



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109494991 A

(43)申请公布日 2019.03.19

(21)申请号 201811581127.1

(22)申请日 2018.12.24

(71)申请人 深圳市京泉华科技股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市宝安区观澜街道陂头吓社区京泉华工业园

(72)发明人 张立品 张礼扬 李战功 谢春华

(74)专利代理机构 深圳市赛恩倍吉知识产权代理有限公司 44334

代理人 谢蓓 肖昀

(51)Int.Cl.

H02M 3/335(2006.01)

H02M 1/44(2007.01)

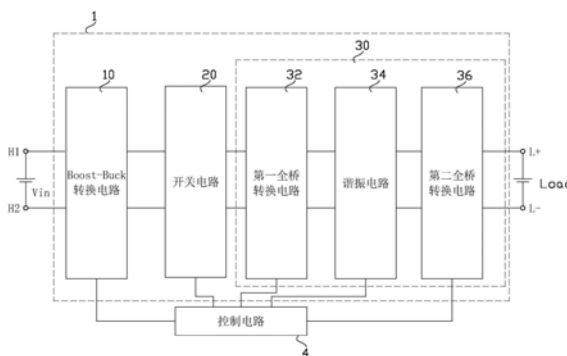
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

双向直流转换电路

(57)摘要

一种双向直流转换电路连接于高压端和低压端之间,以预定周期依次重复工作在充电阶段、死区阶段以及放电阶段。双向直流转换电路包括Boost-Buck转换电路LLC谐振电路。在充电阶段,Boost-Buck转换电路用于将高压端提供的输入电压进行降压后输出第一电压,LLC谐振电路将第一电压进行降压和转换后对低压端进行充电;在放电阶段,LLC谐振电路将低压端提供的输出电压进行升压和转换后输出第二电压,Boost-Buck转换电路对第二电压进行升压。LLC谐振电路包括第一全桥转换电路、谐振电路、第二全桥转换电路以及开关电路。开关电路用于在死区阶段时断开Boost-Buck转换电路和第一全桥转换电路之间的电性连接,并在充电阶段和放电阶段建立Boost-Buck转换电路和第一全桥转换电路之间的电性连接。



1. 一种双向直流转换电路,连接于高压端和低压端之间;所述双向直流转换电路以预定周期依次重复工作在充电阶段、死区阶段以及放电阶段;所述双向直流转换电路包括Boost-Buck转换电路和LLC谐振电路;在所述充电阶段,所述Boost-Buck转换电路将所述高压端提供的输入电压进行降压后输出第一电压,所述LLC谐振电路将所述第一电压进行降压和转换后对所述低压端进行充电;在所述放电阶段,所述低压端放电以提供输出电压给所述LLC谐振电路,所述LLC谐振电路将所述输出电压进行升压和转换后输出第二电压,所述Boost-Buck转换电路对所述第二电压进行升压;其特征在于:所述双向直流转换电路包括第一全桥转换电路、谐振电路、第二全桥转换电路以及开关电路;所述开关电路用于在所述死区阶段时断开所述Boost-Buck转换电路和所述第一全桥转换电路之间的电性连接,并在所述充电阶段和所述放电阶段建立所述Boost-Buck转换电路和所述第一全桥转换电路之间的电性连接。

2. 如权利要求1所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述开关电路包括开关晶体管和第一电容;所述开关晶体管的栅极与控制电路电性连接,所述开关晶体管的源极通过所述Boost-Buck转换电路与所述高压端的第一输入端电性连接,所述开关晶体管的漏极通过所述第一电容与所述高压端的第二输入端电性连接。

3. 如权利要求2所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述Boost-Buck转换电路包括电感、第一晶体管以及第二晶体管;所述第一晶体管的栅极和所述第二晶体管的栅极分别与所述控制电路电性连接;所述第一晶体管的源极与所述电感的 first 端和所述第二晶体管的漏极电性连接,所述第一晶体管的漏极与所述高压端的第一输入端电性连接;所述第二晶体管的源极与所述高压端的第二输入端电性连接;所述电感的 second 端与所述LLC谐振电路和所述开关电路电性连接。

4. 如权利要求3所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述开关电路进一步包括第一辅助晶体管和第二辅助晶体管;所述第一辅助晶体管用于对流经所述第一晶体管的电流进行分流;所述第二辅助晶体管用于对流经所述第二晶体管的电流进行分流。

5. 如权利要求4所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述第一辅助晶体管的栅极与所述第一晶体管的栅极电性连接,所述第一辅助晶体管的源极与所述第一晶体管的源极电性连接,所述第一辅助晶体管的漏极与所述第一晶体管的漏极电性连接;所述第二辅助晶体管的栅极与所述第二晶体管的栅极电性连接,所述第二辅助晶体管的源极与所述第二晶体管的源极电性连接,所述第二辅助晶体管的漏极与所述第二晶体管的漏极电性连接。

6. 如权利要求2所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述第一全桥转换电路电性连接于所述Boost-Buck转换电路和所述谐振电路之间;所述谐振电路电性连接于所述第一全桥转换电路和所述第二全桥转换电路之间;所述第二全桥转换电路电性连接于所述谐振电路和所述低压端之间;在所述充电阶段,所述第一全桥转换电路对所述Boost-Buck转换电路输出的所述第一电压转换成第一交流方波电压,所述谐振电路对所述第一交流电压进行降压并将所述第一交流方波电压转换成第一交流正弦电压,所述第二全桥转换电路将所述第一交流正弦电压进行转换后对所述低压端进行充电。

