



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105262182 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201510773691. 3

(22) 申请日 2015. 11. 13

(71) 申请人 全天自动化能源科技(东莞)有限公司

地址 523000 广东省东莞市南城区周溪隆溪路 5 号高盛科技大厦 109 号

(72) 发明人 胡盼安 陈赛春 何明明

(74) 专利代理机构 东莞市华南专利商标事务所有限公司 44215

代理人 梁年顺

(51) Int. Cl.

H02J 7/00(2006. 01)

H01M 10/44(2006. 01)

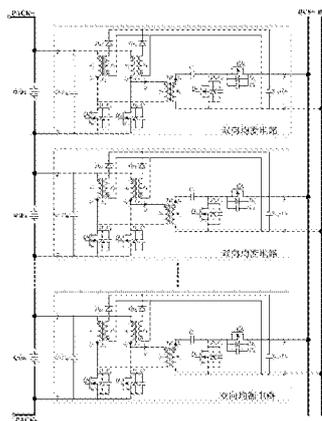
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种电池组双向均衡充放电电路及其充放电控制实现方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电池组双向均衡充放电电路及其充放电控制实现方法。电池组双向均衡充放电电路,包括有由多个电池串联的电池组;还包括有分别设于每个电池与能量总线之间的用于平衡电池充放电电压的双向均衡电路。本电路结构简单,开关管数量少且均为 PWM 控制方式,控制简单;能量可以正向流动也可以逆向流动;如果利用上述一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法,可用开关管实现同步整流,提高转换效率。



1. 一种电池组双向均衡充放电电路,其特征在于:包括有由多个电池串联的电池组;还包括有分别设于每个电池与能量总线之间的用于平衡电池充放电电压的双向均衡电路。

2. 根据权利要求1所述的一种电池组双向均衡充放电电路,其特征在于:所述双向均衡电路包括有第一出入单元、第二出入单元、用于PWM调制和整流的第一开关单元、用于PWM调制和整流的第二开关单元、以及高频隔离变压器TR;第一出入单元用于使电池组与第一开关单元导通;第二出入单元用于使第二开关单元与能量总线导通;所述第一开关单元与第二开关单元通过高频隔离变压器TR耦合连接。

3. 根据权利要求2所述的一种电池组双向均衡充放电电路,其特征在于:所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 ,内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ;耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连,开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连,耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连,耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连,耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连,耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连;所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器TR的原边绕组 n_5 异名端相连,开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器TR的原边绕组 n_5 同名端相连。

4. 根据权利要求2所述的一种电池组双向均衡充放电电路,其特征在于:所述第二开关单元包括谐振电容 C_r ,还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ;谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器TR的副边绕组 n_6 的同名端相连,开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器TR的副边绕组 n_6 的异名端相连,开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连,谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连。

5. 根据权利要求3所述的一种电池组双向均衡充放电电路,其特征在于:所述第一开关单元还包括整流二极管 D_{R1} 、 D_{R2} ,所述整流二极管 D_{R1} 的正极与耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端相连,所述整流二极管 D_{R2} 的正极与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端相连,所述整流二极管 D_{R1} 的负极与所述整流二极管 D_{R2} 的负极均与能量总线的正极相连。

6. 根据权利要求3或4所述的一种电池组双向均衡充放电电路,其特征在于:所述第一出入单元包括用于增加直流电压稳定性的稳压电容 C_{B1} ;所述第二出入单元包括用于增加直流电压稳定性的稳压电容 C_{B2} 。

7. 利用权利要求2所述的一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法,其特征在于:所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 ,内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ;耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连,开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连,耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连,耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连,耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连,耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连;所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器TR的原边绕组 n_5 异名端相连,开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器TR的原边绕组 n_5 同名端相连;所述第二开关单元包括谐振电容 C_r ,还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管

Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ;谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连,开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连,开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连,谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连;

当能量由第一出入单元向第二出入单元正向流动时,第一开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 互补导通,第二开关单元的开关管 Q_3 和 Q_4 均关闭;当能量由第二出入单元流向第一出入单元逆向流动时,第二开关单元的开关管 Q_3 和 Q_4 互补导通,第二开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 均关闭。

8. 利用权利要求 2 所述的一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法,其特征在于:所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 ,内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ;耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连,开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连,耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连,耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连,耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连,耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连;所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 异名端相连,开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 同名端相连;所述第二开关单元包括谐振电容 C_r ,还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ;谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连,开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连,开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连,谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连;

