



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110829533 A

(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201911117552.X

(22)申请日 2019.11.15

(71)申请人 上海科技大学

地址 201210 上海市浦东新区华夏中路393号

(72)发明人 彭发祥 王浩宇

(74)专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司  
31001

代理人 徐俊 柏子雯

(51) Int. Cl.

H02J 7/00(2006.01)

H02M 3/335(2006.01)

H02M 3/158(2006.01)

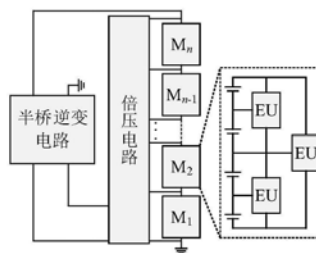
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种控制简单且无自恢复效应误差的精确  
电池均衡电路

(57)摘要

本发明提供了一种控制简单且无自恢复效应误差的精确电池均衡电路,其特征在于,包括电池组、半桥逆变电路、倍压电路、控制单元及采集单元。本发明在整合传统电池组到电池单体和单体到单体均衡结构优点的基础上,利用均衡电流随着电池电压收敛而减小的电路优势,具有控制简单、均衡路径长度短、主动元器件数目少、稳定性好、自动且高精度均衡等特点。



1. 一种控制简单且无自恢复效应误差的精确电池均衡电路,其特征在於,包括电池组、半桥逆变电路、倍压电路、控制单元及采集单元,其中:

电池组由 $n$ 个电池模块串联形成,将 $n$ 个电池模块分别定义为电池模块 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ ;每个电池模块包括串联的 $m$ 个电池单体,每个电池单体与由控制单元控制的两级结构的Buck-Boost均衡单元相连;

采集单元,用于采集电池组中每个电池单体的参数信息,将采集到的参数信息发送给控制单元;

半桥逆变电路的输入端并联在电池组的两端,输出端连接到倍压电路;

倍压电路由 $n$ 个由被动元件构成的整流单元级联而成,各整流单元的一侧分别连接有电容,所有电容并联耦合在一起,半桥逆变电路的输出端连接到电容公共耦合端,各整流单元的另一侧并联在相对应的电池模块的正负两极,以实现半桥逆变电路副边均衡电流的整流再分配到各个电池模块,建立起各个电池模块的均衡路径;

半桥逆变电路及单体均衡器仅由控制单元输出的一对互补50%占空比及固定开关频率的PWM信号驱动,半桥逆变电路再驱动倍压电路,利用电容耦合的倍压电路及50%占空比Buck-Boost均衡单元在电压均衡过程中的电流收敛特性,消除电池自恢复效应带来的均衡误差,以实现自动精确的电池模块和电池单体间的电压均衡。

2. 如权利要求1所述的一种控制简单且无自恢复效应误差的精确电池均衡电路,其特征在於,所述整流单元由一个能量传输电容和两个半桥二极管构成。

3. 如权利要求2所述的一种控制简单且无自恢复效应误差的精确电池均衡电路,其特征在於,每个所述整流单元的两个半桥二极管通过滤波电容并联在相对应的电池模块的正负两极。

4. 如权利要求1所述的一种控制简单且无自恢复效应误差的精确电池均衡电路,其特征在於,每个电池模块包括 $2^k$ 个所述电池单体, $k \geq 1$ ,每两个相邻的所述电池单体定义为一个电池单体对,则两级结构的Buck-Boost均衡单元包括第一级Buck-Boost均衡电路及第二级Buck-Boost均衡电路,其中:每个电池单体对与由两个开关器件一及一个电感一以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第一级Buck-Boost均衡电路相连,每相邻两个电池单体对进一步与由两个开关器件二及一个电感二以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第二级Buck-Boost均衡电路相连;开关器件一及开关器件二由所述控制单元控制。

## 一种控制简单且无自恢复效应误差的精确电池均衡电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电池均衡电路。

### 背景技术

[0002] 在电动汽车和储能系统等应用中,通常需要将低压电池串联以满足其电压和功率需求。然而,由于生产工艺问题将导致电池单体之间一致性较差,并且经过长期的充放电后,电池的不一致性会越来越严重。这造成电池组内部电池单体的电压不均衡,进而导致部分单体的过充或耗尽,这严重限制了电池组的性能和使用寿命。因此,引入电池均衡电路来转移缓解电池单体的不一致,从而达到延长电池组使用寿命和提高旧电池组性能的目的。

