



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104638971 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201510078844. 2

(22) 申请日 2015. 02. 13

(71) 申请人 河海大学

地址 211100 江苏省南京市江宁区佛城西路
8号

(72) 发明人 张犁 赵晋泉

(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

(51) Int. Cl.

H02M 7/5387(2007. 01)

H02J 3/38(2006. 01)

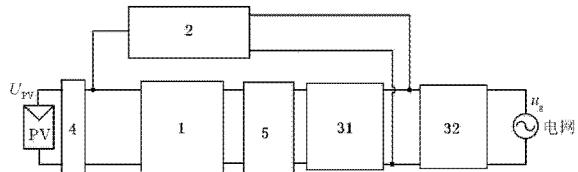
权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

一种光伏并网逆变器及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种光伏并网逆变器，包括第一直流母线电容支路、第二直流母线电容支路、升压变换电路、直流旁路支路、全桥逆变电路和交流滤波电路；所述第一直流母线电容支路、升压变换电路、第二直流母线电容支路、全桥逆变电路和交流滤波电路依次连接，所述第一直流母线电容支路的输入端外接光伏组件串，所述交流滤波电路的输出端外接电网，所述第一直流母线电容支路的输入端与全桥逆变电路的输出端之间并接有直流旁路支路；同时也公开了其控制方法。本发明引入直流旁路支路，解决了现有技术的问题。



1. 一种光伏并网逆变器,其特征在于:包括第一直流母线电容支路、第二直流母线电容支路、升压变换电路、直流旁路支路、全桥逆变电路和交流滤波电路;所述第一直流母线电容支路、升压变换电路、第二直流母线电容支路、全桥逆变电路和交流滤波电路依次连接,所述第一直流母线电容支路的输入端外接光伏组件串,所述交流滤波电路的输出端外接电网,所述第一直流母线电容支路的输入端与全桥逆变电路的输出端之间并接有直流旁路支路。

2. 根据权利要求 1 所述的一种光伏并网逆变器,其特征在于:所述第一直流母线电容支路包括第一直流母线电容;

所述第一直流母线电容的正极和负极分别与光伏组件串的正输出端和负输出端连接;

所述升压变换电路包括储能电感、第一功率开关管和第一功率二极管;

所述储能电感的一端与第一直流母线电容的正极连接,另一端分别与第一功率开关管的集电极和第一功率二极管的阳极连接,所述第一功率开关管的发射极与第一直流母线电容的负极连接;

所述第二直流母线电容支路包括第二直流母线电容;

所述第二直流母线电容的正极与第一功率二极管的阴极连接,所述第二直流母线电容的负极与第一直流母线电容的负极连接;

所述全桥逆变电路包括第四功率开关管、第五功率开关管、第六功率开关管和第七功率开关管;

所述第四功率开关管的发射极与第五功率开关管的集电极连接,所述第六功率开关管的发射极和第七功率开关管的集电极连接,所述第四功率开关管和第六功率开关管的集电极均与第二直流母线电容的正极连接,所述第五功率开关管和第七功率开关管的发射极均与第二直流母线电容的负极连接;

所述交流滤波电路包括第一滤波电感、第二滤波电感和滤波电容;

所述第一滤波电感的一端与第四功率开关管的发射极连接,另一端与滤波电容的一端连接,所述滤波电容的另一端与第二滤波电感的一端连接,所述第二滤波电感的另一端与第六功率开关管的发射极连接,所述滤波电容的两端外接电网;

所述直流旁路支路具有第一连接端、第二连接端和第三连接端,所述第二连接端和第三连接端为直流旁路支路的输出端,所述第一连接端为直流旁路支路的输入端;

所述第一连接端与第一直流母线电容的正极连接,所述第二连接端与第四功率开关管的发射极连接,所述第三连接端与第六功率开关管的发射极连接。

3. 根据权利要求 2 所述的一种光伏并网逆变器,其特征在于:所述直流旁路支路包括第二功率二极管、第二功率开关管和第三功率开关管,所述第二功率二极管的阳极与第一连接端连接,阴极分别与第二功率开关管和第三功率开关管的集电极连接,所述第二功率开关管的发射极与第二连接端连接,所述第三功率开关管的发射极与第三连接端连接。

4. 根据权利要求 2 所述的一种光伏并网逆变器,其特征在于:所述直流旁路支路包括第三功率二极管、第四功率二极管、第二功率开关管和第三功率开关管,所述第三功率二极管和第四功率二极管的阳极均与第一连接端连接,所述第三功率二极管的阴极与第二功率开关管的集电极连接,所述第二功率开关管的发射极与第二连接端连接,所述第四功率二

极管的阴极与第三功率开关管的集电极连接,所述第三功率开关管的发射极与第三连接端连接。

5. 根据权利要求 1 所述的一种光伏并网逆变器,其特征在于 :所述第一直流母线电容支路包括第一直流母线电容 ; ;

所述第一直流母线电容的正极和负极分别与光伏组件串的正输出端和负输出端连接 ;

所述升压变换电路包括储能电感、第一功率开关管和第一功率二极管 ;

所述储能电感的一端与第一直流母线电容的负极连接,另一端分别与第一功率开关管的发射极和第一功率二极管的阴极连接,所述第一功率开关管的集电极与第一直流母线电容的正极连接 ;

所述第二直流母线电容支路包括第二直流母线电容 ;

所述第二直流母线电容的正极与第一功率开关管的集电极连接,所述第二直流母线电容的负极与第一功率二极管的阳极连接 ;

所述全桥逆变电路包括第四功率开关管、第五功率开关管、第六功率开关管和第七功率开关管 ;

所述第四功率开关管的发射极与第五功率开关管的集电极连接,所述第六功率开关管的发射极和第七功率开关管的集电极连接,所述第四功率开关管和第六功率开关管的集电极均与第二直流母线电容的正极连接,所述第五功率开关管和第七功率开关管的发射极均与第二直流母线电容的负极连接 ;

所述交流滤波电路包括第一滤波电感、第二滤波电感和滤波电容 ;

所述第一滤波电感的一端与第四功率开关管的发射极连接,另一端与滤波电容的一端连接,所述滤波电容的另一端与第二滤波电感的一端连接,所述第二滤波电感的另一端与第六功率开关管的发射极连接,所述滤波电容的两端外接电网 ;

所述直流旁路支路具有第一连接端、第二连接端和第三连接端,所述第二连接端和第三连接端为直流旁路支路的输出端,所述第一连接端为直流旁路支路的输入端 ;

所述第一连接端与第一直流母线电容的负极连接,所述第二连接端与第六功率开关管的发射极连接,所述第三连接端与第四功率开关管的发射极连接。

6. 根据权利要求 5 所述的一种光伏并网逆变器,其特征在于 :所述直流旁路支路包括第二功率二极管、第二功率开关管和第三功率开关管,所述第二功率二极管的阴极与第一连接端连接,阳极分别与第二功率开关管和第三功率开关管的发射极连接,所述第二功率开关管的集电极与第二连接端连接,所述第三功率开关管的集电极与第三连接端连接。