第一开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 互补导通,且开关管 Q_1 和第二开关单元的开关管 Q_4 同时导通或关闭、开关管 Q_2 和第二开关单元的开关管 Q_3 同时导通或关闭。

一种电池组双向均衡充放电电路及其充放电控制实现方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电池充电电路领域,具体涉及一种电池组双向均衡充放电电路及其充放电控制实现方法。

背景技术

[0002] 随着环境污染的加剧,人们对环保意识的加强,以及国家对改善环境政策投入的加大,绿色环保的动力锂电池越来越受到人们的重视,在医学、通信、电动汽车、航空航天等各个领域都有广泛的应用。在使用中,当所需的电压高于单个锂电池的基本电压时,通常将多个锂电池串联起来形成串联电池组使用。由于生产工艺和材料特性的差异,锂电池在使用的过程中容易出现性能差异,因此这些串联的电池之间会存在电位差;比如,由于所述的串联电池组电池的电压各不相同,在一些电池电压达到了预期电压值时,有一些电池可能还没有达到预期值,因此,在给串联电池组充电时,可能出现电池过充或者充电不足的现象,在给串联电池组放电时,可能出现电池过放或者放电受限的现象。

[0003] 为解决上述问题通常采用主动均衡的方式进行均衡,而主动均衡技术又以充电均衡为主,在电池放电的时候不予理睬,而且受限于体积、温升及成本等因素,均衡电流普遍都不是很大,仅用充电均衡技术无法解决放电时候电池差异性带来的各种影响,均衡电流小使得均衡速度受到限制,甚至达不到均衡效果无法改善电池的差异性。为此,需要研究一种双向均衡、体积和成本较小的均衡技术来实现串联电池组电池之间的能量平衡。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服以上所述的缺点,提供一种电池组双向均衡充放电电路及其充放电控制实现方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明的具体方案如下:一种电池组双向均衡充放电电路,包括有由多个电池串联的电池组;还包括有分别设于每个电池与能量总线之间的用于平衡电池充放电电压的双向均衡电路。

[0006] 其中,所述双向均衡电路包括有第一出入单元、第二出入单元、用于 PWM 调制和整流的第一开关单元、用于 PWM 调制和整流的第二开关单元、以及高频隔离变压器 TR;第一出入单元用于使电池组与第一开关单元导通;第二出入单元用于使第二开关单元与能量总线导通;所述第一开关单元与第二开关单元通过高频隔离变压器 TR 耦合连接。

[0007] 其中,所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 , 内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ; 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连, 开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连, 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连, 耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连; 所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器 TR

的原边绕组 n_5 异名端相连, 开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 同名端相连。

[0008] 其中, 所述第二开关单元包括谐振电容 C_r , 还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ; 谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连, 开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连, 开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连, 谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连。

[0009] 其中, 所述第一开关单元还包括整流二极管 D_{R1} 、 D_{R2} , 所述整流二极管 D_{R1} 的正极与耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端相连, 所述整流二极管 D_{R2} 的正极与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端相连, 所述整流二极管 D_{R1} 的负极与所述整流二极管 D_{R2} 的负极均与能量总线的正极相连。

[0010] 其中, 所述第一出入单元包括用于增加直流电压稳定性的稳压电容 C_{B1} ; 所述第二出入单元包括用于增加直流电压稳定性的稳压电容 C_{B2} 。

[0011] 利用上述一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法, 所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 , 内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ; 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连, 开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连, 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连, 耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连; 所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 异名端相连, 开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 同名端相连; 所述第二开关单元包括谐振电容 C_r , 还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ; 谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连, 开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连, 开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连, 谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连;

当能量由第一出入单元向第二出入单元正向流动时, 第一开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 互补导通, 第二开关单元的开关管 Q_3 和 Q_4 均关闭; 当能量由第二出入单元流向第一出入单元逆向流动时, 第二开关单元的开关管 Q_3 和 Q_4 互补导通, 第二开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 均关闭。

[0012] 利用上述一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法, 所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 , 内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ; 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连, 开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连, 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连, 耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连; 所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 异名端相连, 开关管

Q_2 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 同名端相连 ;所述第二开关单元包括谐振电容 C_r ,还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ;谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连,开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连,开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连,谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连 ;

第一开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 互补导通,且开关管 Q_1 和第二开关单元的开关管 Q_4 同时导通或关闭、开关管 Q_2 和第二开关单元的开关管 Q_3 同时导通或关闭。