[0003] 目前,常见的均衡电路结构主要有电池串到电池(string-to-cell,S2C)和电池到电池(Cell-to-cell,C2C)两类。其中,利用C2C均衡电路一般采用可实现两个相邻电池单体之间的电量传递,具有良好的电路扩展性。然而,对于具有大量电池单体的电池组而言,这类C2C均衡电路所需元器件数目巨大,实现成本高。类似的,S2C均衡电路采用共享一个均衡单元的思路来降低主动功率器件数目和建立直接的均衡路径,但也离不开多主动开关数目的多路复用网络,控制复杂,电路体积大。一般地,为了提高均衡速度,现有均衡方法常采用恒均衡电流的控制策略,以实现均衡速度的可控。然而由于电池的自恢复效应的影响,恒流均衡存在较大的均衡误差。为了提升均衡准确度,不得不对电池模型进行复杂的状态估计和建模,基于电池初始状态和均衡电流大小等因素对恒流均衡进行补偿以消除误差,这显著增加了控制系统的复杂度、稳定性低,难以大规模应用。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是:提供一种新的结构来实现主动器件数目少、控制简单及精度高的电池均衡。

[0005] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是提供了一种控制简单且无自恢复效应误差的精确电池均衡电路,其特征在于,包括电池组、半桥逆变电路、倍压电路、控制单元及采集单元,其中:

[0006] 电池组由n个电池模块串联形成,将n个电池模块分别定义为电池模块 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ ;每个电池模块包括串联的m个电池单体,每个电池单体与由控制单元控制的两级结构的Buck-Boost均衡单元相连;

[0007] 采集单元,用于采集电池组中每个电池单体的参数信息,将采集到的参数信息发送给控制单元;

[0008] 半桥逆变电路的输入端并联在电池组的两端,输出端连接到倍压电路;

[0009] 倍压电路由n个由被动元件构成的整流单元级联而成,各整流单元的一侧分别连接有电容,所有电容并联耦合在一起,半桥逆变电路的输出端连接到电容公共耦合端,各整流单元的另一侧并联在相对应的电池模块的正负两极,以实现半桥逆变电路副边均衡电流的整流再分配到各个电池模块,建立起各个电池模块的均衡路径;

[0010] 半桥逆变电路及单体均衡器仅由控制单元输出的一对互补50%占空比及固定开关频率的PWM信号驱动,半桥逆变电路再驱动倍压电路,利用电容耦合的倍压电路及50%占空比Buck-Boost均衡单元在电压均衡过程中的电流收敛特性,消除电池自恢复效应带来的均衡误差,以实现自动精确的电池模块和电池单体间的电压均衡。

[0011] 优选地,所述整流单元由一个能量传输电容和两个半桥二极管构成。

[0012] 优选地,每个所述整流单元的两个半桥二极管通过滤波电容并联在相对应的电池模块的正负两极。

[0013] 优选地,每个电池模块包括 $2^k$ 个所述电池单体, $k \geq 1$ ,每两个相邻的所述电池单体定义为一个电池单体对,则两级结构的Buck-Boost均衡单元包括第一级Buck-Boost均衡电路及第二级Buck-Boost均衡电路,其中:每个电池单体对与由两个开关器件一及一个电感一以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第一级Buck-Boost均衡电路相连,每相邻两个电池单体对进一步与由两个开关器件二及一个电感二以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第二级 Buck-Boost均衡电路相连;开关器件一及开关器件二由所述控制单元控制。

[0014] 本发明具有如下有益效果:

[0015] 本发明通过采集单元实时监测每个单体电池电压,判断需要均衡的电池或电池模块,仅需一对互补50%占空比及固定开关频率的PWM信号,驱动半桥逆变和 Buck-Boost均衡单元,利用电容耦合的倍压电路及50%占空比Buck-Boost电路在电压均衡过程中的电流收敛特性,无需复杂的电池状态估计和建模算法,即可消除电池自恢复效应带来的均衡误差,以实现自动精确的电池模块和单体间的电压均衡。引入由被动元件构成的倍压电路来建立模块均衡路径,仅需半桥逆变电路所包含的两个主动开关即可实现所有模块的均衡,显著降低主动器件数目,提高系统稳定性,也缓解了用倍压电路来均衡电池单体的低效率问题。同时,每个电池模块中,引入基于双向Buck-Boost的两级单体均衡结构,保证较好电路可扩展性的同时,提供更多的均衡路径。

