



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102882228 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 16

(21) 申请号 201210339515. 5

(22) 申请日 2012. 09. 13

(71) 申请人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号

(72) 发明人 王宝诚 郭小强 魏宝泽 魏艳君

(74) 专利代理机构 石家庄一诚知识产权事务所
13116

代理人 李合印

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006. 01)

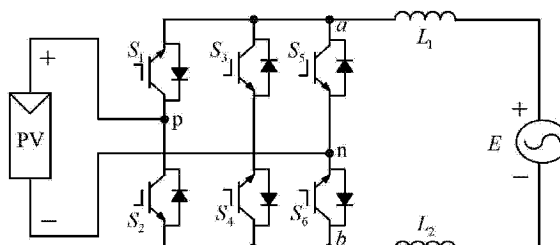
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种单相非隔离型光伏并网逆变器

(57) 摘要

本发明公开了一种单相非隔离型光伏并网逆变器及其控制方法,旨在解决单相非隔离型光伏并网逆变器存在的漏电流问题。一种单相非隔离型光伏并网逆变器,其技术方案要点是:由光伏电池阵列模块、六个可控开关管和两个电感组成。本发明的控制方法可使逆变器在整个工作周期内的共模电压保持不变,因此光伏系统对地寄生电容两端电压中不含高频分量,从而保证有效减小漏电流;另外,该电路允许桥臂直通而不会出现过电流,可靠性高,且六个开关管中任意时刻只有两个工作在高频模式,可以有效降低开关损耗。



1. 一种单相非隔离型光伏并网逆变器,是由光伏电池阵列模块、六个可控开关管和两个电感组成,其特征在于:直流母线的“+”端分别与可控开关管 S_1 的集电极和可控开关管 S_2 的集电极相连接,可控开关管 S_1 的发射极与可控开关管 S_3 的集电极和可控开关管 S_5 的集电极相连接;直流母线的“-”端分别与可控开关管 S_5 的发射极和可控开关管 S_6 的发射极相连接,可控开关管 S_6 的集电极与可控开关管 S_4 的集电极和可控开关管 S_2 的发射极相连接;可控开关管 S_3 的发射极和可控开关管 S_4 的发射极相连接,电感 L_1 的一端与可控开关管 S_5 的集电极相连接,另一端与电网的“+”端相连接,电感 L_2 的一端与可控开关管 S_6 的集电极相连接,另一端与电网的“-”端相连接。

2. 一种非隔离型单相光伏并网逆变器的控制方法,其控制步骤如下:

a. 在电网电压正半周期内,开关 S_4 一直导通,可控开关管 S_1 和可控开关管 S_6 同时导通或关断,而可控开关管 S_2 、可控开关管 S_3 和可控开关管 S_5 一直关断;采用 SPWM 调制控制可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 导通或关断,当可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 导通时,并网电流的流径为:直流母线“+”端→可控开关管 S_1 →电感 L_1 →电网→电感 L_2 →可控开关管 S_6 →直流母线“-”端→直流母线“+”端;当可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 关断时,并网电流的流径为:节点“a”→电感 L_1 →电网→电感 L_2 →可控开关管 S_4 →可控开关管 S_3 的反并联二极管→节点“a”;

b. 在电网电压负半周期内,可控开关管 S_3 一直导通,可控开关管 S_2 和可控开关管 S_5 同时导通或关断,而可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 和可控开关管 S_4 一直关断;采用 SPWM 调制控制可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 导通或关断,当可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 导通时,并网电流的流径为:直流母线“+”端→可控开关管 S_2 →电感 L_2 →电网→电感 L_1 →可控开关管 S_5 →直流母线“-”端→直流母线“+”端;当可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 关断时,并网电流的流径为:节点“b”→电感 L_2 →电网→电感 L_1 →可控开关管 S_3 →可控开关管 S_4 的反并联二极管→节点“b”。

一种单相非隔离型光伏并网逆变器

技术领域

[0001] 本发明属于电力电子变换领域,涉及由直流功率输入到交流功率输出的逆变器控制技术,具体说是一种单相非隔离型光伏并网逆变器及其控制方法。

背景技术

[0002] 太阳能发电是能源有效利用的重要手段之一,自从 1954 年第一块实用光伏电池问世以来,光伏发电技术取得了长足的进步。据国际能源机构 IEA 统计数据显示,1992—2010 年之间,光伏发电系统容量呈逐年递增趋势,并网型光伏系统增长趋势较快,是目前广泛采用的发电方式。为了实现光伏系统并网运行,需要通过电力电子装置进行功率变换,其中,逆变器作为光伏系统和电网之间的接口,起着至关重要的作用。通过逆变器的控制不仅可以保证光伏并网系统高质量地向电网输送功率,而且在电网发生故障时还可以实现有效的孤岛保护。