7. 如权利要求6所述的双向直流转换电路,其特征在于:在所述放电阶段,所述第二全桥转换电路将所述低压端提供的输出电压转换为第二交流方波电压,所述谐振电路将所述第二交流方波电压进行升压后并转换成第二交流正弦电压,所述第一全桥转换电路对所述

第二交流正弦电压进行转换后输出所述第二电压给所述Boost-Buck转换电路。

8. 如权利要求6所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述第二全桥转换电路包括第七晶体管、第八晶体管、第九晶体管、第十晶体管以及第二电容;所述第七晶体管、所述第八晶体管、所述第九晶体管以及所述第十晶体管的栅极与所述控制电路电性连接;所述第七晶体管和所述第九晶体管的漏极与所述低压端的正极电性连接;所述第七晶体管的源极与所述谐振电路的第三端电性连接;所述第九晶体管的源极与所述谐振电路的第四端电性连接;所述第八晶体管和所述第十晶体管的源极与所述低压端的负极电性连接;所述第八晶体管的源极与所述第七晶体管的漏极和所述谐振电路的第三端电性连接,所述第十晶体管的漏极与所述第九晶体管的源极和所述谐振电路的第四端电性连接;所述第二电容的两端分别与所述低压端的正极和所述低压端的负极电性连接。

9. 如权利要求8所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述第二全桥转换电路进一步包括第三辅助晶体管、第四辅助晶体管、第五辅助晶体管以及第六辅助晶体管;所述第三辅助晶体管用于对流经所述第七晶体管的电流进行分流;所述第四辅助晶体管用于对流经所述第八晶体管的电流进行分流;所述第五辅助晶体管用于对流经所述第九晶体管的电流进行分流;所述第六辅助晶体管用于对流经所述第十晶体管的电流进行分流。

10. 如权利要求9所述的双向直流转换电路,其特征在于:所述第三辅助晶体管的栅极与所述第七晶体管的栅极电性连接,所述第三辅助晶体管的源极与所述第七晶体管的源极电性连接,所述第三辅助晶体管的漏极与所述第七晶体管的漏极电性连接,所述第四辅助晶体管的栅极与所述第八晶体管的栅极电性连接,所述第四辅助晶体管的源极与所述第八晶体管的源极电性连接,所述第四辅助晶体管的漏极与所述第八晶体管的漏极电性连接,所述第五辅助晶体管的栅极与所述第九晶体管的栅极电性连接,所述第五辅助晶体管的源极与所述第九晶体管的源极电性连接,所述第五辅助晶体管的漏极与所述第九晶体管的漏极电性连接,所述第六辅助晶体管的栅极与所述第十晶体管的栅极电性连接,所述第六辅助晶体管的源极与所述第十晶体管的源极电性连接,所述第六辅助晶体管的漏极与所述第十晶体管的漏极电性连接。

双向直流转换电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种双向直流转换电路。

背景技术

[0002] 随着风能、太阳能这一类新能源应用的大力发展,电池储能技术作为技术相对成熟,拥有功率密度高、充放电转换效率高、不受地理因数限制等特点也得到迅速的发展。目前储能系统电池端电压一般小于100V,而太阳能电池/风能发电机电压高达500V-800V,为进一步提高转换效率,目前很多公司将太阳能电池板的电压提高到了1200V-1500V并推出1400V系统,可以预计1400V系统将会成为未来的主流。

[0003] 目前主流的基于双向直流-直流(Direct Current-Direct Current,DC-DC)的双向充放电电路是由Buck/Boost电路和全桥电路来实现的,通过较为复杂的控制电路实现双向充放电控制,因电流双向流动的需要,通常全桥电路只能选择普通全桥来实现,不能选择移相全桥等软开关拓扑,造成整机系统效率较低。

发明内容

[0004] 有鉴于此,有必要提供一种改善两级硬开关的拓扑效率较低的双向直流转换电路。

[0005] 一种双向直流转换电路,连接于高压端和低压端之间。双向直流转换电路以预定周期依次重复工作在充电阶段、死区阶段以及放电阶段。双向直流转换电路包括Boost-Buck转换电路和LLC谐振电路。在充电阶段,Boost-Buck转换电路将高压端提供的输入电压进行降压后输出第一电压,LLC谐振电路将第一电压进行降压和转换后对低压端进行充电;在放电阶段,低压端放电以提供输出电压给LLC谐振电路,LLC谐振电路将输出电压进行升压和转换后输出第二电压,Boost-Buck转换电路对第二电压进行升压。LLC谐振电路包括第一全桥转换电路、谐振电路、第二全桥转换电路以及开关电路。开关电路用于在死区阶段时断开Boost-Buck转换电路和第一全桥转换电路之间的电性连接,并在充电阶段和放电阶段建立Boost-Buck转换电路和第一全桥转换电路之间的电性连接。