[0016] 本发明在整合传统电池组到电池单体和单体到单体均衡结构优点的基础上,利用均衡电流随着电池电压收敛而减小的电路优势,具有控制简单、均衡路径长度短、主动元器件数目少、稳定性好、自动且高精度均衡等特点。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明提出的复合型电池均衡电路;

[0018] 图2为本发明的具体实施电路图;

[0019] 图3(a)及图3(b)为电池模块均衡电路的等效图,图3a)中开关器件 $S_L$ 断开、 $S_H$ 闭合;图3(b)中开关器件 $S_L$ 闭合、 $S_H$ 断开;

[0020] 图4(a)及图4(b)为电池单体均衡电路单元的等效图,图4(a)中开关器件 $S_1$ 闭合、 $S_2$ 断开;图4(b)中开关器件 $S_1$ 断开、 $S_2$ 闭合;

[0021] 图5为均衡控制逻辑框图。

## 具体实施方式

[0022] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明

而不用来限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0023] 本发明仅需要固定占空比及开关频率的控制信号,利用所提出电路结构在均衡过程中的均衡电流收敛特性,无需复杂的电池状态估计和建模算法,以实现自动且精确的电压均衡,这可显著降低准确均衡的控制复杂度。同时,结合复合式设计思路以保证自动精确均衡的同时,实现较少主动器件数目和较好电路可扩展性。

[0024] 如图1所示,对于一个由 $n$ 个电池模块 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ 串联而成的电池组,本发明采用的一个技术方案是:提出一种整合电池到电池(C2C)与电池串到电池模块(string-to-module, S2M)均衡结构的高精度复合式层级结构。对于一个如图1所示的具有 $n$ 个电池模块的电池组,本发明的复合结构主要分为三个部分:半桥逆变电路,倍压电路及两级结构的单体均衡器。其中,半桥逆变电路作为模块均衡单元,其输入端并联在整个电池组的两端,其输出端连接到倍压电路的电容公共耦合端,用以驱动倍压电路,从而建立整个电池组到电池模块的均衡路径。倍压电路由一个电容和两个半桥二极管构成的整流单元级联而成,各整流单元左侧通过并联电容的耦合在一起,右侧则并联在相应电池模块的正负两极,以实现半桥逆变电路副边均衡电流的整流再分配到各个电池模块,建立起各个电池模块的均衡路径。两级单体均衡器由基于双向Buck-Boost变换器的三个均衡单元(EU, Equalizer Unit)构成,用于实现相邻电池单体/组的均衡。

[0025] 图2展示了本发明提出的具有2个电池模块 $M_1$ 、 $M_2$ 和8节电池单体的复合均衡电路的实例图,其中,每个电池模块由4节电池单体串联而成。以电池模块 $M_1$ 为例,其由4节电池单体 $Cell_1$ 至 $Cell_4$ 串联而成。

[0026] 具体连接关系描述如下:场效应管 $S_L$ 和 $S_H$ 的源漏极串联,场效应管 $S_H$ 的漏极连接到整个串联电池组的正极,场效应管 $S_L$ 的源极连接到整个串联电池组的负极。电感 $L_r$ 和 $L_m$ 由双绕组变压器的漏感和励磁电感实现。变压器副边绕组下端连接到能量传输电容 $C_1$ 和 $C_2$ 的公共连接端,上端连接到倍压电路中整流单元的级联中点。在倍压电路中,由一个能量传输电容( $C_1$ 或 $C_2$ )和两个二极管( $D_1$ 和 $D_2$ 或 $D_3$ 和 $D_4$ )构成的整流单元级联而成,其中电容左端连接到变压器副边绕组下端这一公共耦合节点,右端连接到二极管整流半桥中点。同时由两个二极管( $D_1$ 和 $D_2$ 或 $D_3$ 和 $D_4$ )构成的二极管整流半桥通过滤波电容( $C_{f1}$ 和 $C_{f2}$ )并联在电池模块正负两极。因此对于 $n$ 个电池模块需要 $n$ 个能量传输电容( $C$ ), $2n$ 个整流二极管( $D$ )和 $n$ 个滤波电容( $C_f$ )。在由每四节电池单体串联构成的电池模块中,共有6个开关和3个电感,以基本双向Buck-Boost拓扑的形式串并联构成两级单体均衡结构,电感 $L_1$ 、场效应管 $S_1$ 、场效应管 $S_2$ 构成第一级单体均衡结构,同样地,电感 $L_2$ 、场效应管 $S_3$ 、场效应管 $S_4$ 构成第一级单体均衡结构,电感 $L_3$ 、场效应管 $S_5$ 、场效应管 $S_6$ 构成第二级单体均衡结构。均衡过程中,模块均衡和单体均衡单元的等效电路图分别如图3(a)、图3(b)、图4(a)、图4(b)所示。模块均衡单元开关频率设为200kHz,单体均衡器的开关频率设为200kHz,控制逻辑见图5。由采集单元测量8节电池单体的端电压,无需进行电池开路电压估计,在电流收敛均衡过程中控制单元判断每节电池单体/模块的端电压是否在预设范围,若某单体电池/模块不在预设范围,则控制单元启动产生互补50%占空比及频率固定的PWM信号,启动模块/单体间的均衡。当被均衡电池/模块端电压均满足所设定的电压范围时,均衡过程结束。