7. 根据权利要求 5 所述的一种光伏并网逆变器,其特征在于 :所述直流旁路支路包括第三功率二极管、第四功率二极管、第二功率开关管和第三功率开关管,所述第三功率二极管和第四功率二极管的阴极均与第一连接端连接,所述第三功率二极管的阳极与第二功率开关管的发射极连接,所述第二功率开关管的集电极与第二连接端连接,所述第四功率二极管的阳极与第三功率开关管的发射极连接,所述第三功率开关管的集电极与第三连接端连接。

8. 根据权利要求 1-7 任意一项所述的一种光伏并网逆变器,其特征在于 :所述升压变换电路为非隔离升压变换电路。

9. 基于权利要求 1 所述的一种光伏并网逆变器的控制方法, 其特征在于 : 若光伏组件串输出电压高于电网电压瞬时值的绝对值, 全桥逆变电路的输出端电压在零和光伏组件串输出电压之间高频变化, 变化频率等于全桥逆变电路的开关频率 ;

若光伏组件串输出电压低于电网电压瞬时值的绝对值, 全桥逆变电路的输出端电压在第二直流母线电容电压和光伏组件串输出电压之间高频变化, 变化频率等于全桥逆变电路的开关频率。

一种光伏并网逆变器及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光伏并网逆变器及其控制方法，属于电力电子变换器技术领域。

背景技术

[0002] 由于太阳能的可再生性及清洁性，光伏并网发电技术得以迅猛发展。光伏组件串的输出直流电压通常低于交流电网电压峰值，故需要经过一级升压电路再接入逆变器实现并网运行，如图1所示。但是，交流电网电压瞬时绝对值低于光伏组件串的输出直流电压时，光伏组件输出的电能仍需通过升压电路变换，故文献“K. Orgura, T. Nishida, E. Hiraki, M. Nakaoka, and S. Nagai. Time-sharing boost chopper cascaded dual mode single-phase sinewave inverter for solar photovoltaic power generation system. IEEE PESC 2004, pp. 4763–4767”提出当光伏组件串输出电压低于电网电压瞬时值的绝对值时，使得升压变换器和逆变器之间的直流母线电容电压与电网电压瞬时值的绝对值相等；而当光伏组件串输出电压高于电网电压瞬时值的绝对值时，升压电路不工作。但是，这种控制方法限制了直流母线电容的容量，故直流母线电容的电压脉动较大，且控制较为复杂，不易实现。

[0003] 因此，有必要研究出一种高效的光伏并网逆变器及其控制方法。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题，本发明提供了一种光伏并网逆变器及其控制方法。

[0005] 为了达到上述目的，本发明所采用的技术方案是：

[0006] 一种光伏并网逆变器，包括第一直流母线电容支路、第二直流母线电容支路、升压变换电路、直流旁路支路、全桥逆变电路和交流滤波电路；所述第一直流母线电容支路、升压变换电路、第二直流母线电容支路、全桥逆变电路和交流滤波电路依次连接，所述第一直流母线电容支路的输入端外接光伏组件串，所述交流滤波电路的输出端外接电网，所述第一直流母线电容支路的输入端与全桥逆变电路的输出端之间并接有直流旁路支路。

[0007] 所述第一直流母线电容支路包括第一直流母线电容；所述第一直流母线电容的正极和负极分别与光伏组件串的正输出端和负输出端连接；所述升压变换电路包括储能电感、第一功率开关管和第一功率二极管；所述储能电感的一端与第一直流母线电容的正极连接，另一端分别与第一功率开关管的集电极和第一功率二极管的阳极连接，所述第一功率开关管的发射极与第一直流母线电容的负极连接；所述第二直流母线电容支路包括第二直流母线电容；所述第二直流母线电容的正极与第一功率二极管的阴极连接，所述第二直流母线电容的负极与第一直流母线电容的负极连接；所述全桥逆变电路包括第四功率开关管、第五功率开关管、第六功率开关管和第七功率开关管；所述第四功率开关管的发射极与第五功率开关管的集电极连接，所述第六功率开关管的发射极和第七功率开关管的集电极连接，所述第四功率开关管和第六功率开关管的集电极均与第二直流母线电容的正极连接，所述第五功率开关管和第七功率开关管的发射极均与第二直流母线电容的负极连接；

所述交流滤波电路包括第一滤波电感、第二滤波电感和滤波电容；所述第一滤波电感的一端与第四功率开关管的发射极连接，另一端与滤波电容的一端连接，所述滤波电容的另一端与第二滤波电感的一端连接，所述第二滤波电感的另一端与第六功率开关管的发射极连接，所述滤波电容的两端外接电网；所述直流旁路支路具有第一连接端、第二连接端和第三连接端，所述第二连接端和第三连接端为直流旁路支路的输出端，所述第一连接端为直流旁路支路的输入端；所述第一连接端与第一直流母线电容的正极连接，所述第二连接端与第四功率开关管的发射极连接，所述第三连接端与第六功率开关管的发射极连接。

[0008] 所述直流旁路支路包括第二功率二极管、第二功率开关管和第三功率开关管，所述第二功率二极管的阳极与第一连接端连接，阴极分别与第二功率开关管和第三功率开关管的集电极连接，所述第二功率开关管的发射极与第二连接端连接，所述第三功率开关管的发射极与第三连接端连接。

[0009] 所述直流旁路支路包括第三功率二极管、第四功率二极管、第二功率开关管和第三功率开关管，所述第三功率二极管和第四功率二极管的阳极均与第一连接端连接，所述第三功率二极管的阴极与第二功率开关管的集电极连接，所述第二功率开关管的发射极与第二连接端连接，所述第四功率二极管的阴极与第三功率开关管的集电极连接，所述第三功率开关管的发射极与第三连接端连接。

[0010] 所述第一直流母线电容支路包括第一直流母线电容；所述第一直流母线电容的正极和负极分别与光伏组件串的正输出端和负输出端连接；所述升压变换电路包括储能电感、第一功率开关管和第一功率二极管；所述储能电感的一端与第一直流母线电容的负极连接，另一端分别与第一功率开关管的发射极和第一功率二极管的阴极连接，所述第一功率开关管的集电极与第一直流母线电容的正极连接；所述第二直流母线电容支路包括第二直流母线电容；所述第二直流母线电容的正极与第一功率开关管的集电极连接，所述第二直流母线电容的负极与第一功率二极管的阳极连接；所述全桥逆变电路包括第四功率开关管、第五功率开关管、第六功率开关管和第七功率开关管；所述第四功率开关管的发射极与第五功率开关管的集电极连接，所述第六功率开关管的发射极和第七功率开关管的集电极连接，所述第四功率开关管和第六功率开关管的集电极均与第二直流母线电容的正极连接，所述第五功率开关管和第七功率开关管的发射极均与第二直流母线电容的负极连接；所述交流滤波电路包括第一滤波电感、第二滤波电感和滤波电容；所述第一滤波电感的一端与第四功率开关管的发射极连接，另一端与滤波电容的一端连接，所述滤波电容的另一端与第二滤波电感的一端连接，所述第二滤波电感的另一端与第六功率开关管的发射极连接，所述滤波电容的两端外接电网；所述直流旁路支路具有第一连接端、第二连接端和第三连接端，所述第二连接端和第三连接端为直流旁路支路的输出端，所述第一连接端为直流旁路支路的输入端；所述第一连接端与第一直流母线电容的负极连接，所述第二连接端与第六功率开关管的发射极连接，所述第三连接端与第四功率开关管的发射极连接。