[0013] 本发明的有益效果为 :1、电路结构简单,开关管数量少且均为 PWM 控制方式,控制简单 ;2、能量可以正向流动也可以逆向流动 ;在能量正向流动时,耦合电感的原边绕组相当于 Boost 升压电感可提升电路增益,而其副边绕组在开关管 Q_1 和 Q_2 驱动的死区时间内将原边绕组的能量转移到第二出入单元可箝位开关管 Q_1 和 Q_2 的漏源电压 ;在能量逆向流动时,耦合电感相当于滤波电感可减小第一出入单元的纹波电流,同时,开关管 $Q_1\sim Q_4$ 可以实现零电压开通 ;3、如果利用上述一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法,可用开关管实现同步整流,提高转换效率。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明的双向均衡电路的原理图 ;

图 2 是本发明的原理图 ;

图 3 是本发明能量正向流动时主要工作波形示意图 ;

图 4 是本发明能量逆向流动时主要工作波形示意图 ;

图 1 至图 4 中的附图标记说明 :1- 第一出入单元 ;2- 第一开关单元 ;3- 高频隔离变压器 TR ;4- 第二开关单元 ;5- 第二出入单元。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细的说明,并不是把本发明的实施范围局限于此。

[0016] 如图 1 至 4 所示,本实施例所述的一种电池组双向均衡充放电电路,具体的,如图 2 所示,包括有由多个电池串联的电池组 ;还包括有分别设于每个电池与能量总线之间的用于平衡电池充放电电压的双向均衡电路。其中,串联电池组由 n 节单体电池串联而成,分别为电池 1、电池 2、……、电池 n ,共有 PACK+ 和 PACK- 两个端口 ;能量总线有 BUS+ 和 BUS- 两个端口 ;

本实施例所述的一种电池组双向均衡充放电电路,所述双向均衡电路包括有第一出入单元、第二出入单元、用于 PWM 调制和整流的第一开关单元、用于 PWM 调制和整流的第二开关单元、以及高频隔离变压器 TR ;第一出入单元用于使电池组与第一开关单元导通 ;第二出入单元用于使第二开关单元与能量总线导通 ;所述第一开关单元与第二开关单元通过高频隔离变压器 TR 耦合连接。

[0017] 本实施例所述的一种电池组双向均衡充放电电路,所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 ,内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、

输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ; 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连, 开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连, 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连, 耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连; 所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 异名端相连, 开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 同名端相连。本实施例所述的一种电池组双向均衡充放电电路, 所述第二开关单元包括谐振电容 C_r , 还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ; 谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连, 开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连, 开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连, 谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连。本实施例所述的一种电池组双向均衡充放电电路, 所述第一开关单元还包括整流二极管 D_{R1} 、 D_{R2} , 所述整流二极管 D_{R1} 的正极与耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端相连, 所述整流二极管 D_{R2} 的正极与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端相连, 所述整流二极管 D_{R1} 的负极与所述整流二极管 D_{R2} 的负极均与能量总线的正极相连。所述第一出入单元包括用于增加直流电压稳定性的稳压电容 C_{B1} ; 所述第二出入单元包括用于增加直流电压稳定性的稳压电容 C_{B2} 。在实际运行工作中, 不管电池组是充电状态还是放电状态, 当电池 1、电池 2、... 电池 n 之间有任意两个电池能量偏差比较大时, 能量高的电池经双向均衡电路将其能量传递到能量总线, 能量低的电池经双向均衡电路从能量总线获取能量, 最终以达到各电池之间的能量平衡。本电路结构简单, 开关管数量少且均为 PWM 控制方式, 控制简单; 能量可以正向流动也可以逆向流动; 在能量正向流动时, 耦合电感的原边绕组相当于 Boost 升压电感可提升电路增益, 而其副边绕组在开关管 Q_1 和 Q_2 驱动的死区时间内将原边绕组的能量转移到第二出入单元可箝位开关管 Q_1 和 Q_2 的漏源电压; 在能量逆向流动时, 耦合电感相当于滤波电感可减小第一出入单元的纹波电流, 同时, 开关管 $Q_1 \sim Q_4$ 可以实现零电压开通。

[0018] 实施例 1。

[0019] 利用上述一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法, 所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 , 内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ; 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连, 开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连, 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连, 耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连; 所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 异名端相连, 开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 同名端相连; 所述第二开关单元包括谐振电容 C_r , 还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ; 谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连, 开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连, 开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连, 谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极

相连。

[0020] 在实际运行工作中,不管电池组是充电状态还是放电状态,当电池 1、电池 2、…电池 n 之间有任何两个电池能量偏差比较大时,能量高的电池经双向均衡电路将其能量传递到能量总线,能量低的电池经双向均衡电路从能量总线获取能量,最终以达到各电池之间的能量平衡。

