对应输出电压如表1所示;通过控制副边输出方波相对于原边输出方波的相角差,可以控制电感 L_1 两侧电压,进而控制原边副边之间传送功率的大小以及方向。

[0066] 表1:

[0067]

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	u_{AB}	u_p
0	1	1	0	0	1	0	-1
1	1	0	0	0	1	1	-1
0	1	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	0	-1	1
0	1	1	0	0	1	0	-1
1	1	0	0	0	1	1	-1
0	1	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	0	-1	1

[0068] 其中, $S_1 \sim S_6$ 中, 1 表示导通, 0 表示不导通。 u_{AB} 中, 1 表示 $E_1/2$ 。 u_p 中, 1 表示 E_2/N , N 为高频变压器变压器的变比, u_{AB} 为图 1 所示拓扑结构中, A 点和 B 点之间的电压, u_p 为高频变压器原边的电压。

[0069] 本实施例中, 通过双重移向控制方法的使用, 可有效降低回流功率, 提升整机效率。

[0070] 实施例二

[0071] 一种双向直流变换器, 其特征在于, 包括如图 1 所述的双向直流变换器电路拓扑结构, 所述双向直流变换器根据驱动信号控制所述双向直流变换器中的三个开关管的导通, 以输出所述直流变换器所需的电压。

[0072] 所述双向直流变换器 $S_1 \sim S_6$ 的驱动信号如图 3 所示, 所述第一至第四开关管的控制信号, 按调制规律依序导通和关断, 同一时刻有两个开关管导通。高压侧电路, 在同一时刻, 第一至第四开关管中仅有两个导通; 低压侧电路, 同一时刻, 第五开关管和第六开关管中仅有一个导通。

[0073] 使用电力电子仿真软件搭建模型, 仿真结果如图 4 和图 5 所示, 其中, 图 4 是本发明中仿真开关信号时序图。所述第一至第四开关管的控制信号, 按照所需传送功率的大小和方向, 依序导通和关断。

[0074] 在高压侧电路, 所述驱动信号控制第一至第四开关管按调制规律依序导通和关断, 同一时刻有任意两个开关管导通;

[0075] 在低压侧电路, 所述驱动信号控制第五开关管和第六开关管按照所需传送功率的大小和方向, 依序导通和关断。

[0076] 仿真输出波形图如图 5 所示。

[0077] 最后应说明的是: 以上所述的各实施例仅用于说明本发明的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分或全部技术特征进行等同替换; 而这些修改或替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