[0011] 所述直流旁路支路包括第二功率二极管、第二功率开关管和第三功率开关管，所述第二功率二极管的阴极与第一连接端连接，阳极分别与第二功率开关管和第三功率开关管的发射极连接，所述第二功率开关管的集电极与第二连接端连接，所述第三功率开关管的集电极与第三连接端连接。

[0012] 所述直流旁路支路包括第三功率二极管、第四功率二极管、第二功率开关管和第

三功率开关管，所述第三功率二极管和第四功率二极管的阴极均与第一连接端连接，所述第三功率二极管的阳极与第二功率开关管的发射极连接，所述第二功率开关管的集电极与第二连接端连接，所述第四功率二极管的阳极与第三功率开关管的发射极连接，所述第三功率开关管的集电极与第三连接端连接。

[0013] 所述升压变换电路为非隔离升压变换电路。

[0014] 一种光伏并网逆变器的控制方法，若光伏组件串输出电压高于电网电压瞬时值的绝对值，全桥逆变电路的输出端电压在零和光伏组件串输出电压之间高频变化，变化频率等于全桥逆变电路的开关频率；若光伏组件串输出电压低于电网电压瞬时值的绝对值，全桥逆变电路的输出端电压在第二直流母线电容电压和光伏组件串输出电压之间高频变化，变化频率等于全桥逆变电路的开关频率。

[0015] 本发明所达到的有益效果：1、本发明引入直流旁路支路，当光伏组件串输出电压高于电网电压瞬时绝对值，升压变换电路不工作，故减少了功率变换级数，可有效提高变换器的效率；2、本发明引入直流旁路支路，当光伏组件串电压高于电网电压瞬时绝对值，并网逆变器桥臂的输出电压在光伏组件串电压和零之间高频变化；当光伏组件串电压低于电网电压瞬时绝对值，并网逆变器桥臂的输出电压在光伏组件串电压和并网逆变器直流母线电压之间高频变化；因此，降低了并网逆变器桥臂的输出电压变化幅值，有利于减小滤波电感值，提高功率密度；3、本发明通过引入直流旁路支路，光伏并网逆变器无需直流分压电容即具有多电平电路的特点。

附图说明

- [0016] 图 1 为传统的两级式光伏并网逆变器电路结构图。
- [0017] 图 2 为本发明的光伏并网逆变器的电路结构图。
- [0018] 图 3 为本发明的光伏并网逆变器电路拓扑实施例一。
- [0019] 图 4 为实施例一中直流旁路支路拓扑实施例一。
- [0020] 图 5 为实施例一中直流旁路支路拓扑实施例二。
- [0021] 图 6 为实施例一的驱动原理波形。
- [0022] 图 7 为本发明的光伏并网逆变器电路拓扑实施例二。
- [0023] 图 8 为实施例二中直流旁路支路拓扑实施例一。
- [0024] 图 9 为实施例二中直流旁路支路拓扑实施例二。
- [0025] 图 10 为实施例二的驱动原理波形。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案，而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0027] 如图 2 所示，一种光伏并网逆变器，包括第一直流母线电容支路 4、第二直流母线电容支路 5、升压变换电路 1、直流旁路支路 2、全桥逆变电路 31 和交流滤波电路 32。第一直流母线电容支路 4、升压变换电路 1、第二直流母线电容支路 5、全桥逆变电路 31 和交流滤波电路 32 依次连接，第一直流母线电容支路 4 的输入端外接光伏组件串 U_{PV} ，交流滤波电路 32 的输出端外接电网 u_g ，第一直流母线电容支路 4 的输入端与全桥逆变电路 31 的输出

端之间并接有直流旁路支路 2。

[0028] 如图 3 所示,是光伏并网逆变器电路拓扑实施例一,具体结构如下。

[0029] 第一直流母线电容支路 4 包括第一直流母线电容 C_{dc1} 。第一直流母线电容 C_{dc1} 的正极和负极分别与光伏组件串 U_{pv} 的正输出端和负输出端连接。

[0030] 升压变换电路 1 包括储能电感 L_B 、第一功率开关管 S_1 和第一功率二极管 D_1 。储能电感 L_B 的一端与第一直流母线电容 C_{dc1} 的正极连接,另一端分别与第一功率开关管 S_1 的集电极和第一功率二极管 D_1 的阳极连接,第一功率开关管 S_1 的发射极与第一直流母线电容 C_{dc1} 的负极连接。

[0031] 第二直流母线电容支路 5 包括第二直流母线电容 C_{dc2} 。第二直流母线电容 C_{dc2} 的正极与第一功率二极管 D_1 的阴极连接,第二直流母线电容 C_{dc2} 的负极与第一直流母线电容 C_{dc1} 的负极连接。

[0032] 全桥逆变电路 31 包括第四功率开关管 S_4 、第五功率开关管 S_5 、第六功率开关管 S_6 和第七功率开关管 S_7 。第四功率开关管 S_4 的发射极与第五功率开关管 S_5 的集电极连接,第六功率开关管 S_6 的发射极和第七功率开关管 S_7 的集电极连接,第四功率开关管 S_4 和第六功率开关管 S_6 的集电极均与第二直流母线电容 C_{dc2} 的正极连接,第五功率开关管 S_5 和第七功率开关管 S_7 的发射极均与第二直流母线电容 C_{dc2} 的负极连接。

[0033] 交流滤波电路 32 包括第一滤波电感 L_{f1} 、第二滤波电感 L_{f2} 和滤波电容 C_f 。第一滤波电感 L_{f1} 的一端与第四功率开关管 S_4 的发射极连接,另一端与滤波电容 C_f 的一端连接,滤波电容 C_f 的另一端与第二滤波电感 L_{f2} 的一端连接,第二滤波电感 L_{f2} 的另一端与第六功率开关管 S_6 的发射极连接,滤波电容 C_f 的两端外接电网 u_g ;