[0006] 上述双向直流转换电路,在死区阶段,开关电路控制LLC工作在零电压和零电流状态,可实现能量转换效率的大幅度提升,降低电磁干扰。

附图说明

[0007] 图1为本发明较佳实施方式之双向直流转换电路的模块示意图。

[0008] 图2为图1中所述双向直流转换电路的第一实施方式之电路示意图。

[0009] 图3为图2中第一晶体管、第三晶体管以及第五晶体管的波形示意图。

[0010] 图4为图1中所述双向直流转换电路的第二实施方式之电路示意图。

[0011] 图5为图1中所述双向直流转换电路的第三实施方式之电路示意图。

[0012] 主要元件符号说明

[0013]	双向直流转换电路	1、2、3
[0014]	高压端	Vin
[0015]	第一输入端	H1
[0016]	第二输入端	H2
[0017]	低压端	Load
[0018]	正极	L+
[0019]	负极	L-
[0020]	Boost-Buck转换电路	10
[0021]	开关电路	20
[0022]	LLC谐振电路	30
[0023]	控制电路	4
[0024]	充电阶段	P1
[0025]	死区阶段	P2
[0026]	放电阶段	P3
[0027]	第一全桥转换电路	32
[0028]	谐振电路	34
[0029]	第二全桥转换电路	36
[0030]	第一晶体管	Q1
[0031]	第二晶体管	Q2
[0032]	电感	L1
[0033]	开关晶体管	Q3
[0034]	第一电容	C1
[0035]	第三晶体管	Q4
[0036]	第四晶体管	Q5
[0037]	第五晶体管	Q6
[0038]	第六晶体管	Q7
[0039]	变压器	T1
[0040]	第一线圈	Lp
[0041]	第二线圈	Ls
[0042]	第七晶体管	Q8
[0043]	第八晶体管	Q9
[0044]	第九晶体管	Q10
[0045]	第十晶体管	Q11
[0046]	第二电容	C2
[0047]	第一辅助晶体管	Q1a
[0048]	第二辅助晶体管	Q2a
[0049]	第三辅助晶体管	Q8a
[0050]	第四辅助晶体管	Q9a
[0051]	第五辅助晶体管	Q10a

[0052] 第六辅助晶体管 Q11a

[0053] 如下具体实施方式将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

[0054] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0055] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0056] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0057] 在本发明的说明书和权利要求书的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接或可以相互通讯;可以是直接连接,也可以通过中间没接间接连接,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。术语“第一”、“第二”和“第三”等是用于区别不同对象,而非用于描述特定顺序。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况立即上述术语在本发明中的具体含义。

[0058] 下面结合附图对本发明双向直流转换电路的具体实施方式进行说明。

[0059] 请一并参阅图1,其为本发明一种实施方式的双向直流转换电路1的模块示意图。所述双向直流转换电路1可应用于并网逆变器、独立光伏逆变器、不间断电源系统(Uninterruptible Power System,UPS)等产品中,但并不限于此。所述双向直流转换电路1主要用于对电池充电或放电。

[0060] 所述双向直流转换电路1电性连接于高压端Vin和低压端Load。所述高压端Vin包括第一输入端H1和第二输入端H2。所述高压端Vin通过所述第一输入端H1和所述第二输入端H2之间的电压差提供输入电压。所述低压端Load包括正极L+以及负极L-。所述第一输入端H1为正向输入端,所述第二输入端H2为负向输入端。在本实施方式中,所述低压端Load可以为电池、蓄电池等储能元件。如图2所示所述双向直流转换电路1与控制电路2电性连接,并在所述控制电路2的控制下以预定周期依次重复工作在充电阶段P1、死区阶段P2以及放电阶段P3。所述死区阶段P2设置于所述充电阶段P1和所述放电阶段P3之间,是为了防止所述双向直流转换电路1中的元件被损坏。在所述充电阶段P1,所述双向直流转换电路1将所述输入电压进行升压后输出给所述低压端Load,以对所述低压端Load进行充电。在所述死区阶段P2,所述双向直流转换电路1工作在零电压和零电流状态。在所述放电阶段P3,所述双向直流转换电路1将所述低压端Load进行放电操作提供的输出电压进行升压后输出给所述高压端Vin的第一输入端H1和第二输入端H2,以实现所述低压端Load的放电操作。

[0061] 所述双向直流转换电路1包括Boost-Buck转换电路10、开关电路20以及LLC谐振电路30。

[0062] 在所述充电阶段P1,所述Boost-Buck转换电路10将所述输入电压进行降压并输出第一电压给所述LLC谐振电路30,所述LLC谐振电路30将所述第一电压进行再次降压后输出给所述低压端Load,以对所述低压端Load进行充电。

[0063] 在所述死区阶段P2,所述开关电路20断开所述Boost-Buck转换电路10和所述LLC谐振电路30之间的电性连接,使得所述Boost-Buck转换电路10和所述LLC谐振电路30处于软开关状态,以工作在零电压和零电流状态。

[0064] 在所述放电阶段P3,所述低压端Load进行放电并提供输出电压,并经过所述LLC谐振电路30升压后输出第二电压给所述Boost-Buck转换电路10,以实现所述低压端Load的放电操作,所述Boost-Buck转换电路10对所述第二电压进行升压后输出给所述高压端Vin。

[0065] 所述Boost-Buck转换电路10包括电感L1、第一晶体管Q1以及第二晶体管Q2。所述第一晶体管Q1的栅极和所述第二晶体管Q2的栅极分别与所述控制电路4电性连接。所述第一晶体管Q1的源极与所述电感L1的第一端和所述第二晶体管Q2的漏极电性连接,所述第一晶体管Q1的漏极与所述第一输入端H1电性连接。所述第二晶体管Q2的源极与所述第二输入端H2电性连接。所述电感L1的第二端与所述LLC谐振电路30电性连接。在所述充电阶段P1,所述第一晶体管Q1和所述第二晶体管Q2交替导通。