[0021] 当能量由第一出入单元向第二出入单元正向流动时,第一开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 互补导通,第二开关单元的开关管 Q_3 和 Q_4 均关闭;当能量由第二出入单元流向第一出入单元逆向流动时,第二开关单元的开关管 Q_3 和 Q_4 互补导通,第二开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 均关闭。

[0022] 能量正向流动工作原理如下所述:具体的,由图 3 可知整个电路一个开关周期有 8 种开关模态,下面对各开关模态的工作情况进行具体分析。

[0023] 在分析之前,先作如下假设:①所有的开关管和二极管均为理想器件,其导通压降为零;②两个耦合电感的参数均相同,原边绕组与副边绕组匝数比为 N_L ;③所有的电感、电容和变压器均为理想元件,高频隔离变压器 TR 原边绕组与副边绕组匝数比为 N_T 。

[0024] 1. 开关模态 1 [$t_0 \sim t_1$]

在 t_0 时刻之前, Q_1 和 Q_4 导通, Q_2 和 Q_3 截止, D_{R1} 和 D_{R2} 截止。 t_0 时刻关断 Q_1 和 Q_4 , 电流 i_1 和 i_2 开始对电容 C_1 和 C_2 充电, 使得开关管 Q_1 漏源电压 u_{ds1} 由零开始上升、开关管 Q_2 漏源电压 u_{ds2} 由初始值(假定为 U_B) 开始上升, 而高频隔离变压器 TR 原边电压 u_p ($u_p = u_{ds2} - u_{ds1}$) 则开始下降, 副边电压 u_s 受原边电压箝位随之下降, 使得开关管 Q_3 漏源电压 u_{ds3} 由 U_2 开始下降而开关管 Q_4 漏源电压 u_{ds4} 由零开始上升, 直到 t_1 时刻, u_{ds1} 和 u_{ds2} 上升到 U_2/N_L 使得 D_{R1} 和 D_{R2} 导通此模态结束。此时, u_p 为零, u_{ds3} 和 u_{ds4} 均为 $(U_2/2)$ 。

[0025] 2. 开关模态 2 [$t_1 \sim t_2$]

t_1 时刻, D_{R1} 和 D_{R2} 导通, 耦合电感 L_1 和 L_2 的励磁电流分别迅速转移到支路 D_{R1} 和 D_{R2} 上, 而高频隔离变压器 TR 励磁电流经回路 $n_5-n_1-n_3$ 形成续流, 直到 t_2 时刻开通 Q_2 和 Q_3 此模态结束。

[0026] 3. 开关模态 3 [$t_2 \sim t_3$]

t_2 时刻, Q_2 和 Q_3 导通, 耦合电感 L_1 和 L_2 的励磁电流分别迅速转移到各自的原边绕组, D_{R1} 和 D_{R2} 截止, 电流 i_1 和 i_2 开始对电容 C_1 和 C_2 放电, 使得 u_{ds1} 和 u_{ds2} 开始下降, u_p 则开始反向上升, 副边电压 u_s 受原边电压箝位随之反向上升, 使得 u_{ds3} 下降而 u_{ds4} 开始上升, 直到 t_3 时刻 u_{ds3} 下降到零此模态结束。此时, 副边电压 u_s 被箝位为谐振电容电压 U_{cr} , 原边电压 u_p 被箝位为 $(U_{cr} \times N_T)$, 即为 U_B 。

[0027] 4. 开关模态 4 [$t_3 \sim t_4$]

t_3 时刻开始, 耦合电感 L_1 经回路 $n_1-n_5-Q_2-U_1$ 将存储的能量传递到高频隔离变压器 TR 的副边, 经回路 $n_6-Q_3-C_1$ 对电容 C_1 充电, 而耦合电感 L_2 经回路 $n_3-Q_2-U_1$ 在 U_1 的作用下存储能量。直到 t_4 时刻, 关断 Q_2 和 Q_3 此模态结束。

[0028] 5. 开关模态 5 [$t_4 \sim t_5$]

t_4 时刻, Q_2 和 Q_3 截止, 电流 i_1 和 i_2 开始对电容 C_1 和 C_2 充电, 使得 u_{ds2} 由零开始上升、 u_{ds1} 由 U_B 开始上升, 而 u_p 则开始下降, 副边电压 u_s 受原边电压箝位随之下降, 使得 u_{ds4} 由零开始上升而 u_{ds3} 由 U_2 开始下降, 直到 t_5 时刻, u_{ds1} 和 u_{ds2} 上升到 (U_2/N_L) 使得 D_{R1} 和 D_{R2} 导通