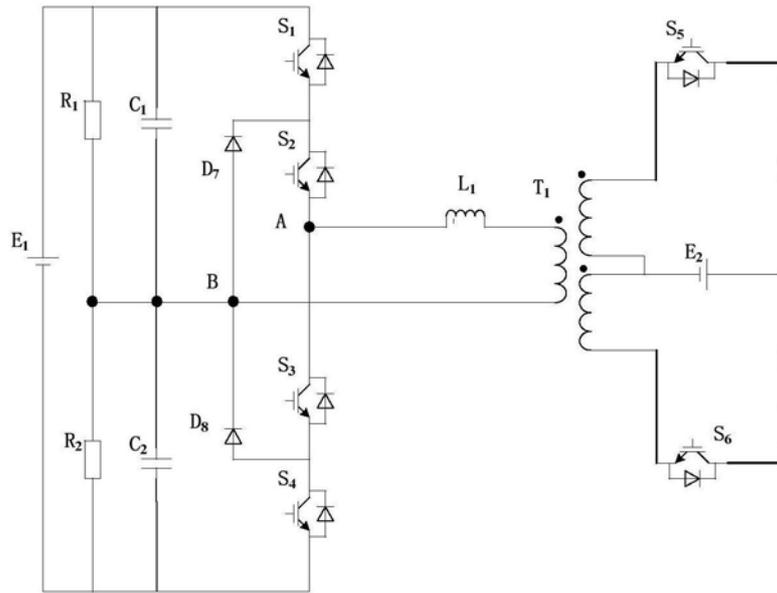


图1

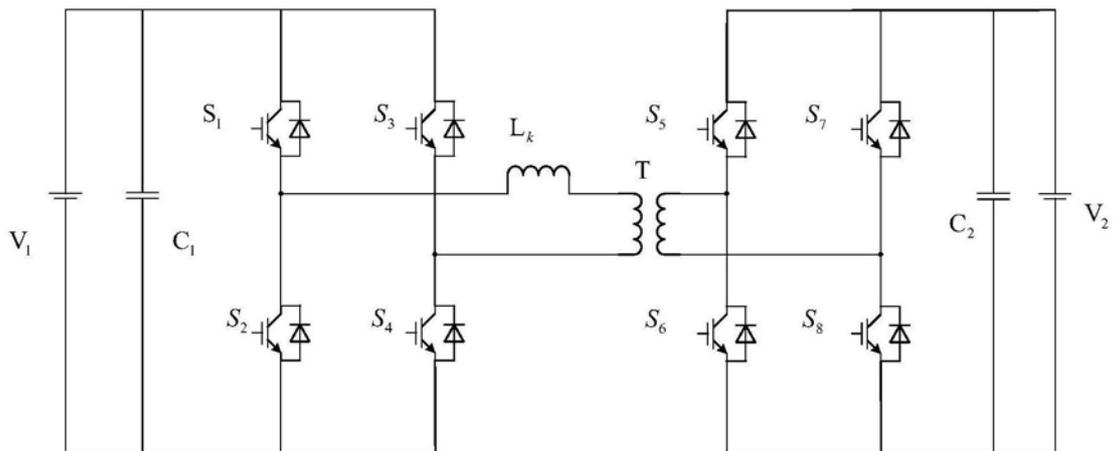


图2

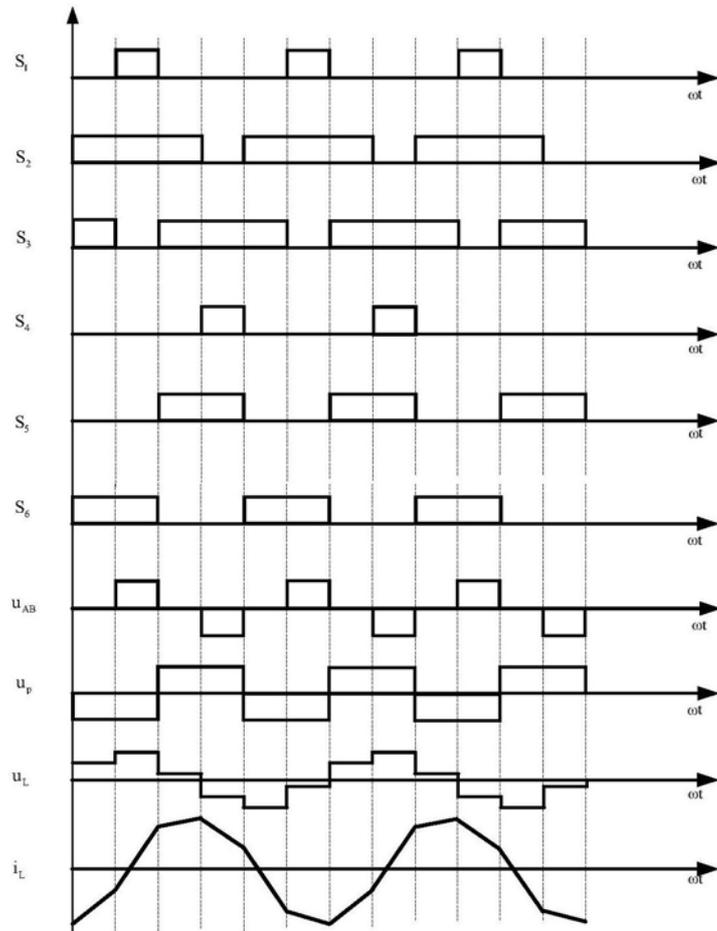