[0066] 所述开关电路20与所述Boost-Buck转换电路10、所述LLC谐振电路30以及所述控制电路4电性连接。所述开关电路20在所述充电阶段P1和所述放电阶段P3建立所述Boost-Buck转换电路10和所述LLC谐振电路30之间的电性连接,并在所述死区阶段P2控制所述Boost-Buck转换电路10断开和所述LLC谐振电路30之间的电性连接。所述开关电路20包括开关晶体管Q3和第一电容C1。所述开关晶体管Q3的栅极与所述控制电路4电性连接,所述开关晶体管Q3的源极与所述第二输入端H2电性连接,所述开关晶体管Q3的漏极通过所述第一电容C1与所述电感L1的第二端电性连接。

[0067] 请一并参阅图2,所述LLC谐振电路30包括第一全桥转换电路32、谐振电路34以及第二全桥转换电路36。所述第一全桥转换电路32电性连接于所述Boost-Buck转换电路10和所述谐振电路34之间。所述谐振电路34电性连接于所述第一全桥转换电路32和所述第二全桥转换电路36之间。所述第二全桥转换电路36电性连接与所述谐振电路34和所述低压端Load之间。

[0068] 在所述充电阶段P1,所述第一全桥转换电路32对所述Boost-Buck转换电路10输出的所述第一电压转换成第一交流方波电压,所述谐振电路34对所述第一交流电压进行降压并转换成第一交流正弦电压,所述第二全桥转换电路36将所述第一交流正弦电压进行转换后对所述低压端Load进行充电。

[0069] 在所述死区阶段P2,所述第一全桥转换电路32断开与所述Boost-Buck转换电路10之间的电性连接,使得所述Boost-Buck转换电路10工作在软开关状态,所述第一全桥转换电路32工作在零电流和零电压状态。

[0070] 在所述放电阶段P3,所述第二全桥转换电路36将所述低压端Load提供的输出电压转换为第二交流方波电压,所述谐振电路34将所述第二交流方波电压进行升压后转换成第二交流正弦电压,所述第一全桥转换电路32对所述第二交流正弦电压进行转换后输出所述

第二电压给所述Boost-Buck转换电路10。

[0071] 所述第一全桥转换电路32包括第三晶体管Q4、第四晶体管Q5、第五晶体管Q6以及第六晶体管Q7。所述第三晶体管Q4、所述第四晶体管Q5、所述第五晶体管Q6以及所述第六晶体管Q7的栅极与所述控制电路4电性连接。所述第三晶体管Q4和所述第五晶体管Q6的漏极与所述电感L1的第二端电性连接。所述第三晶体管Q4的源极与所述谐振电路34的第一端电性连接。所述第五晶体管Q6的源极与所述谐振电路34的第二端电性连接。所述第四晶体管Q5和所述第六晶体管Q7的源极与所述第二输入端H2电性连接。所述第四晶体管Q5的漏极与所述第三晶体管Q4的源极和所述谐振电路34的第一端电性连接，所述第六晶体管Q7的漏极与所述第五晶体管Q6的源极和所述谐振电路34的第二端电性连接。

[0072] 所述谐振电路34包括变压器T1。所述变压器T1包括第一线圈Lp和第二线圈Ls。在所述第一线圈Lp和所述第二线圈Ls任意一者上提供电流时，根据互感远离另一者上产生互感电流。所述第一线圈Lp和所述第二线圈Ls的线圈匝数比为k。其中，k为大于1的正整数。所述变压器T1用于在所述充电阶段将所述第一线圈Lp两端的电压按照所述线圈匝数比k进行降压后通过所述第二线圈Ls输出给所述第二全桥转换电路36，并在所述放电阶段将所述第二线圈Ls两端的电压按照所述线圈匝数比k进行升压后通过所述第一线圈Lp输出给所述第一全桥转换电路34。所述第一线圈Lp的第一端与所述第三晶体管Q4的源极和所述第四晶体管Q5的漏极电性连接，所述第一线圈Lp的第二端与所述第五晶体管Q6的源极和所述第六晶体管Q7的漏极电性连接，所述第二线圈Ls的第三端与所述第七晶体管Q8的源极和所述第八晶体管Q9的漏极电性连接，所述第二线圈Ls的第四端与所述第九晶体管Q10的源极和所述第十晶体管Q11的漏极电性连接。

[0073] 所述第二全桥转换电路36包括第七晶体管Q8、第八晶体管Q9、第九晶体管Q10、第十晶体管Q11以及第二电容C2。所述第七晶体管Q8、所述第八晶体管Q9、所述第九晶体管Q10以及所述第十晶体管Q11的栅极与所述控制电路4电性连接。所述第七晶体管Q8和所述第九晶体管Q10的漏极与所述低压端Load的正极L+电性连接。所述第七晶体管Q8的源极与所述谐振电路34的第三端电性连接。所述第九晶体管Q10的源极与所述谐振电路34的第四端电性连接。所述第八晶体管Q9和所述第十晶体管Q11的源极与所述低压端Load的所述负极L-电性连接。所述第八晶体管Q9的漏极与所述第七晶体管Q8的源极和所述谐振电路34的第三端电性连接，所述第十晶体管Q11的漏极与所述第九晶体管Q10的源极和所述谐振电路34的第四端电性连接。所述第二电容C2的两端分别与所述正极L+和所述负极L-电性连接。

[0074] 在本实施方式中，所述第一晶体管Q1、所述第二晶体管Q2、所述开关晶体管Q3、所述第三晶体管Q4、所述第四晶体管Q5、所述第五晶体管Q6、所述第六晶体管Q7、所述第七晶体管Q8、所述第八晶体管Q9、所述第九晶体管Q10以及所述第十晶体管Q11可以都为金属氧化物半导体型场效应管(Metal Oxide Semiconductor, MOS)。在其他实施方式中，所述第一晶体管Q1、所述第二晶体管Q2、所述开关晶体管Q3、所述第三晶体管Q4、所述第四晶体管Q5、所述第五晶体管Q6、所述第六晶体管Q7、所述第七晶体管Q8、所述第八晶体管Q9、所述第九晶体管Q10以及所述第十晶体管Q11也可以都为绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)，并不以此为限定。

