



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111697667 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 24

(21) 申请号 202010650725.0

H02M 3/158 (2006.01)

(22) 申请日 2020.07.08

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111697667 A

CN 102170029 A, 2011.08.31

CN 202856422 U, 2013.04.03

CN 210123897 U, 2020.03.03

(43) 申请公布日 2020.09.22

CN 105245121 A, 2016.01.13

US 2008238390 A1, 2008.10.02

(73) 专利权人 中煤科工集团重庆研究院有限公司

CN 103779889 A, 2014.05.07

CN 109494851 A, 2019.03.19

地址 400039 重庆市九龙坡区二郎科城路6号

CN 102185359 A, 2011.09.14

CN 106712191 A, 2017.05.24

(72) 发明人 但强 李涛 赵庆川 柏思忠

孙世岭 马勤勇 路萍 罗前刚

王祖迅 蒋洪庆 李军 张远征

梁光清 周德胜 王尧 郭清华

CN 109950951 A, 2019.06.28

CN 102647007 A, 2012.08.22

CN 101692507 A, 2010.04.07

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理有限公司 11129

姜帆; 郭东辉. 无源射频识别标签整流电路的分析与设计. 上海交通大学学报. 2007, (第S2期), 第28-31页.

专利代理师 胡博文

审查员 邱慧

(51) Int. Cl.

H02J 7/00 (2006.01)

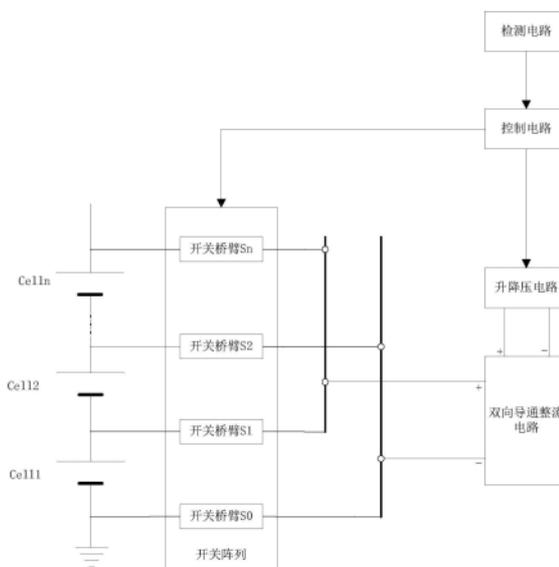
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于升降压电路的锂电池均衡装置及其均衡方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于升降压电路的锂电池均衡装置,包括开关阵列、双向导通整流电路、检测电路、控制电路以及可控升降压电路;奇数编号的单体锂电池的正极通过开关桥臂与双向导通整流电路的正输入端连接,偶数编号的单体锂电池的正极以通过开关桥臂与双向导通整流电路的负输入端连接,所述双向导通整流电路的负输入端通过开关桥臂与锂电池组的负极连接;所述双向导通整流电路的输出端与升降压电路的输入端连接,所述检测电路用于检测各单体电池的电压并将电压检测信号输出至控制电路,所述控制电路根据电压检测信号控制各开关桥臂的通断,对锂电池的进行有效均衡,均衡效率高,结构简单。



1. 一种基于升降压电路的锂电池均衡装置, 锂电池为 n 个单体锂电池串联形成, 其特征在于: 包括开关阵列、双向导通整流电路、检测电路、控制电路以及可控升降压电路;

所述开关阵列包括 $n+1$ 个开关桥臂, 所述开关桥臂为两个MOS管串接形成且同一开关桥臂的两个MOS管同时导通或者关断, 其中, 奇数编号的单体锂电池的正极通过开关桥臂与双向导通整流电路的正输入端连接, 偶数编号的单体锂电池的正极通过开关桥臂与双向导通整流电路的负输入端连接, 所述双向导通整流电路的负输入端通过开关桥臂与锂电池的负极连接;

所述双向导通整流电路的输出端与正降压电路的输入端连接, 所述检测电路用于检测各单体电池的电压并将电压检测信号输出至控制电路, 所述控制电路根据电压检测信号控制各开关桥臂的通断;

所述双向导通整流电路包括电阻R1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、PMOS管Q1、PMOS管Q2、NMOS管Q3以及NMOS管Q4;

所述PMOS管Q1的漏极和NMOS管Q3的漏极连接形成公共连接点, PMOS管Q1的漏极和NMOS管Q3的漏极的公共连接点作为双向导通整流电路的正输入端;

PMOS管Q2的漏极和NMOS管Q4的漏极连接形成公共连接点, PMOS管Q2的漏极和NMOS管Q4的漏极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的负输入端;

PMOS管Q1的源极和PMOS管Q2的源极连接, 且PMOS管Q1的源极和PMOS管Q2的源极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的正输出端, NMOS管Q3的源极和NMOS管Q4的源极连接, 且NMOS管Q3的源极和NMOS管Q4的源极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的负输出端;

PMOS管Q1的栅极通过电阻R1连接于PMOS管Q2的漏极, PMOS管Q2的栅极通过电阻R2连接于PMOS管Q1的漏极, NMOS管Q3的栅极通过电阻R3连接于NMOS管Q4的漏极, NMOS管Q4的栅极通过电阻R4连接于NMOS管Q3的漏极;

所述可控升降压电路包括电容C1、电感L、NMOS管Q6和NMOS管Q5;