此模态结束。此时, u_p 为零, u_{ds3} 和 u_{ds4} 均为 $(U_2/2)$ 。

[0029] 6. 开关模态 6 [$t_5 \sim t_6$]

t_5 时刻, D_{R1} 和 D_{R2} 导通, 耦合电感 L_1 和 L_2 的励磁电流分别迅速转移到支路 D_{R1} 和 D_{R2} 上, 而高频隔离变压器 TR 励磁电流经回路 $n_5-n_1-n_3$ 形成续流, 直到 t_6 时刻开通 Q_1 和 Q_4 此模态结束。

[0030] 7. 开关模态 7 [$t_6 \sim t_7$]

t_6 时刻, Q_1 和 Q_4 导通, 耦合电感 L_1 和 L_2 的励磁电流分别迅速转移到各自的原边绕组, D_{R1} 和 D_{R2} 截止, 电流 i_1 和 i_2 开始对电容 C_1 和 C_2 放电, 使得 u_{ds1} 和 u_{ds2} 开始下降, u_p 则开始上升, 副边电压 u_s 受原边电压箝位随之下降, 使得 u_{ds3} 上升而 u_{ds4} 下降, 直到 t_7 时刻 u_{ds4} 下降到零此模态结束。此时, 副边电压 u_s 被箝位为 $(U_2 - U_{cr})$, 原边电压 u_p 被箝位为 $((U_2 - U_{cr}) \times N_1)$ 。

[0031] 8. 开关模态 8 [$t_7 \sim t_8$]

t_7 时刻开始, 耦合电感 L_2 经回路 $n_3-n_5-Q_1-U_1$ 将存储的能量传递到高频隔离变压器 TR 的副边, 经回路 $n_6-C_r-Q_4-U_2$ 和电容 C_r 一起给 U_2 供电, 而耦合电感 L_1 经回路 $n_1-Q_1-U_1$ 在 U_1 的作用下存储能量。直到 t_8 时刻, 关断 Q_1 和 Q_4 此模态结束。

[0032] 此模态相当于 t_0 时刻之前的模态, 此模态结束后, 电路进入下一个工作周期。

[0033] 具体的能量逆向流动工作原理如下所述:

由图 4 可知整个电路一个开关周期有 6 种开关模态, 下面对各开关模态的工作情况进行具体分析。

[0034] 在分析之前, 先作如下假设: ①所有的开关管和二极管均为理想器件, 其导通压降为零; ②两个耦合电感的参数均相同, 原边绕组与副边绕组匝数比为 N_1 ; ③所有的电感、电容和变压器均为理想元件, 高频隔离变压器 TR 原边绕组与副边绕组匝数比为 N_1 。

[0035] 1. 开关模态 1 [$t_0 \sim t_1$]

在 t_0 时刻之前, Q_1 和 Q_4 导通, Q_2 和 Q_3 截止。 t_0 时刻, 关断 Q_1 和 Q_4 , L_1 原边绕组 n_1 、 L_2 的原边绕组 n_3 、高频隔离变压器励磁电感共同与电容 $C_1 \sim C_4$ 进行谐振, 谐振过程中 C_1 和 C_4 充电而 u_{ds1} 和 u_{ds4} 上升、 C_2 和 C_3 放电而 u_{ds2} 和 u_{ds3} 下降。直到 t_1 时刻 u_{ds1} 上升到 U_1 而 u_{ds2} 下降到零、 u_{ds4} 上升到 U_2 而 u_{ds3} 下降到零, 此模态结束。

[0036] 2. 开关模态 2 [$t_1 \sim t_2$]

t_1 时刻, D_2 因 u_{ds2} 下降到零而自然导通, i_1 和 i_2 分别经回路 $n_1-U_1-D_2-n_5$ 和 $n_2-U_1-D_2$ 续流; D_3 因 u_{ds2} 下降到零而自然导通, i_s 经回路 $n_6-D_3-C_r$ 续流, D_2 、 D_3 自然导通后可实现 Q_2 和 Q_3 的零电压开通。

[0037] 3. 开关模态 3 [$t_2 \sim t_3$]

t_2 时刻 Q_2 和 Q_3 导通, 谐振电容 C_r 经回路 $C_r-Q_3-n_6$ 将能量传递到高频隔离变压器原边, 再经回路 $n_5-n_1-U_1-Q_2$ 传递到 U_1 上, 而电感电流 i_2 经回路 $n_3-U_1-Q_2$ 续流, 直到 t_3 时刻, 关断 Q_2 和 Q_3 此模态结束。