[0034] 直流旁路支路 2 具有第一连接端、第二连接端和第三连接端,第二连接端和第三连接端为直流旁路支路 2 的输出端,第一连接端为直流旁路支路 2 的输入端。第一连接端与第一直流母线电容 C_{dc1} 的正极连接,第二连接端与第四功率开关管 S_4 的发射极连接,第三连接端与第六功率开关管 S_6 的发射极连接。

[0035] 上述直流旁路支路 2 具有以下两种结构,具体如下。

[0036] 第一种结构如图 4 所示:直流旁路支路 2 包括第二功率二极管 D_2 、第二功率开关管 S_2 和第三功率开关管 S_3 ,第二功率二极管 D_2 的阳极与第一连接端连接,阴极分别与第二功率开关管 S_2 和第三功率开关管 S_3 的集电极连接,第二功率开关管 S_2 的发射极与第二连接端连接,第三功率开关管 S_3 的发射极与第三连接端连接。

[0037] 第二种结构如图 5 所示:直流旁路支路 2 包括第三功率二极管 D_3 、第四功率二极管 D_4 、第二功率开关管 S_2 和第三功率开关管 S_3 ,第三功率二极管 D_3 和第四功率二极管 D_4 的阳极均与第一连接端连接,第三功率二极管 D_3 的阴极与第二功率开关管 S_2 的集电极连接,第二功率开关管 S_2 的发射极与第二连接端连接,第四功率二极管 D_4 的阴极与第三功率开关管 S_3 的集电极连接,第三功率开关管 S_3 的发射极与第三连接端连接。

[0038] 实施例一所述的光伏并网逆变器,采用第一种结构的直流旁路支路 2,其包含六种工作模态:

[0039] 模态一:全桥逆变电路 31 中的第四功率开关管 S_4 和第七功率开关管 S_7 开通,全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断,进网电流依次流过第四功率开关管 S_4 、第一滤波电感 L_{f1} 、电网 u_g 、第二滤波电感 L_{f2} 、第七功率开关管 S_7 ;全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为第二

直流母线电容 C_{dc2} 电压；

[0040] 模态二：直流旁路支路 2 中第二功率开关管 S_2 开通，第三功率开关管 S_3 关断，全桥逆变电路 31 中的第七功率开关管 S_7 开通，全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断，进网电流依次流过第二功率二极管 D_2 、第二功率开关管 S_2 、第一滤波电感 L_{f1} 、电网 u_g 、第二滤波电感 L_{f2} 、第七功率开关管 S_7 ；全桥逆变电路输出的桥臂电压为光伏组件串 U_{pv} 电压；

[0041] 模态三：全桥逆变电路 31 中的第七功率开关管 S_7 开通，全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断，进网电流依次流过第五功率开关管 S_5 的反并联二极管、第一滤波电感 L_{f1} 、电网 u_g 、第二滤波电感 L_{f2} 、第七功率开关管 S_7 ；全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为零；

[0042] 模态四：全桥逆变电路 31 中的第五功率开关管 S_5 、第六功率开关管 S_6 开通，全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断，进网电流依次流过第六功率开关管 S_6 、第二滤波电感 L_{f2} 、电网 u_g 、第一滤波电感 L_{f1} 、第五功率开关管 S_5 ；全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为负的第二直流母线电容 C_{dc2} 电压；

[0043] 模态五：直流旁路支路 2 中第三功率开关管 S_3 开通，第二功率开关管 S_2 关断，全桥逆变电路 31 中的第五功率开关管 S_5 开通，全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断，进网电流依次流过第二功率二极管 D_2 、第三功率开关管 S_3 、第二滤波电感 L_{f2} 、电网 u_g 、第一滤波电感 L_{f1} 、第五功率开关管 S_5 ；全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为负的光伏组件串 U_{pv} 电压；

[0044] 模态六：全桥逆变电路 31 中的第五功率开关管 S_5 开通，全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断，进网电流依次流过第七功率开关管 S_7 的反并联二极管、第二滤波电感 L_{f2} 、电网 u_g 、第一滤波电感 L_{f1} 、第五功率开关管 S_5 ；全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为零。

[0045] 实施例一所述的光伏并网逆变器，采用第二种结构的直流旁路支路 2，也包含六种工作模态，其过程与上述六种模态类似，很容易推导出，这里不做详细叙述。

[0046] 如图 6 所示，为实施例一的驱动原理波形。图中 u_{gs2} 至 u_{gs7} 表示第二至第七功率开关管 $S_2 \sim S_7$ 的驱动电压， u_{st1} 和 u_{st2} 分别表示第一和第二载波信号， u_{st1} 和 u_{st2} 的相位相差 180 度， u_e 表示调制波信号。

[0047] 电网 u_g 电压正半周，光伏组件串 U_{pv} 输出电压低于电网 u_g 电压瞬时值的绝对值时，第二功率开关管 S_2 与第七功率开关管 S_7 的驱动信号相同，均为高电平，第四功率开关管 S_4 的驱动信号按单极性 SPWM 方式高频动作，其它功率开关管驱动信号均为低电平；

[0048] 电网 u_g 电压正半周，光伏组件串 U_{pv} 输出电压高于电网 u_g 电压瞬时值的绝对值时，第七功率开关管 S_7 的驱动信号为高电平，第二功率开关管 S_2 的驱动信号按单极性 SPWM 方式高频动作，其它功率开关管驱动信号均为低电平；

[0049] 电网 u_g 电压负半周，光伏组件串 U_{pv} 输出电压低于电网 u_g 电压瞬时值的绝对值时，第三功率开关管 S_3 与第六功率开关管 S_6 的驱动信号相同，均为高电平，第五功率开关管 S_5 的驱动信号按单极性 SPWM 方式高频动作，其它功率开关管驱动信号均为低电平；

[0050] 电网 u_g 电压负半周，光伏组件串 U_{pv} 输出电压高于电网 u_g 电压瞬时值的绝对值时，第六功率开关管 S_6 的驱动信号为高电平，第三功率开关管 S_3 的驱动信号按单极性 SPWM 方式高频动作，其它功率开关管驱动信号均为低电平。

[0051] 如图 7 所示，是光伏并网逆变器电路拓扑实施例二，具体结构如下。

[0052] 所述第一直流母线电容支路 4 包括第一直流母线电容 C_{dc1} 。第一直流母线电容 C_{dc1} 的正极和负极分别与光伏组件串 U_{pv} 的正输出端和负输出端连接。

[0053] 升压变换电路 1 包括储能电感 L_B 、第一功率开关管 S_1 和第一功率二极管 D_1 。储能电感 L_B 的一端与第一直流母线电容 C_{dc1} 的负极连接，另一端分别与第一功率开关管 S_1 的发射极和第一功率二极管 D_1 的阴极连接，第一功率开关管 S_1 的集电极与第一直流母线电容 C_{dc1} 的正极连接。