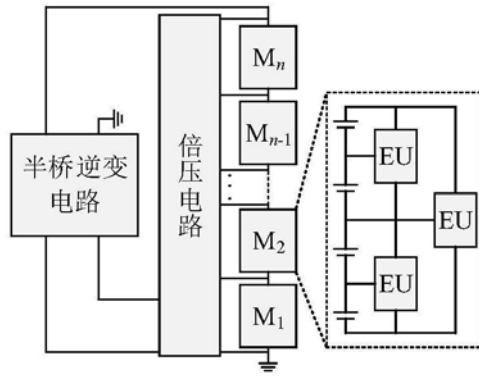


图1

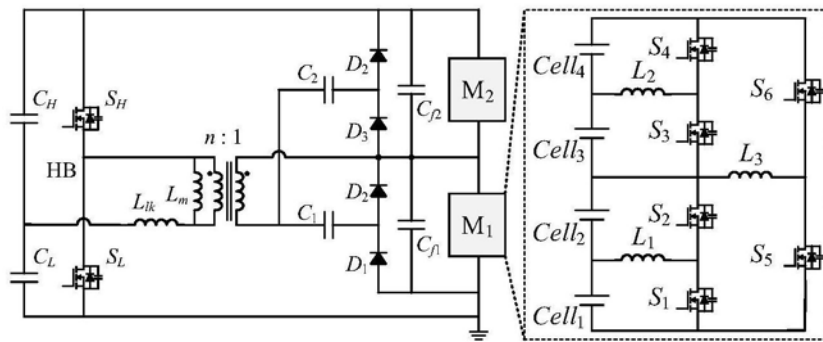


图2

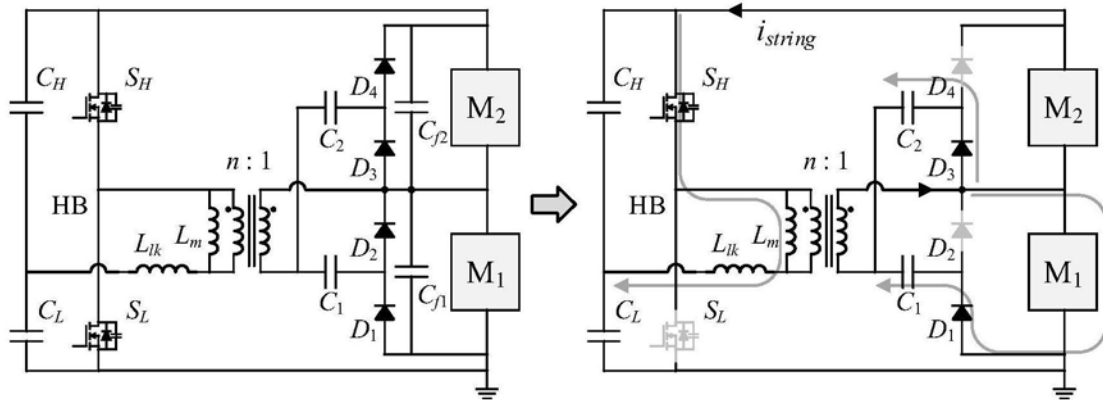


图3 (a)