[0038] 4. 开关模态 4 [$t_3 \sim t_4$]

t_3 时刻, 关断 Q_2 和 Q_3 , L_1 的原边绕组 n_1 、 L_2 的原边绕组 n_3 、高频隔离变压器励磁电感与电容 $C_1 \sim C_4$ 进行谐振, 谐振过程中 C_2 和 C_3 充电而 u_{ds2} 和 u_{ds3} 上升, C_1 和 C_4 放电而 u_{ds1} 和 u_{ds4} 下降, 直到 t_4 时刻 u_{ds2} 上升到 U_1 而 u_{ds1} 下降到零、 u_{ds3} 上升到 U_2 而 u_{ds4} 下降到零, 此模态结束。

[0039] 5. 开关模态 5 [$t_4 \sim t_5$]

t_4 时刻, D_1 因 u_{ds1} 下降到零而自然导通, i_1 和 i_2 分别经回路 $n_1-U_1-D_1$ 和 $n_3-U_1-D_1-n_5$ 续流; D_4 因 u_{ds4} 下降到零而自然导通, i_s 经回路 $n_6-C_r-D_4-U_2$ 续流, D_1 和 D_4 自然导通后可实现 Q_1 和 Q_4 的零电压开通。

[0040] 6. 开关模态 6 [$t_5 \sim t_6$]

t_5 时刻 Q_1 和 Q_4 导通, 出入源 U_2 作用在谐振电容和高频隔离变压器原边绕组上, 经回路 $U_2-Q_4-C_r-n_6$ 将能量传递到高频隔离变压器原边, 再经回路 $n_5-n_3-U_1-Q_1$ 传递到 U_1 , U_{cr} 和 u_p 承受电压均为 $(U_2/2)$, 而电感电流 i_1 经回路 $n_1-U_1-Q_1$ 续流, 直到 t_6 时刻关断 Q_1 和 Q_4 此模态结束。

[0041] 此模态相当于 t_0 时刻之前的模态, 此模态结束后, 电路进入下一个工作周期。

[0042] 实施例 2。

[0043] 利用上述一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法, 所述第一开关单元包括耦合电感 L_1 、 L_2 , 内含反并联体二极管 D_1 、输出结电容 C_1 的开关管 Q_1 以及内含反并联体二极管 D_2 、输出结电容 C_2 的开关管 Q_2 ; 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的同名端与耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的同名端相连, 开关管 Q_1 的源极与开关管 Q_2 的源极相连, 耦合电感 L_1 的原边绕组 n_1 的异名端与开关管 Q_1 的漏极相连, 耦合电感 L_2 的原边绕组 n_3 的异名端与开关管 Q_2 的漏极相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的异名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的异名端分别通过两个二极管相连, 耦合电感 L_1 的副边绕组 n_2 的同名端与耦合电感 L_2 的副边绕组 n_4 的同名端相连; 所述开关管 Q_1 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 异名端相连, 开关管 Q_2 的漏极与高频隔离变压器 TR 的原边绕组 n_5 同名端相连; 所述第二开关单元包括谐振电容 C_r , 还包括内含反并联体二极管 D_3 、输出结电容 C_3 的开关管 Q_3 以及内含反并联体二极管 D_4 、输出结电容 C_4 的开关管 Q_4 ; 谐振电容 C_r 的一端与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的同名端相连, 开关管 Q_3 的源极与高频隔离变压器 TR 的副边绕组 n_6 的异名端相连, 开关管 Q_4 的漏极与出入源 U_2 的正端相连, 谐振电容 C_r 的另一端与开关管 Q_3 的漏极、开关管 Q_4 的源极相连;

第一开关单元的开关管 Q_1 和 Q_2 互补导通, 且开关管 Q_1 和第二开关单元的开关管 Q_4 同时导通或关闭、开关管 Q_2 和第二开关单元的开关管 Q_3 同时导通或关闭。

[0044] 本实施例所述的一种电池组双向均衡充放电电路工作原理与实施例 1 所述的一种电池组双向均衡充放电电路工作原理基本相同, 因此不再多述。利用上述一种电池组双向均衡充放电电路的充放电控制方法, 可用开关管实现同步整流, 提高转换效率。