[0054] 第二直流母线电容支路 5 包括第二直流母线电容 C_{dc2} 。第二直流母线电容 C_{dc2} 的正极与第一功率开关管 S_1 的集电极连接，第二直流母线电容 C_{dc2} 的负极与第一功率二极管 D_1 的阳极连接。

[0055] 全桥逆变电路 31 包括第四功率开关管 S_4 、第五功率开关管 S_5 、第六功率开关管 S_6 和第七功率开关管 S_7 。第四功率开关管 S_4 的发射极与第五功率开关管 S_5 的集电极连接，第六功率开关管 S_6 的发射极和第七功率开关管 S_7 的集电极连接，第四功率开关管 S_4 和第六功率开关管 S_6 的集电极均与第二直流母线电容 C_{dc2} 的正极连接，第五功率开关管 S_5 和第七功率开关管 S_7 的发射极均与第二直流母线电容 C_{dc2} 的负极连接。

[0056] 交流滤波电路 32 包括第一滤波电感 L_{f1} 、第二滤波电感 L_{f2} 和滤波电容 C_f 。第一滤波电感 L_{f1} 的一端与第四功率开关管 S_4 的发射极连接，另一端与滤波电容 C_f 的一端连接，滤波电容 C_f 的另一端与第二滤波电感 L_{f2} 的一端连接，第二滤波电感 L_{f2} 的另一端与第六功率开关管 S_6 的发射极连接，滤波电容 C_f 的两端外接电网 u_g 。

[0057] 直流旁路支路 2 具有第一连接端、第二连接端和第三连接端，第二连接端和第三连接端为直流旁路支路 2 的输出端，第一连接端为直流旁路支路 2 的输入端；第一连接端与第一直流母线电容 C_{dc1} 的负极连接，第二连接端与第六功率开关管 S_6 的发射极连接，第三连接端与第四功率开关管 S_4 的发射极连接。

[0058] 上述直流旁路支路 2 也具有以下两种结构，具体如下。

[0059] 第一种结构如图 8 所示：直流旁路支路 2 包括第二功率二极管 D_2 、第二功率开关管 S_2 和第三功率开关管 S_3 ，第二功率二极管 D_2 的阴极与第一连接端连接，阳极分别与第二功率开关管 S_2 和第三功率开关管 S_3 的发射极连接，第二功率开关管 S_2 的集电极与第二连接端连接，第三功率开关管 S_3 的集电极与第三连接端连接。

[0060] 第二种结构如图 9 所示：直流旁路支路 2 包括第三功率二极管 D_3 、第四功率二极管 D_4 、第二功率开关管 S_2 和第三功率开关管 S_3 ，第三功率二极管 D_3 和第四功率二极管 D_4 的阴极均与第一连接端连接，第三功率二极管 D_3 的阳极与第二功率开关管 S_2 的发射极连接，第二功率开关管 S_2 的集电极与第二连接端连接，第四功率二极管 D_4 的阳极与第三功率开关管 S_3 的发射极连接，第三功率开关管 S_3 的集电极与第三连接端连接。

[0061] 实施例二所述的光伏并网逆变器，采用第一种结构的直流旁路支路 2，其包含六种工作模态：

[0062] 模态一：全桥逆变电路 31 中的第四功率开关管 S_4 和第七功率开关管 S_7 开通，全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断，进网电流依次流过第四功率开关管 S_4 、第一滤波电感 L_{f1} 、电网 u_g 、第二滤波电感 L_{f2} 、第七功率开关管 S_7 ；全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为第二直流母线电容 C_{dc2} 电压；

[0063] 模态二：直流旁路支路 2 中第二功率开关管 S_2 开通，第三功率开关管 S_3 关断，全桥逆变电路 31 中的第四功率开关管 S_4 开通，全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断，进网电流依次流过第四功率开关管 S_4 、第一滤波电感 L_{f1} 、电网 u_g 、第二滤波电感 L_{f2} 、第二功率开关管 S_2 。

管 S_2 、第二功率二极管 D_2 ;全桥逆变电路输出的桥臂电压为光伏组件串 U_{PV} 电压;

[0064] 模态三:全桥逆变电路 31 中的第四功率开关管 S_4 开通,全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断,进网电流依次流过第四功率开关管 S_4 、第一滤波电感 L_{f1} 、电网 u_g 、第二滤波电感 L_{f2} 、第六功率开关管 S_6 的反并联二极管;全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为零;

[0065] 模态四:全桥逆变电路 31 中的第五功率开关管 S_5 、第六功率开关管 S_6 开通,全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断,进网电流依次流过第六功率开关管 S_6 、第二滤波电感 L_{f2} 、电网 u_g 、第一滤波电感 L_{f1} 、第五功率开关管 S_5 ;全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为负的第二直流母线电容 C_{dc2} 电压;

[0066] 模态五:直流旁路支路 2 中第三功率开关管 S_3 开通,第二功率开关管 S_2 关断,全桥逆变电路 31 中的第六功率开关管 S_6 开通,全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断,进网电流依次流过第六功率开关管 S_6 、第二滤波电感 L_{f2} 、电网 u_g 、第一滤波电感 L_{f1} 、第三功率开关管 S_3 、第二功率二极管 D_2 ;全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为负的光伏组件串 U_{PV} 电压;

[0067] 模态六:全桥逆变电路 31 中的第六功率开关管 S_6 开通,全桥逆变电路 31 中的其它开关管关断,进网电流依次流过第六功率开关管 S_6 、第二滤波电感 L_{f2} 、电网 u_g 、第一滤波电感 L_{f1} 、第四功率开关管 S_4 的反并联二极管;全桥逆变电路 31 输出的桥臂电压为零。

[0068] 实施例二所述的光伏并网逆变器,采用第二种结构的直流旁路支路 2,也包含六种工作模态,其过程与上述六种模态类似,很容易推导出,这里不做详细叙述。

[0069] 如图 10 所示,为实施例二的驱动原理波形。图中 u_{gs2} 至 u_{gs7} 表示第二至第七功率开关管 $S_2 \sim S_7$ 的驱动电压, u_{st1} 和 u_{st2} 分别表示第一和第二载波信号, u_{st1} 和 u_{st2} 的相位相差 180 度, u_e 表示调制波信号。该波形与图 6 中的波形基本一致,这里也不详细叙述。

[0070] 上述无论是实施例一还是实施例二,其中的升压变换电路 1 均为非隔离升压变换电路 1,该升压变换电路 1 可以被配置成不同的拓扑结构。

[0071] 上述光伏并网逆变器的控制方法:若光伏组件串 U_{PV} 输出电压高于电网 u_g 电压瞬时值的绝对值,全桥逆变电路 31 的输出端电压在零和光伏组件串 U_{PV} 输出电压之间高频变化,变化频率等于全桥逆变电路 31 的开关频率;