[0075] 所述控制电路4用于控制所述第一晶体管Q1、所述第二晶体管Q2、所述开关晶体管Q3、所述第三晶体管Q4、所述第四晶体管Q5、所述第五晶体管Q6、所述第六晶体管Q7、所述第

七晶体管Q8、所述第八晶体管Q9、所述第九晶体管Q10以及所述第十晶体管Q11的导通与关闭。

[0076] 请一并参阅图3,所述双向直流转换电路1的工作原理如下:

[0077] 在所述充电阶段P1,所述第一晶体管Q1和所述第二晶体管Q2中任意一者导通时,所述电感L1根据所述输入电压进行充电。由于所述第一晶体管Q1和所述第二晶体管Q2交替导通,使得所述电感L1根据电磁感应原理将所述输入电压进行降压后输出所述第一电压。所述开关晶体管Q3导通,所述第一电压对所述第一电容C1充电。所述第三晶体管Q4和所述第四晶体管Q5交替导通,且所述第五晶体管Q6和所述第七晶体管Q7交替导通,根据所述第一电压在所述第一线圈Lp的第一端和第二端之间形成所述第一方波电压。所述第二线圈Ls根据所述线圈匝数比k将所述第一方波电压进行降压后输出所述第一交流正弦电压。所述第七晶体管Q8和所述第八晶体管Q9交替导通,所述第九晶体管Q10和所述第十晶体管Q11交替导通,以将所述第一正弦电压转换后对所述低压端Load充电。

[0078] 在死区阶段P2,所述第一晶体管Q1、所述第二晶体管Q2以及所述开关晶体管Q3截止,所述Boost-Buck转换电路10和所述第一全桥转换电路32之间的电性连接断开。由于没有回路,所述所述电感L1以及所述第一电容C1上存储的能量无法释放,故所述Boost-Buck转换电路10工作在软开关状态。所述第一线圈Lp的第一端和第二端的电压相等,没有电流流动,即实现零电压和零电流状态。此时,所述第三晶体管Q4、所述第四晶体管Q5、所述第五晶体管Q6以及所述第六晶体管Q7构成全桥硬开关电路,进行切换时不会形成电流。

[0079] 在所述放电阶段P3,所述第七晶体管Q8和所述第八晶体管Q9交替导通,所述第九晶体管Q10和所述第十晶体管Q11交替导通,以将所述低压端Load提供的输出电压提供给所述第二线圈Ls的第三端和第四端。所述第一线圈Lp根据所述线圈匝数比k将所述第二线圈Ls的第三端和第四端的形成所述第二方波电压。所述第一线圈Lp根据所述线圈匝数比k将所述第二方波电压进行升压后并转换为所述第二交流正弦电压。所述第三晶体管Q4和所述第四晶体管Q5交替导通,且所述第五晶体管Q6和所述第七晶体管Q7交替导通以将所述第二交流正弦电压转换为所述第二电压。所述开关晶体管Q3导通,以将所述第二电压提供给所述Boost-Buck转换电路10。所述第一晶体管Q1和所述第二晶体管Q2交替导通,使得所述电感L1将所述第二电压进行升压后输出给所述高压端Vin的第一输入端H1和第二输入端H2。

[0080] 采用上述双向直流转换电路,在死区阶段P2开关电路控制LLC工作在零电压和零电流状态,可实现能量转换效率的大幅度提升,并降低电磁干扰。

[0081] 请一并参阅图4,其为第二实施方式之所述双向直流转换电路2的电路示意图。所述双向直流转换电路2与所述双向直流转换电路1基本相同且工作原理类似,再次不再赘述。在第二实施方式中,与第一实施方式中具有相同功能的元件命名相同,不再赘述。所述双向直流转换电路2与所述双向直流转换电路1的区别在于:所述Boost-Buck转换电路10进一步包括第一辅助晶体管Q1a以及第二辅助晶体管Q2a。

[0082] 所述第一辅助晶体管Q1a用于对流经所述第一晶体管Q1的电流进行分流。所述第二辅助晶体管Q2a用于对流经所述第二晶体管Q2的电流进行分流。

[0083] 所述第一辅助晶体管Q1a的栅极与所述第一晶体管Q1的栅极电性连接,所述第一辅助晶体管Q1a的源极与所述第一晶体管Q1的源极电性连接,所述第一辅助晶体管Q1a的漏极与所述第一晶体管Q1的漏极电性连接。所述第二辅助晶体管Q2a的栅极与所述第二晶体

管Q2的栅极电性连接,所述第二辅助晶体管Q2a的源极与所述第二晶体管Q2的源极电性连接,所述第二辅助晶体管Q2a的漏极与所述第二晶体管Q2的漏极电性连接。

[0084] 上述双向直流转换电路2,在死区阶段P2所述LLC谐振电路30工作在零电压和零电流状态,可实现能量转换效率的大幅度提升,降低电磁干扰。进一步地,在Boost-Buck转换电路10中增加所述第一辅助晶体管Q1a和所述第二辅助晶体管Q2a,且与对应的所述第一晶体管Q1和所述第二晶体管Q2并联连接,所述第一辅助晶体管Q1a和所述第二辅助晶体管Q2a对提供至对应的所述第一晶体管Q1和所述第二晶体管Q2的电流进行分流,可降低大电流对所述Boost-Buck转换电路10中所述第一晶体管Q1和所述第二晶体管Q2的冲击。