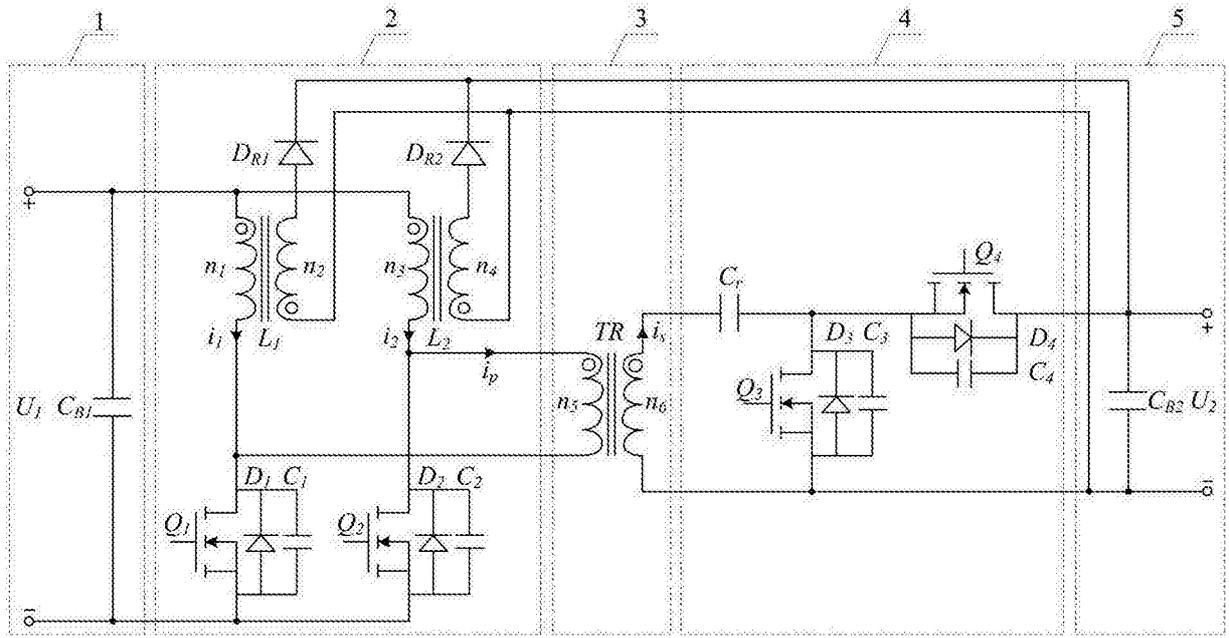


图 1

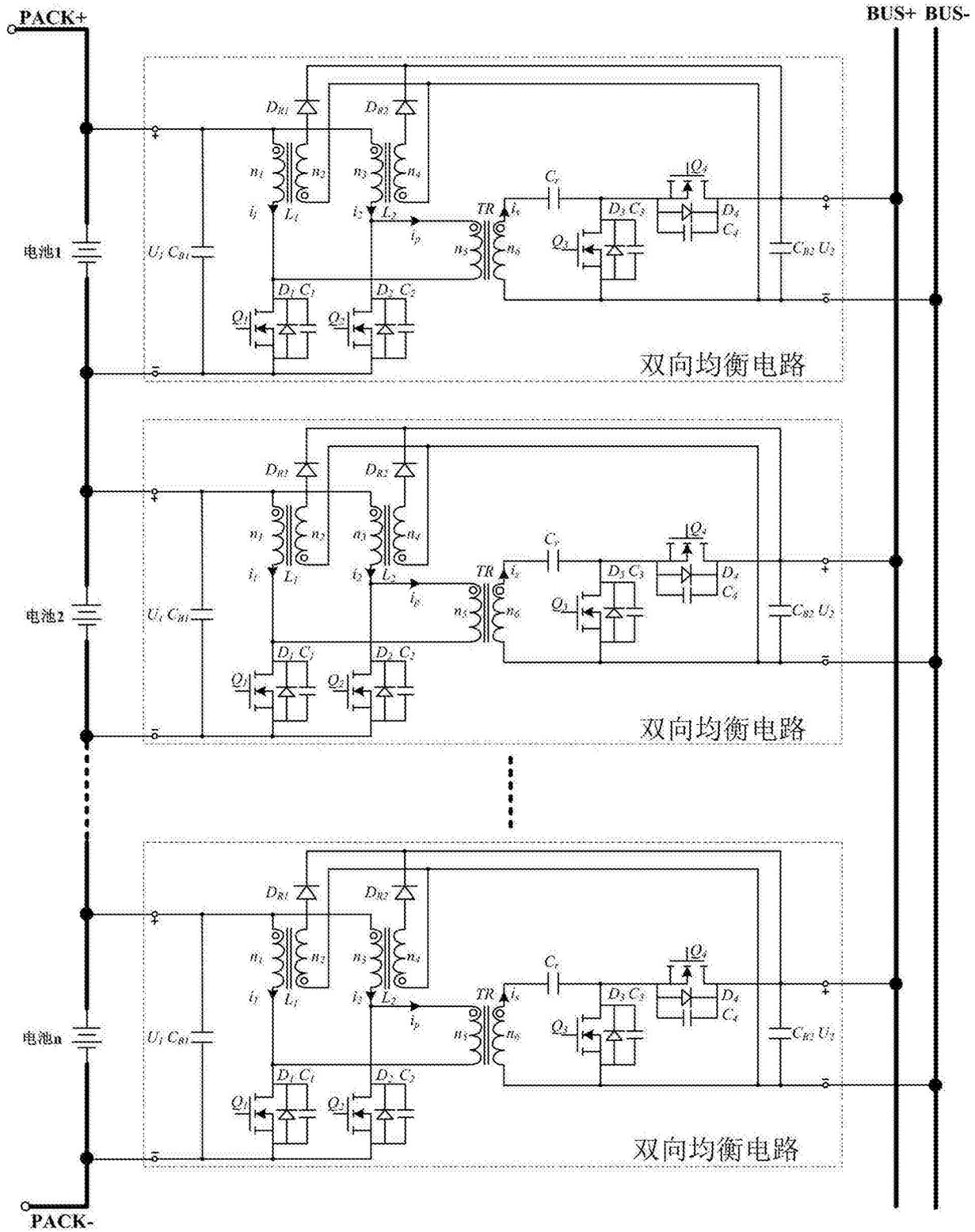


图 2