[0072] 若光伏组件串 U_{PV} 输出电压低于电网 u_g 电压瞬时值的绝对值,全桥逆变电路 31 的输出端电压在第二直流母线电容 C_{dc2} 电压和光伏组件串 U_{PV} 输出电压之间高频变化,变化频率等于全桥逆变电路 31 的开关频率。

[0073] 上述光伏并网逆变器引入直流旁路支路 2,当光伏组件串 U_{PV} 输出电压高于电网 u_g 电压瞬时绝对值,升压变换电路不工作,故减少了功率变换级数,可有效提高变换器的效率;上述光伏并网逆变器引入直流旁路支路 2,当光伏组件串 U_{PV} 电压高于电网 u_g 电压瞬时绝对值,并网逆变器桥臂的输出电压在光伏组件串 U_{PV} 电压和零之间高频变化,当光伏组件串 U_{PV} 电压低于电网 u_g 电压瞬时绝对值,并网逆变器桥臂的输出电压在光伏组件串 U_{PV} 电压和并网逆变器直流母线电压之间高频变化;因此,降低了并网逆变器桥臂的输出电压变化幅值,有利于减小滤波电感值,提高功率密度;上述光伏并网逆变器引入直流旁路支路 2,无需直流分压电容即具有多电平电路的特点。