[0003] 传统的并网逆变器系统输出端一般安装工频隔离变压器,以实现电压调整和电气隔离,在保证安全的同时可以有效地减小光伏发电系统可能产生的漏电流。但是,由于工频隔离变压器体积大、成本高、损耗大,影响系统整机效率。因此,无工频隔离变压器的并网逆变器系统成为目前研究的热点。

[0004] 虽然去掉工频变压器可以使光伏并网系统整体效率得到一定改善,但却带来一些新的问题,比如漏电流现象。漏电流的本质为共模电流,其产生原因是光伏系统和大地之间存在寄生电容,当寄生电容 - 光伏系统 - 电网三者之间形成回路时,共模电压将在寄生电容上产生共模电流。当光伏系统中安装有工频变压器时,由于回路中变压器绕组间寄生电容阻抗相对较大,因此回路中共模电压产生的共模电流可以得到一定抑制。然而在无变压器的光伏系统中,回路阻抗相对较小,共模电压将在光伏系统和大地之间的寄生电容上形成较大的共模电流,即漏电流。漏电流可能引发并网电流畸变、电磁干扰,甚至还可能对人身安全构成威胁。

[0005] 单相全桥逆变器 SPWM 调制方法一般可分为双极性调制和单极性调制。采用单极性调制的单相全桥光伏并网逆变器具有输出电压纹波小、效率高等特点,但该方案存在较大漏电流;采用双极性调制虽可以抑制漏电流,但输出电压纹波和开关损耗比单极性调制大,从而导致滤波电感大、系统效率低。目前解决漏电流的方案主要是通过改进逆变器的拓扑结构,包括直流侧接地法、直流旁路法和交流旁路法等。

[0006] 直流侧接地法:该方法一般采用半桥电路,将直流侧两个电容中点接地,使得光伏系统对地寄生电容两端电压维持在直流侧电压的 $1/2$,从而达到抑制漏电流的目的。但该方案要求直流侧电压较高,一般是全桥电路的 2 倍,需要较高耐压的开关器件,增加了系统成本。

[0007] 直流旁路法和交流旁路法:此类方法的核心思想是在单相全桥电路的基础上进行改进的,通过加入辅助开关实现单极性调制的同时,保持系统共模电压恒定,从而达到抑制漏电流的目的。

[0008] 美国 2006 年的 7046534 号专利提出在单相全桥电路交流侧加入辅助开关构成续流回路, 在实现单极性调制的同时保证共模电压恒定。美国 2005 年的 0286281 号专利提出在直流侧引入辅助开关, 在实现单极性调制的同时保证共模电压恒定。然而, 此类基于全桥电路改进的拓扑存在的主要问题是: 由于上述电路结构源于全桥电路, 因此同一桥臂不能直通, 否则会出现过电流。而在实际应用中, 由于电路外部或内部干扰, 有可能导致同一桥臂开关驱动误动作而引起桥臂直通产生过电流, 从而影响系统的可靠性。

发明内容

[0009] 本发明的目的是为了解决上述存在的技术问题。为实现上述目的, 本发明的目的之一是通过以下技术方案实现的:

[0010] 一种单相非隔离型光伏并网逆变器, 是由光伏电池阵列模块、六个可控开关管和两个电感组成, 直流母线的“+”端分别与可控开关管 S_1 的集电极和可控开关管 S_2 的集电极相连接, 可控开关管 S_1 的发射极与可控开关管 S_3 的集电极和可控开关管 S_5 的集电极相连接; 直流母线的“-”端分别与可控开关管 S_5 的发射极和可控开关管 S_6 的发射极相连接, 可控开关管 S_6 的集电极与可控开关管 S_4 的集电极和可控开关管 S_2 的发射极相连接; 可控开关管 S_3 的发射极和可控开关管 S_4 的发射极相连接, 电感 L_1 的一端与可控开关管 S_5 的集电极相连接, 另一端与电网的“+”端相连接, 电感 L_2 的一端与可控开关管 S_6 的集电极相连接, 另一端与电网的“-”端相连接。

[0011] 本发明的目的还在于提供一种非隔离型单相光伏并网逆变器的控制方法, 其控制步骤如下:

[0012] a. 在电网电压正半周期内, 开关 S_4 一直导通, 可控开关管 S_1 和可控开关管 S_6 同时导通或关断, 而可控开关管 S_2 、可控开关管 S_3 和可控开关管 S_5 一直关断; 采用 SPWM 调制控制可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 导通或关断, 当可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 导通时, 并网电流的流径为: 直流母线“+”端 → 可控开关管 S_1 → 电感 L_1 → 电网 → 电感 L_2 → 可控开关管 S_6 → 直流母线“-”端 → 直流母线“+”端; 当可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 关断时, 并网电流的流径为: 节点“a” → 电感 L_1 → 电网 → 电感 L_2 → 可控开关管 S_4 → 可控开关管 S_3 的反并联二极管 → 节点“a”;

[0013] b. 在电网电压负半周期内, 可控开关管 S_3 一直导通, 可控开关管 S_2 和可控开关管 S_5 同时导通或关断, 而可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 和可控开关管 S_4 一直关断; 采用 SPWM 调制控制可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 导通或关断, 当可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 导通时, 并网电流的流径为: 直流母线“+”端 → 可控开关管 S_2 → 电感 L_2 → 电网 → 电感 L_1 → 可控开关管 S_5 → 直流母线“-”端 → 直流母线“+”端; 当可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 关断时, 并网电流的流径为: 节点“b” → 电感 L_2 → 电网 → 电感 L_1 → 可控开关管 S_3 → 可控开关管 S_4 的反并联二极管 → 节点“b”。

[0014] 由于采用上述技术方案, 本发明提供的一种单相非隔离型光伏并网逆变器及其控制方法, 与现有技术相比, 具有这样的有益效果是:

[0015] ①该并网逆变器输出电压三电平(类似单相全桥单极性调制), 可有效减小电感体积和尺寸, 减小电感电流纹波;

[0016] ②克服了传统单相全桥电路中桥臂直通时存在过电流的问题, 该电路允许桥臂直

通而不会出现过电流,可靠性高;

[0017] ③该拓扑及其控制方法可保证共模电压恒定,从而有效减小漏电流;

[0018] ④任意时刻六个开关管中只有两个工作在高频模式,可以有效降低开关损耗。

附图说明

[0019] 图 1 为本发明的非隔离型单相光伏并网逆变器的电路原理图;

[0020] 图 2 为本发明的光伏并网逆变器开关控制逻辑;

[0021] 图 3 为电网电压正半周时,可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 和可控开关管 S_4 同时导通,直流侧向电网输送功率电路;

[0022] 图 4 为电网电压正半周时,可控开关管 S_4 导通而可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 关断时的电网侧续流电路;

[0023] 图 5 为电网电压负半周时,可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 和可控开关管 S_3 同时导通,直流侧向电网输送功率电路;

[0024] 图 6 为电网电压负半周时,可控开关管 S_3 导通而可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 关断时的电网侧续流电路。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图与具体实施方式对本发明作进一步详细描述:

[0026] 表 1 为该光伏逆变器四个工作过程对应的开关状态和寄生电容 C_{pv} 两端的电压。

[0027] 如图 1 所示,为本发明的非隔离型单相光伏并网逆变器的电路原理图拓扑结构,主要由光伏电池阵列模块、六个可控开关管和两个电感组成,直流母线的“+”端分别与可控开关管 S_1 的集电极和可控开关管 S_2 的集电极相连接,可控开关管 S_1 的发射极与可控开关管 S_3 的集电极相连接,可控开关管 S_3 的集电极与可控开关管 S_5 的集电极相连接;直流母线的“-”端分别与可控开关管 S_5 的发射极和可控开关管 S_6 的发射极相连接,可控开关管 S_6 的集电极与可控开关管 S_4 的集电极相连接,可控开关管 S_4 的集电极与可控开关管 S_2 的发射极相连接。可控开关管 S_3 的发射极和可控开关管 S_4 的发射极相连接,电感 L_1 的一端与可控开关管 S_5 的集电极相连接,另一端与电网的“+”端相连接,电感 L_2 的一端与可控开关管 S_6 的集电极相连接,另一端与电网的“-”端相连接。通过适当控制,保证并网电流和电网电压同频同相,实现单位功率因数并网运行。 C_{pv} 为光伏电池板和地之间的寄生电容,其容值与外部环境条件、光伏电池板尺寸结构等因素有关,一般在 $50 \sim 150 \text{ nF/kW}$ 左右。