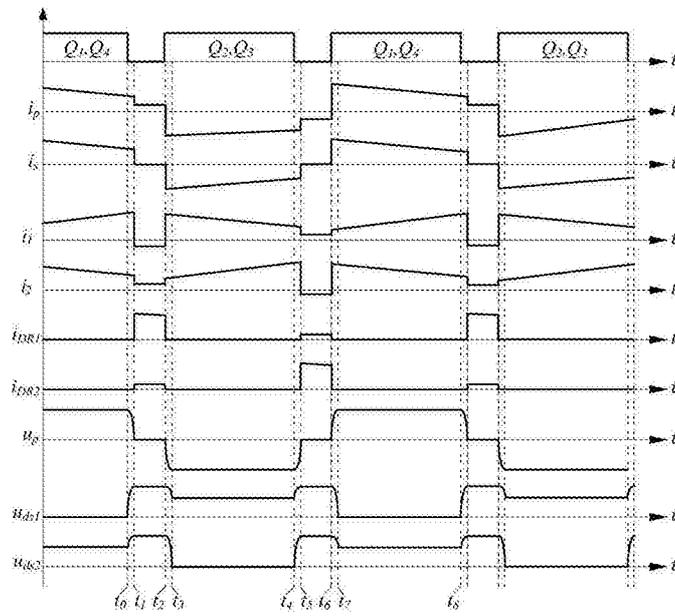


图 3

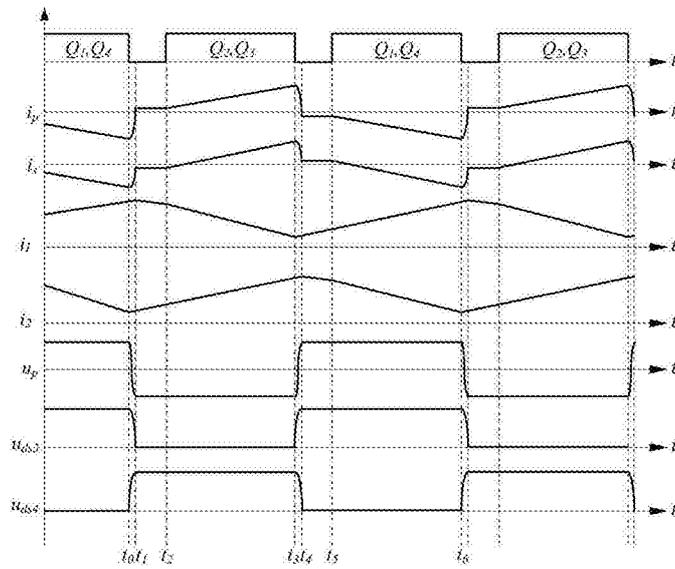


图 4