[0074] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

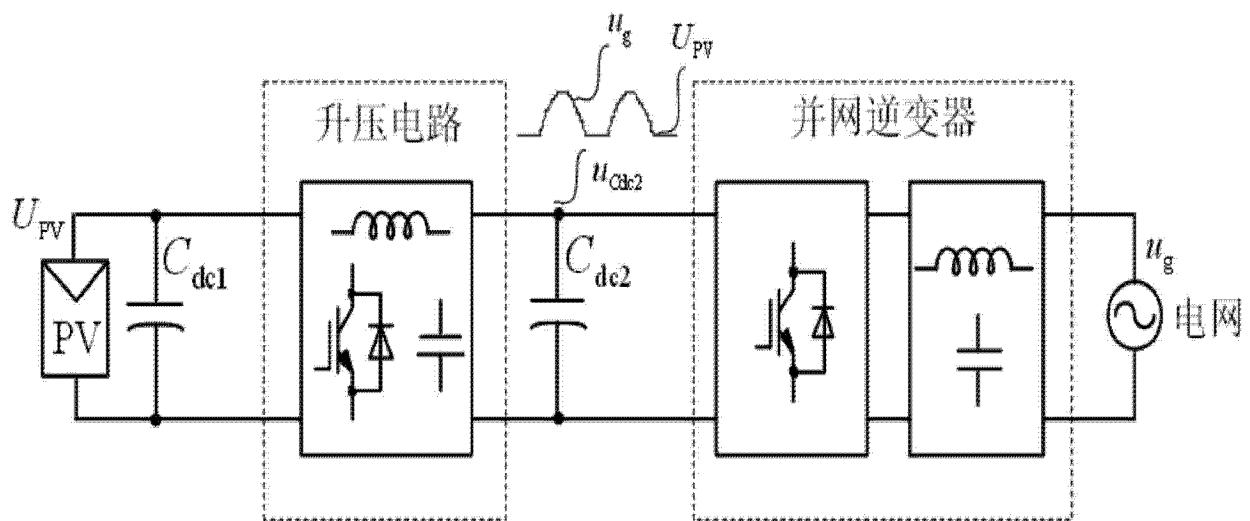


图 1

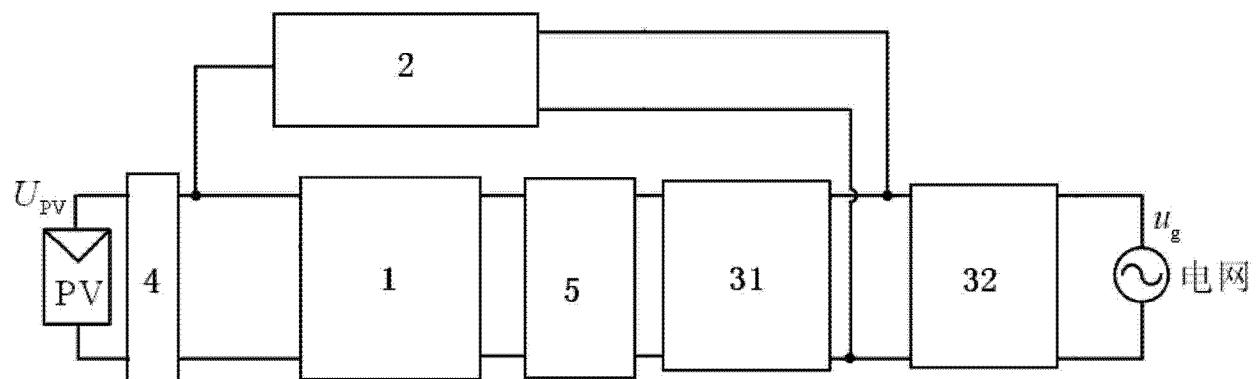


图 2

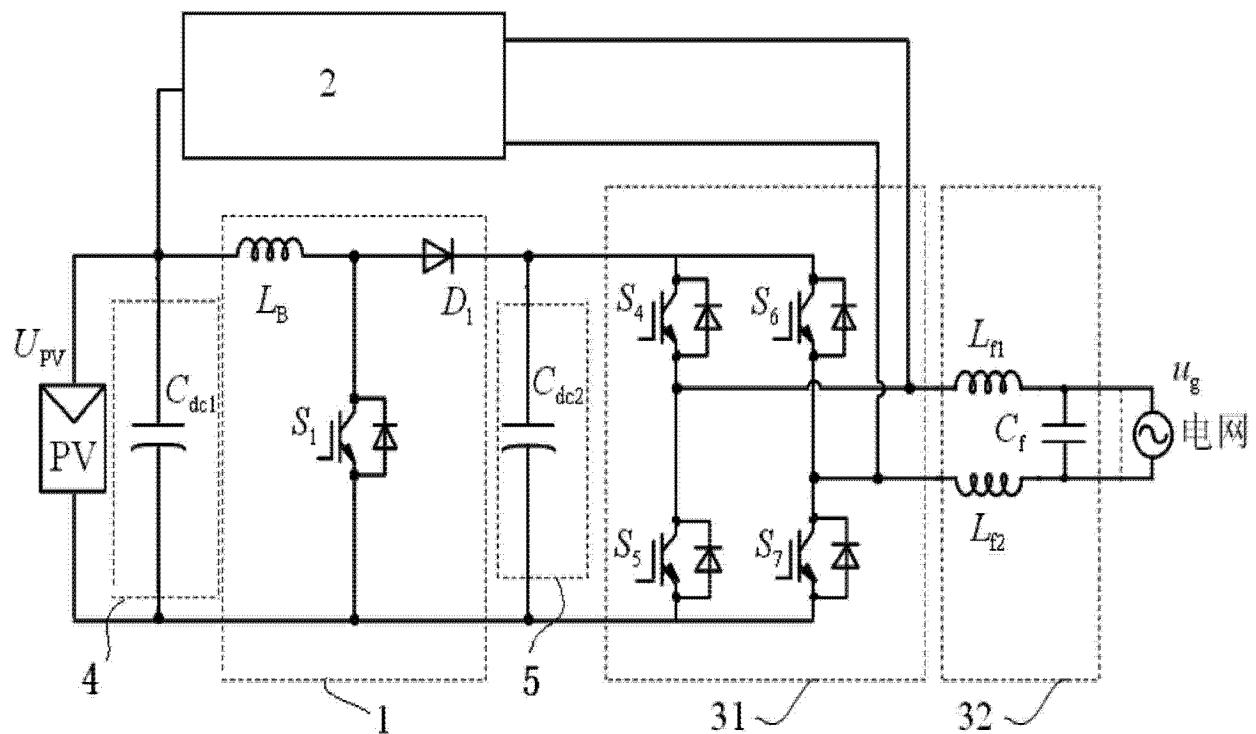


图 3

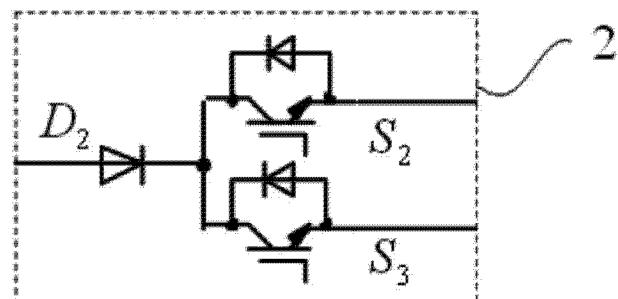


图 4