[0028] 图 2 中,本发明的光伏并网逆变器工作在电网电压正半周期内,可控开关管 S_4 一直导通,可控开关管 S_1 和可控开关管 S_6 同时导通或关断,而可控开关管 S_2 、可控开关管 S_3 和可控开关管 S_5 一直关断;采用 SPWM 调制控制可控开关管 S_1 和可控开关管 S_6 导通或关断;图 3 中,当可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 导通时, $U_{C_{pv}} = 1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,即光伏系统寄生电容 C_{pv} 两端电压为 $1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,而 $U_{an} = U_{dc}$, $U_{bn} = 0$,则共模电压 $U_{cm} = U_{dc}/2$;图 4 中,当而可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 关断时, $U_{C_{pv}} = 1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,即光伏系统寄生电容 C_{pv} 两端电压为 $1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,而 $U_{an} = U_{dc}/2$, $U_{bn} = U_{dc}/2$,则共模电压 $U_{cm} = U_{dc}/2$,所以电网电压正半周时,共模电压保持不变。

[0029] 图 5 中,本发明的光伏并网逆变器工作在电网电压负半周期内,可控开关管 S_3 一

直导通,可控开关管 S_2 和可控开关管 S_5 同时导通或关断,而可控开关管 S_1 、可控开关管 S_6 和可控开关管 S_4 一直关断;采用 SPWM 调制控制可控开关管 S_2 和可控开关管 S_5 导通或关断,当可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 导通时, $U_{C_{pv}} = 1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,即光伏系统寄生电容 C_{pv} 两端电压为 $1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,而 $U_{an}=0$, $U_{bn}=U_{dc}$,则共模电压 $U_{cm} = U_{dc}/2$;图 6 中,当可控开关管 S_3 导通而可控开关管 S_2 、可控开关管 S_5 关断时, $U_{C_{pv}} = 1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,即光伏系统寄生电容 C_{pv} 两端电压 $1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$,而 $U_{an}=U_{dc}/2$, $U_{bn} = U_{dc}/2$,则共模电压 $U_{cm}=U_{dc}/2$,所以电网电压负半周时,共模电压也保持不变。

[0030] 下表中列出了 4 个工作过程的开关状态和对应的电容 C_{pv} 两端电压。其中, U_m 、 φ 和 ω 分别为电网电压的幅值,相位和频率,ON 代表开关导通,OFF 代表开关关断。

[0031] 表 1

[0032]

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	$U_{C_{pv}}$	U_{cm}	
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	$1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$	$U_{dc}/2$	正半周
OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	$1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$	$U_{dc}/2$	
OFF	ON	ON	OFF	ON	OFF	$1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$	$U_{dc}/2$	负半周
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	$1/2[U_m \sin(\omega t + \varphi) - U_{dc}]$	$U_{dc}/2$	

[0033] 根据上表可知,光伏系统对地寄生电容两端电压中不含高频分量,由于系统漏电流为 $i = C_{pv}(dU_{C_{pv}}/dt)$,根据上述分析可知该拓扑及其调制方案可以有效减小漏电流。