[0085] 请一并参阅图5,其为第三实施方式之所述双向直流转换电路3的电路示意图。所述双向直流转换电路3与所述双向直流转换电路1基本相同且工作原理类似,再次不再赘述。在第三实施方式中,与第一实施方式中具有相同功能的元件命名相同,不再赘述。所述双向直流转换电路3与所述双向直流转换电路1的区别在于:所述第二全桥转换电路36进一步包括第三辅助晶体管Q8a、第四辅助晶体管Q9a、第五辅助晶体管Q10a以及第六辅助晶体管Q11a。

[0086] 所述第三辅助晶体管Q8a用于对流经所述第七晶体管Q8的电流进行分流。所述第四辅助晶体管Q9a用于对流经所述第八晶体管Q9的电流进行分流。所述第五辅助晶体管Q10a用于对流经所述第九晶体管Q10的电流进行分流。所述第六辅助晶体管Q11a用于对流经所述第十晶体管Q11的电流进行分流。

[0087] 所述第三辅助晶体管Q8a的栅极与所述第七晶体管Q8的栅极电性连接,所述第三辅助晶体管Q8a的源极与所述第七晶体管Q8的源极电性连接,所述第三辅助晶体管Q8a的漏极与所述第七晶体管Q8的漏极电性连接。所述第四辅助晶体管Q9a的栅极与所述第八晶体管Q9的栅极电性连接,所述第四辅助晶体管Q9a的源极与所述第八晶体管Q9的源极电性连接,所述第四辅助晶体管Q9a的漏极与所述第八晶体管Q9的漏极电性连接。所述第五辅助晶体管Q10a的栅极与所述第九晶体管Q10的栅极电性连接,所述第五辅助晶体管Q10a的源极与所述第九晶体管Q10的源极电性连接,所述第五辅助晶体管Q10a的漏极与所述第九晶体管Q10的漏极电性连接。所述第六辅助晶体管Q11a的栅极与所述第十晶体管Q11的栅极电性连接,所述第六辅助晶体管Q11a的源极与所述第十晶体管Q11的源极电性连接,所述第六辅助晶体管Q11a的漏极与所述第十晶体管Q11的漏极电性连接。

[0088] 上述双向直流转换电路3,可实现能量转换效率的大幅度提升,降低电磁干扰。进一步地,每个晶体管具有与之对应的与辅助晶体管且并联连接,多个辅助晶体管对提供至对应晶体管的电流进行分流,可降低大电流对高压端晶体管的冲击。

[0089] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者装置不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者装置所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者装置中还存在另外的相同要素。

[0090] 本技术领域的普通技术人员应当认识到,以上的实施方式仅是用来说明本发明,而并非用作为对本发明的限定,只要在本发明的实质精神范围之内,对以上实施例所作的适当改变和变化都落在本发明要求保护的范围之内。