图3

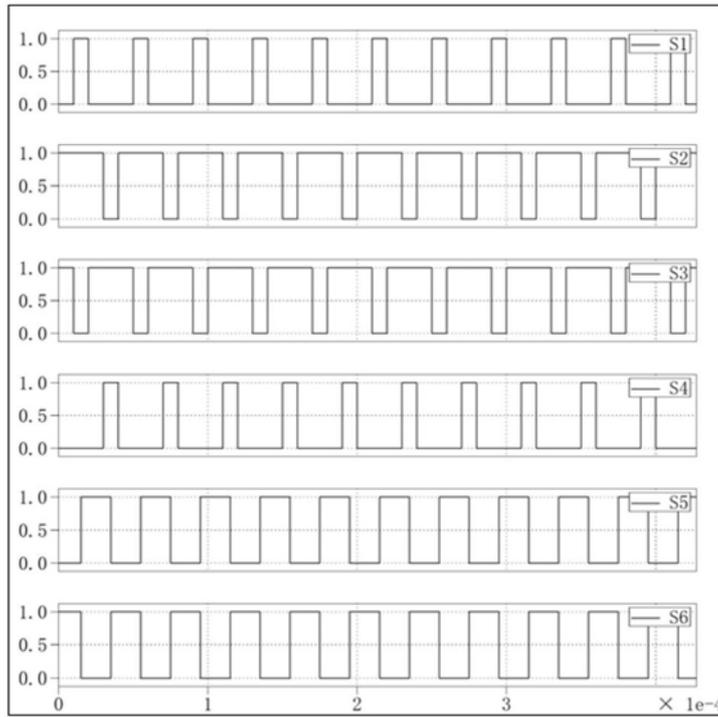


图4

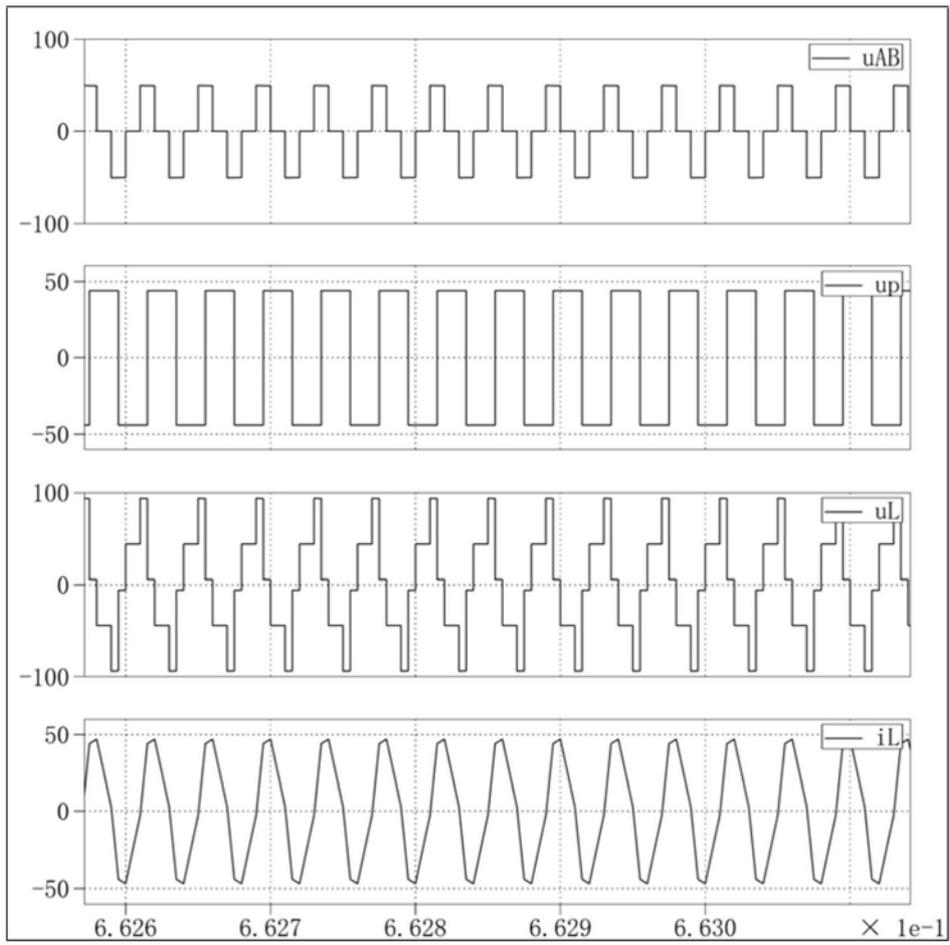


图5