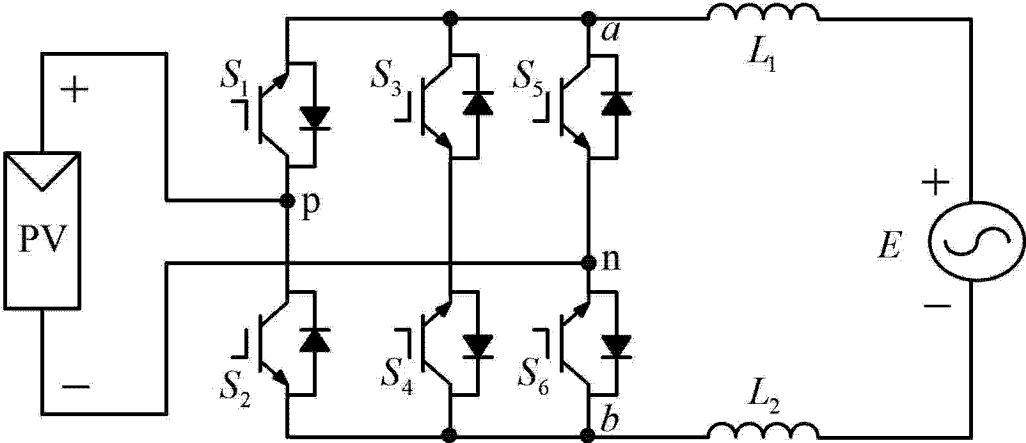


图 1

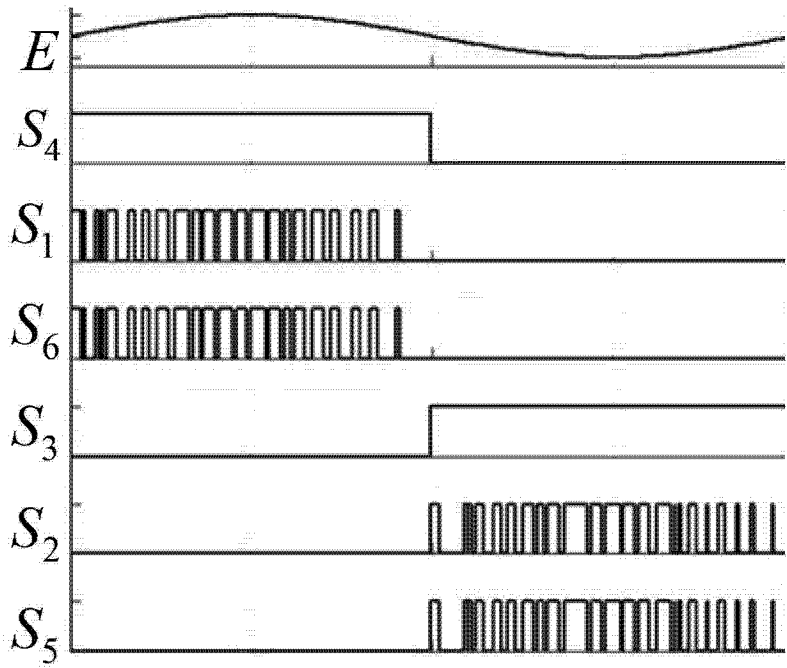


图 2

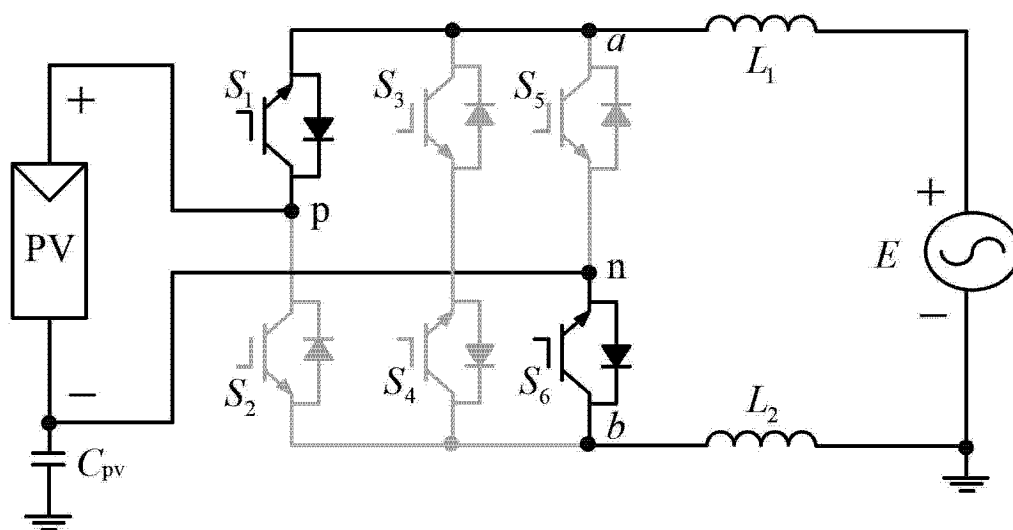


图 3