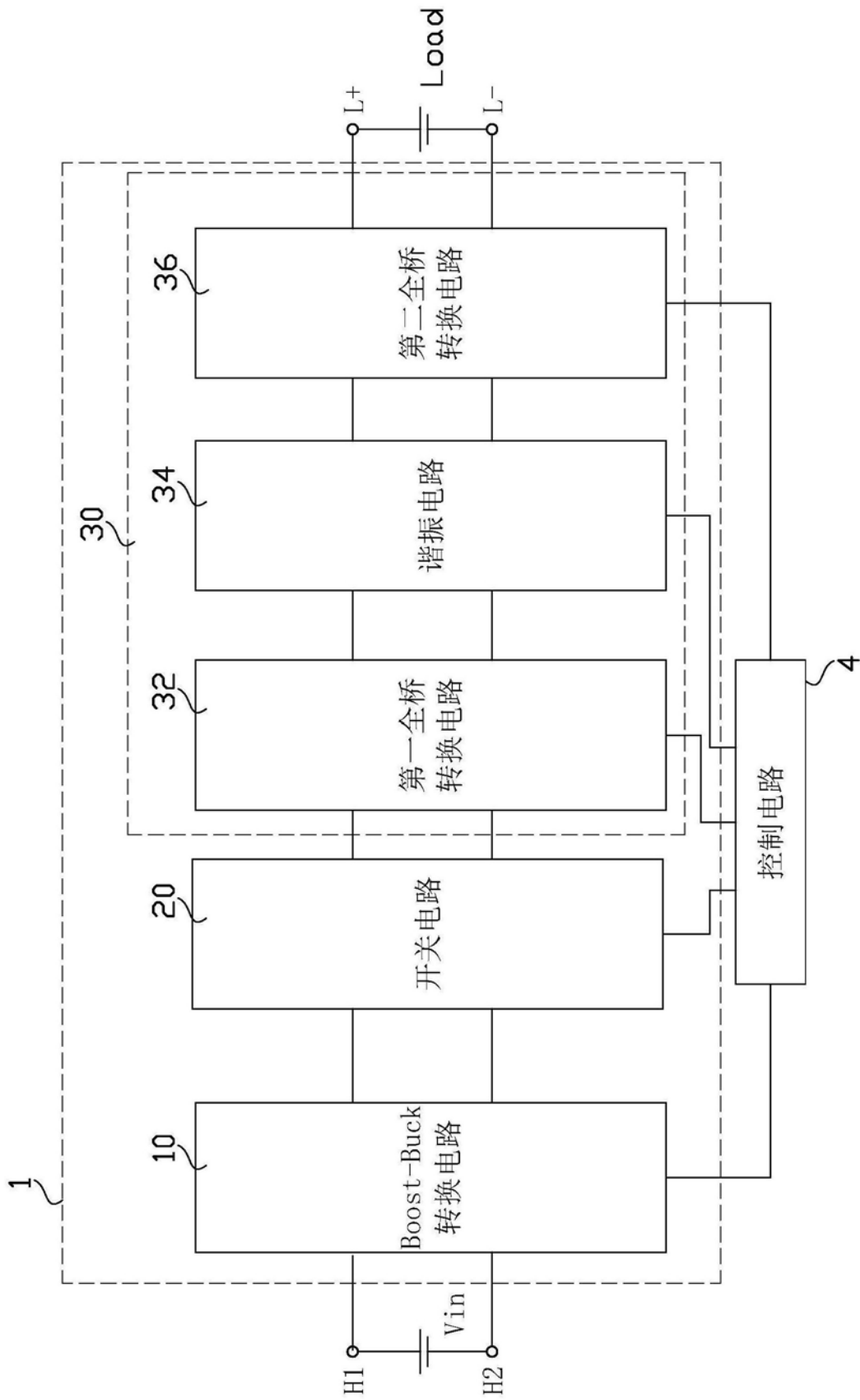


图1

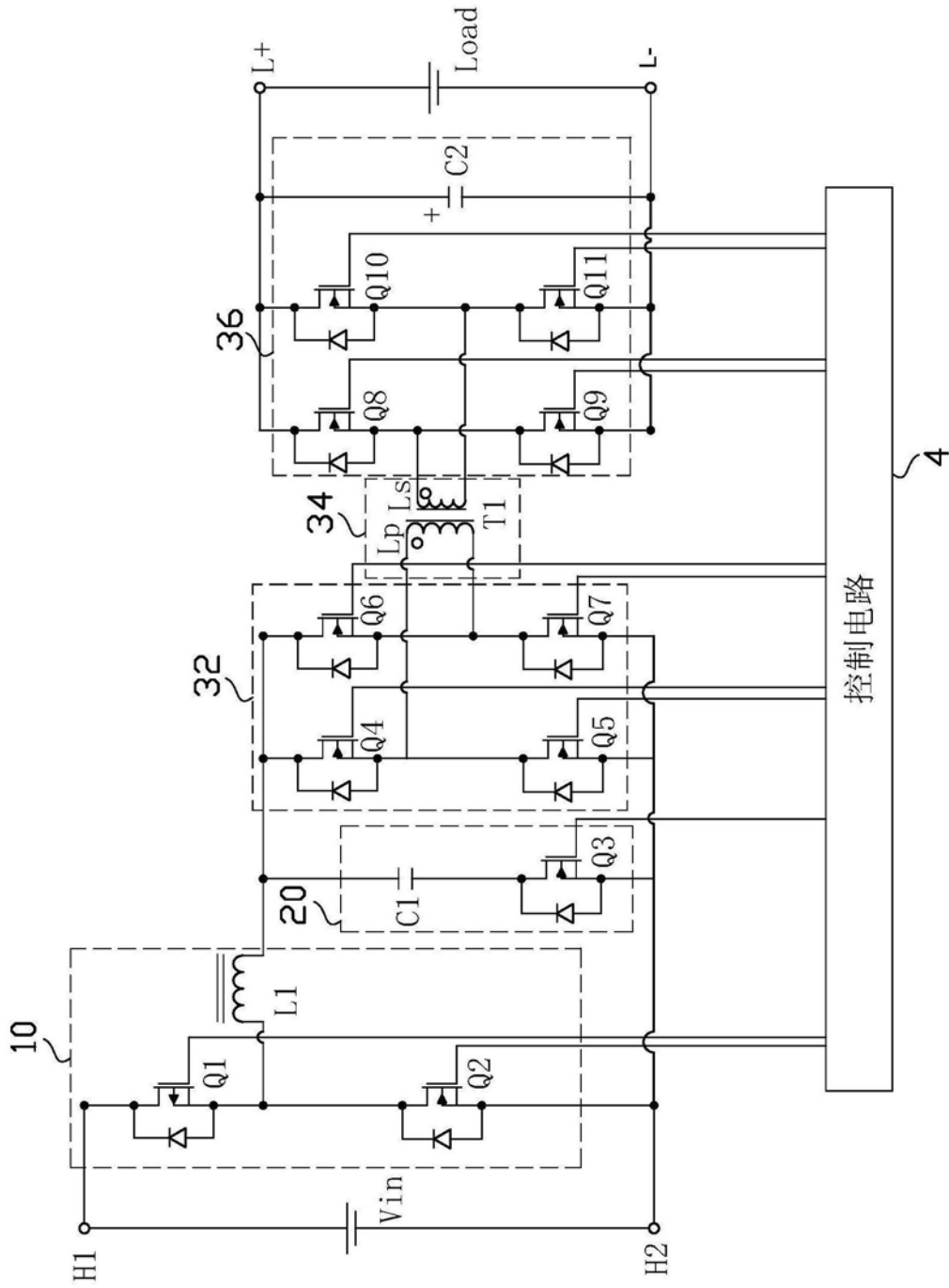


图2