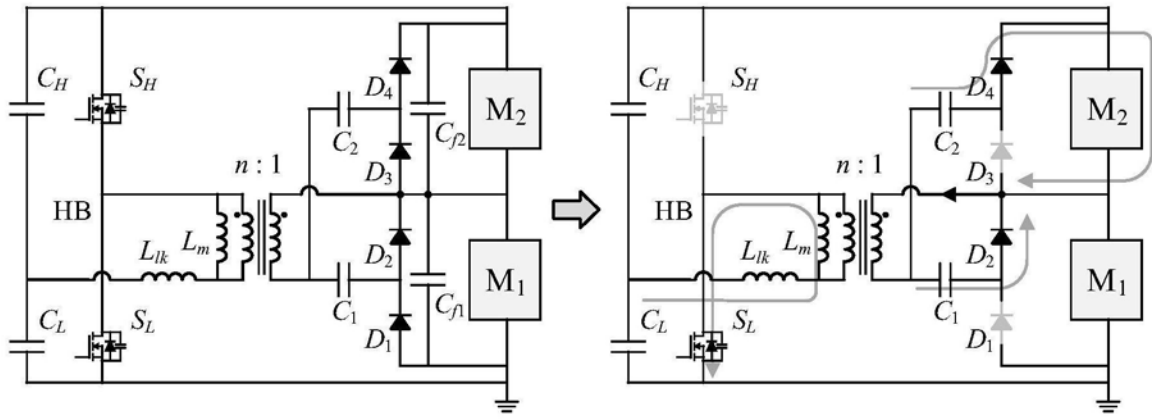


图3 (b)

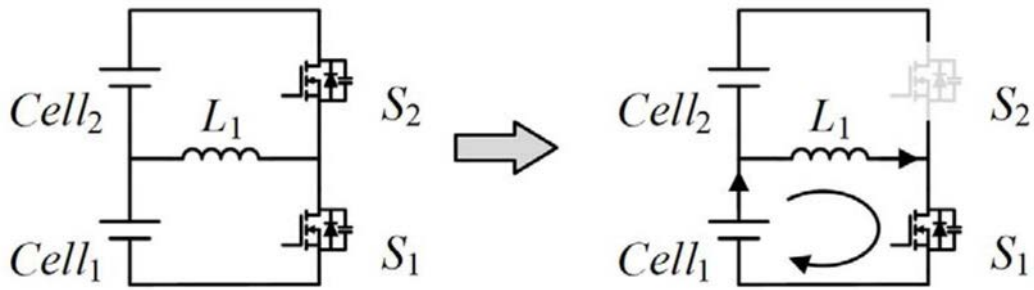


图4 (a)

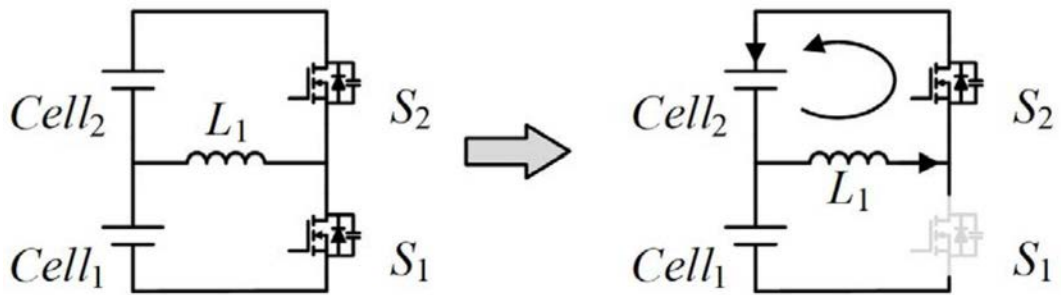


图4 (b)

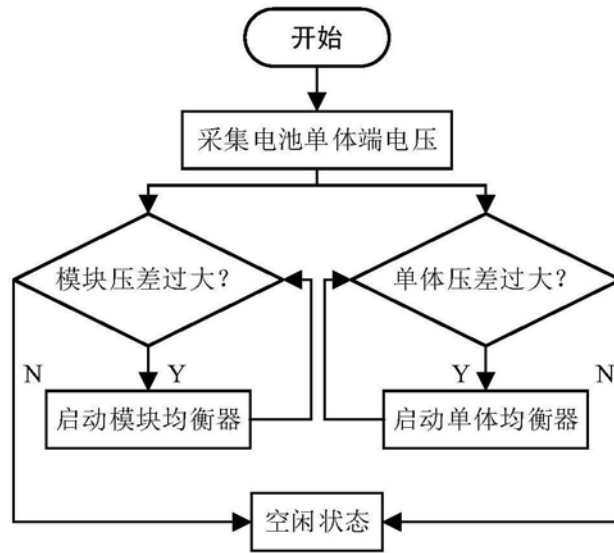


图5