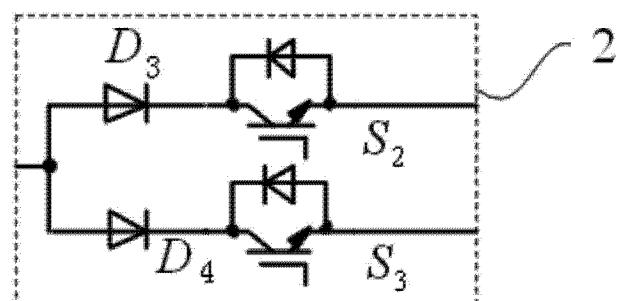


图 5

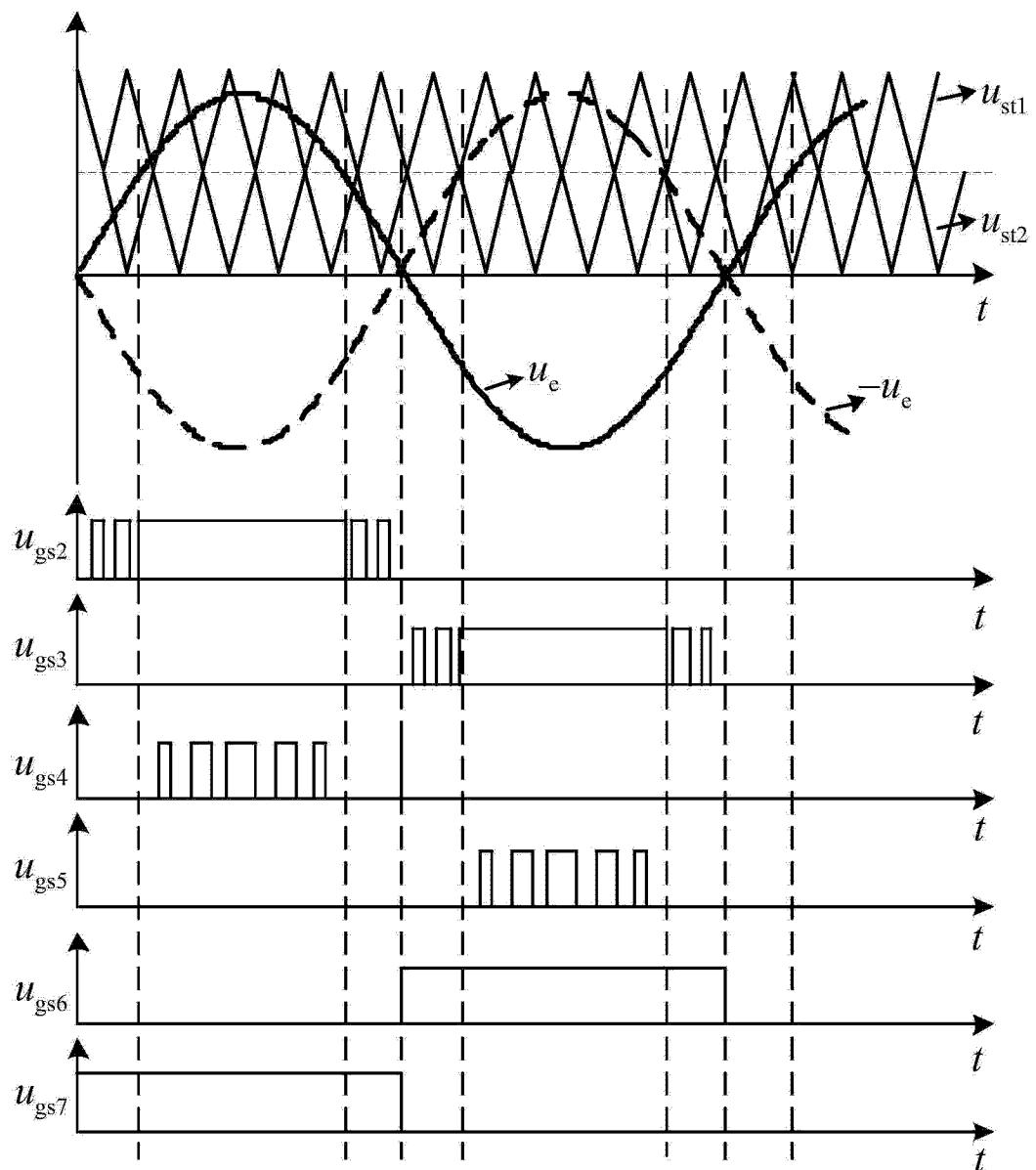


图 6

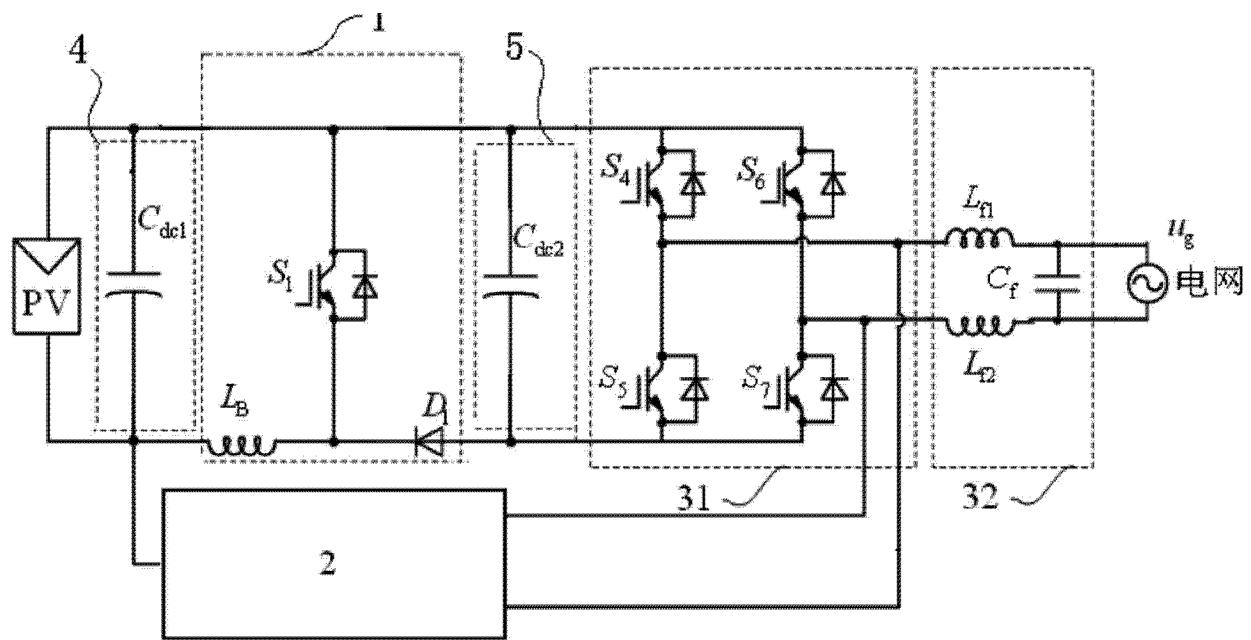


图 7

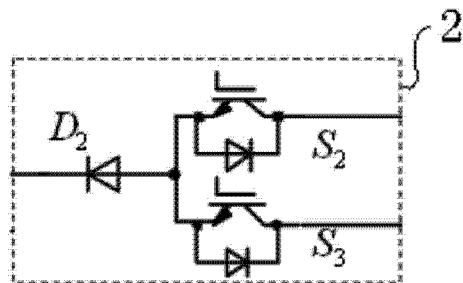


图 8

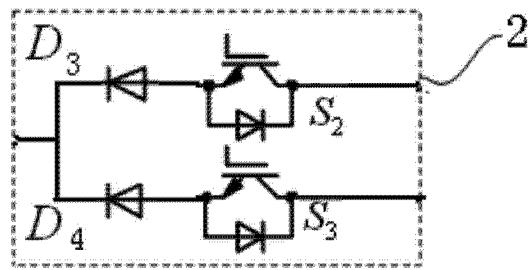


图 9

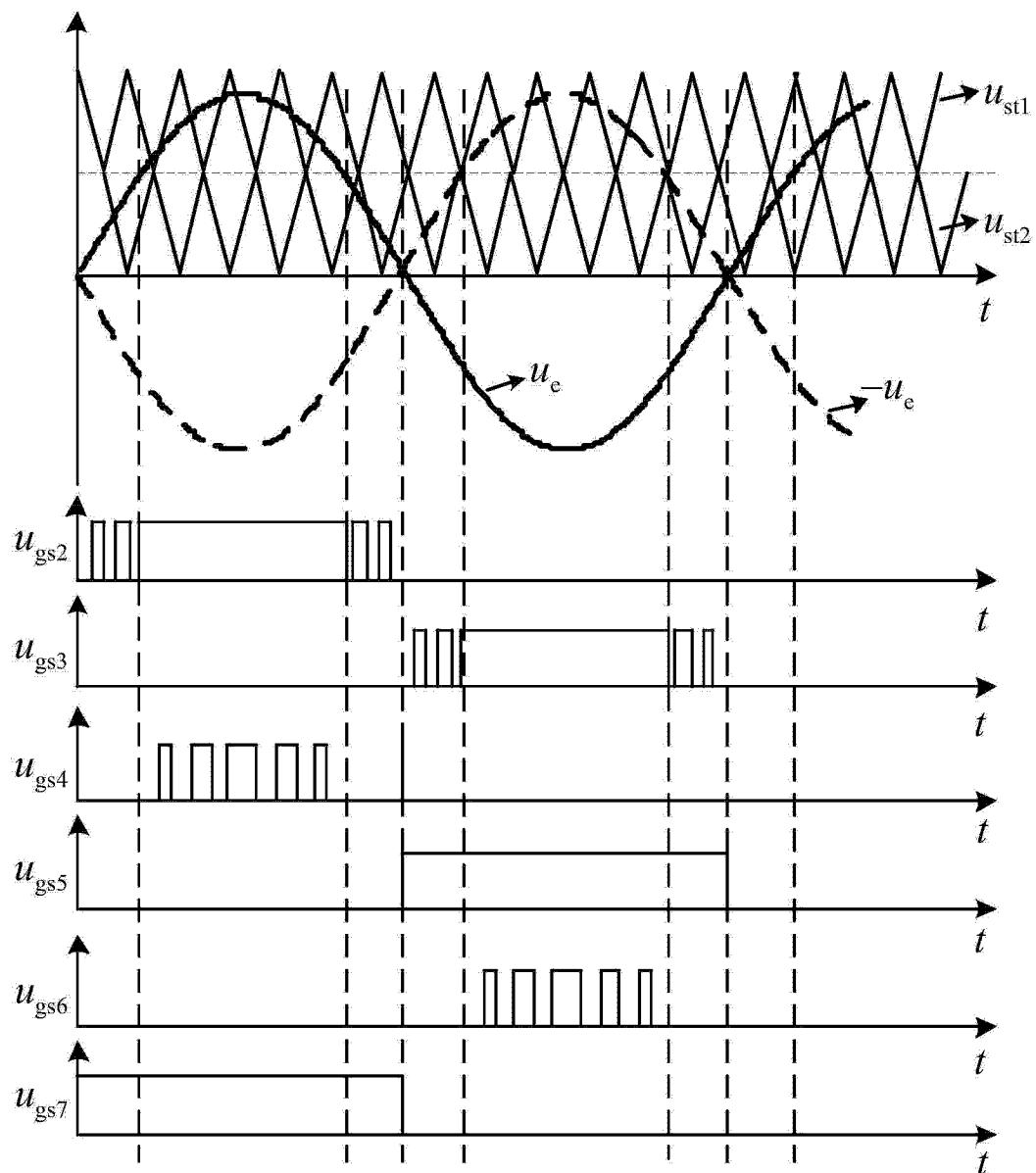


图 10