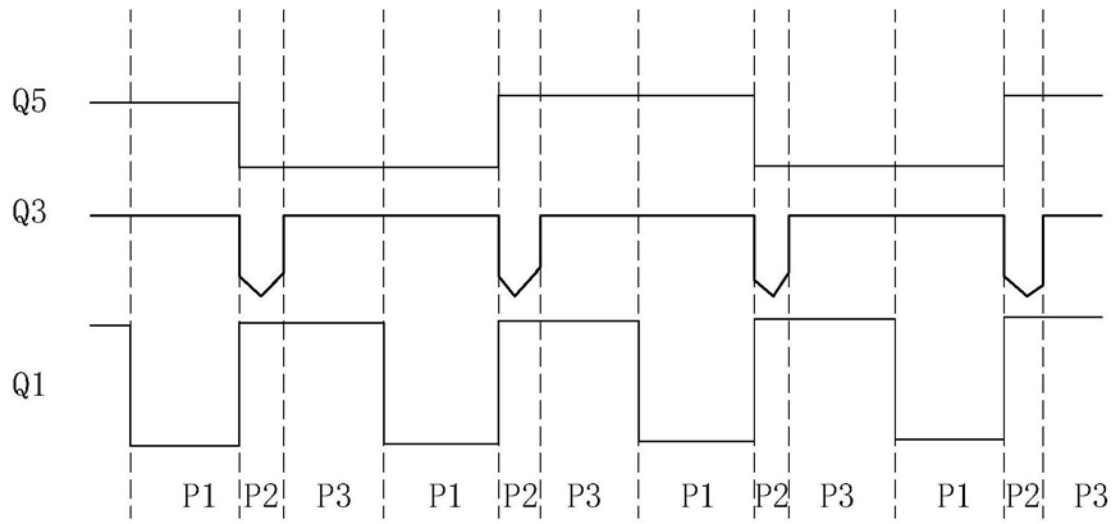


图3

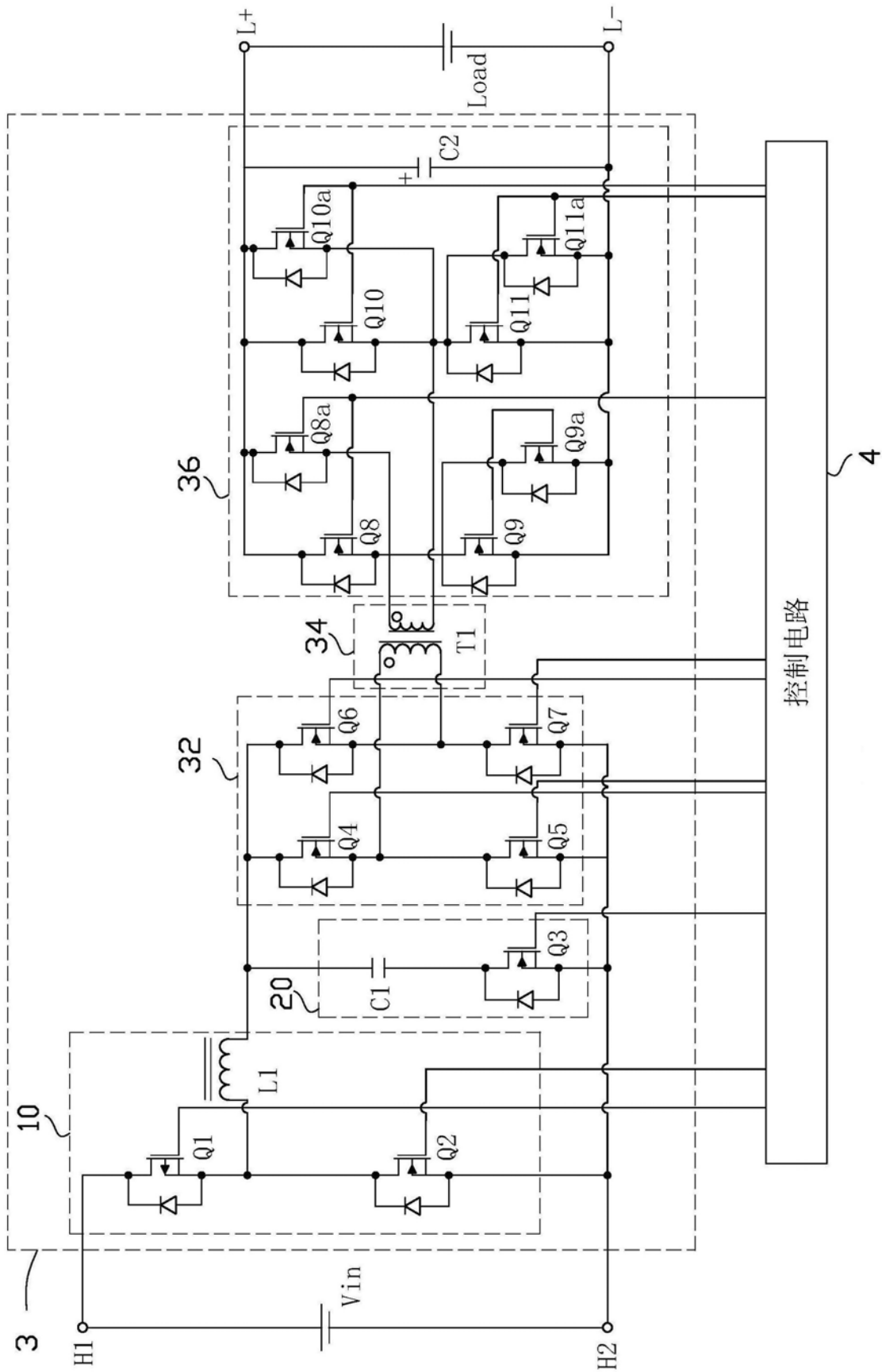


图5