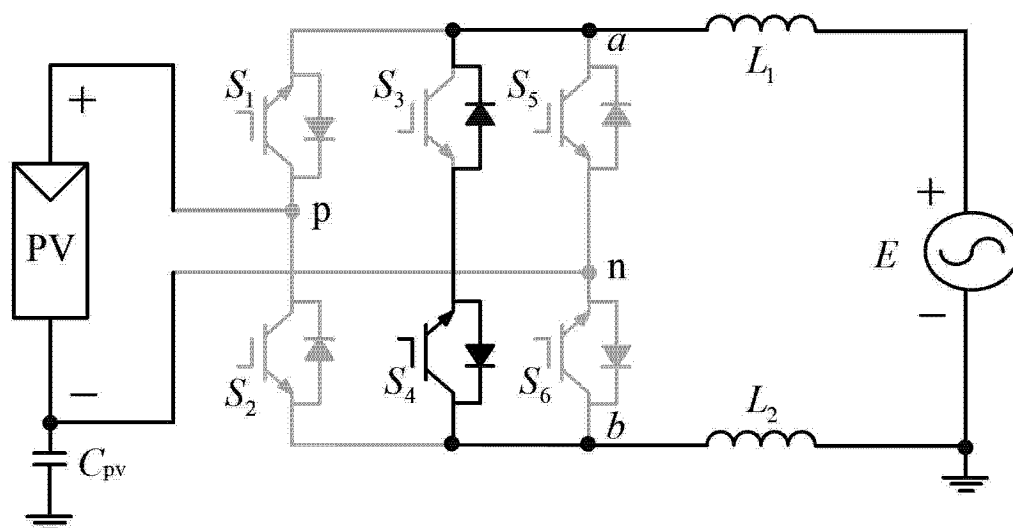


图 4

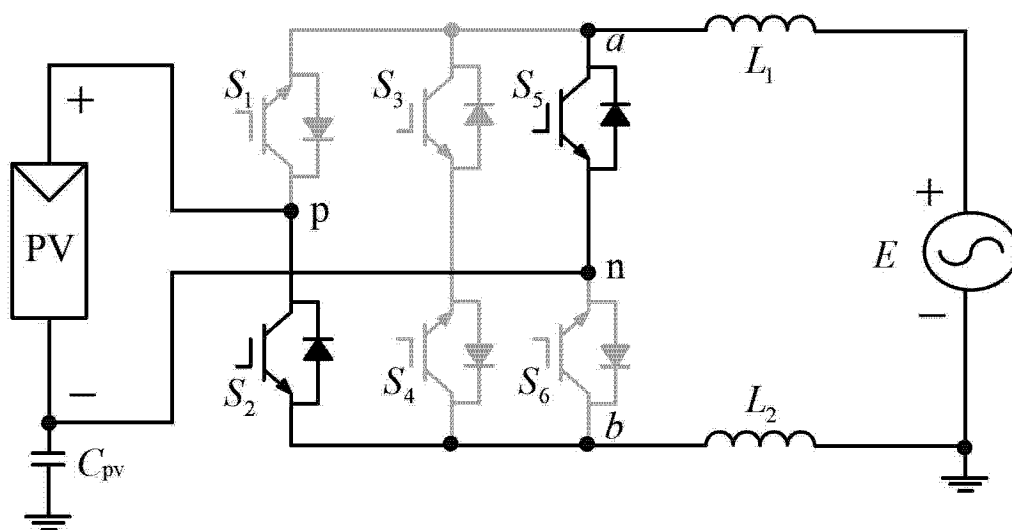


图 5

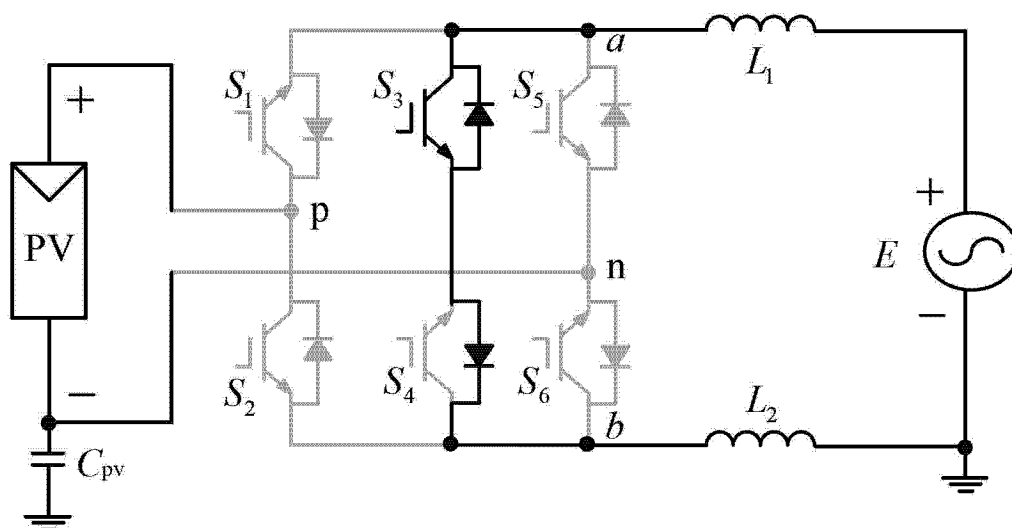


图 6