电容C1的一端连接于双向导通整流电路的正输出端, 电容C1的另一端与NMOS管Q6的漏极连接, NMOS管Q6的源极与NMOS管Q5的漏极连接, NMOS管Q5的源极连接于双向导通整流电路的负输出端, 电感L的一端连接于双向导通整流电路的正输出端, 电感L的另一端连接于NMOS管Q6的源极和NMOS管Q5的漏极之间的公共连接点, 所述NMOS管Q5和NMOS管Q6的栅极由控制电路输入控制信号进行导通关断;

连接于锂电池组负极的开关桥臂S0由两个NMOS管串接形成, 其余开关桥臂为两个PMOS管串接形成, 其中, 同一开关桥臂的两个MOS管的源极相连接;

所述均衡装置按照如下方法进行锂电池电量均衡:

S1. 检测电路检测各单体电池的电压以及电容C1的电压, 并输出至控制电路;

S2. 控制电路计算单体电池之间的电压差值 ΔV_{cell} , 若 $\Delta V_{\text{cell}} > V_{\text{ON}}$, 则进入到步骤S3, 其中, V_{ON} 为进行电池均衡的开启电压;

S3. 控制电路控制与电压值最大的单体电池 i 所对应的开关桥臂 S_i 和开关桥臂 S_{i-1} 导通, 其余开关桥臂关断, 将单体电池 i 接入到双向导通整流电路中;

S4. 控制电路控制NMOS管Q5导通, NMOS管Q6截止, 电感L的电流 I 增大, 直至电感L的电流 I 达到 $I > I_{\text{max}}$, 则进入到步骤S5中;

其中 I_{\max} 为电感L的最大工作电流；

S5. 控制电路控制NMOS管Q6导通, NMOS管Q5截止, 电感L的电流I减小, 直至 $I < I_{\min}$, 其中, I_{\min} 为电感L的最小工作电流；

S6. 重复步骤S4-S5, 将单体电池i的能量转移至电容C1, 直至电容C1的电压 V_{C1} 达到 $V_{C1} > V_{\max}$, 其中, V_{\max} 为电容C1的电压上限；

S7. 控制电路关断单体电池i所对应的开关桥臂 S_i 和开关桥臂 S_{i-1} , 并控制电压最小的单体电池j所对应的开关桥臂 S_j 以及开关桥臂 S_{j-1} 导通, 将单体电池j接入到双向导通整流电路中；

S8. 控制电路控制NMOS管Q5导通, NMOS管Q6截止, 电感L进行反向蓄能, 直至电感L的工作电流I满足 $I < -I_{\max}$ 时进入到步骤S9中；

S9. 控制电路控制NMOS管Q6导通, NMOS管Q5截止, 电感L释放能量, 直至电感L的工作电流I满足 $I > -I_{\min}$ ；

S10. 重复步骤S8-S9, 并且控制电路判断电容C1的电压是否满足 $V_{C1} < V_{\min}$, 如是, 则控制电路控制NMOS管Q5和NMOS管Q6保持关断状态；

S11. 控制电路判断单体电池之间的电压差值 ΔV_{cell} 是否满足 $\Delta V_{\text{cell}} < V_{\text{OFF}}$, 如是, 则控制电路控制所有开关桥臂关断以及NMOS管Q5和NMOS管Q6关断, 电池均衡过程结束, 其中, V_{OFF} 进行电池均衡的结束电压；

步骤S4中NMOS管Q5的导通持续时间 T_{on} 和步骤S5中NMOS管Q6的导通持续时间 T_{off} 具有以下关系：

$V_{\text{cell}} T_{\text{on}} = V_{C1} T_{\text{off}}$, 其中, V_{cell} 为单体电池i的电压。

基于升降压电路的锂电池均衡装置及其均衡方法

技术领域

[0001] 本发明涉及锂电池领域,尤其涉及一种基于升降压电路的锂电池均衡装置及其均衡方法。

背景技术

[0002] 锂电池具有高能量密度、无记忆效应、单节循环周期长等优点,因此,锂电池被广泛应用,极大地推动了能源、通讯、航天、新能源汽车等行业的发展。锂电池单体电压范围一般在3.0V-4.2V,如磷酸铁锂电池额定电压为3.2V,钴酸锂电池为3.7V,为满足设备供电需求,往往需将多节锂电池串联成组以构成高电压能量存储与供应装置。

[0003] 锂电池过充过放均对其性能造成不可逆损伤,在实际运用中往往会增加过充放保护电路,由于制造工艺等因素,电池容量、内阻及自放电特性必然存在一定差异,并导致电池组中各电池单体电压、荷电状态(SOC, State Of Charge)失衡,进而引起整个电池组的性能下降,因此,锂电池的均衡性直接影响到锂电池使用寿命。

[0004] 现有技术中,对于锂电池的均衡采用级联式均衡和集中式均衡,其中,级联式均衡实现相邻电池单体间的能量传输,拥有较为简单的结构并利于模块化,但由于能量的逐级传递而使得均衡效率低,均衡速度慢,适用于串联电池节数少的低压电池组;集中式均衡实现电池单体与电池组间能量传输,由于每个单体都对应有均衡电路,均衡效率高,速度快,但通常采用变压器作为隔离元件,体积较大且扩展能量较差。

[0005] 因此,为了解决上述技术问题,亟需提出一种新的技术手段进行解决。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种基于升降压电路的锂电池均衡装置及其均衡方法,基于开关阵列选择性地对锂电池的进行有效均衡,均衡效率高,确保锂电池的均衡速度,而且结构简单,易于模块化,扩展性强,能够适用于不同电压等级的锂电池,实用性强。

[0007] 本发明提供了一种基于升降压电路的锂电池均衡装置,锂电池为 n 个单体锂电池串联形成,包括开关阵列、双向导通整流电路、检测电路、控制电路以及可控升降压电路;

[0008] 所述开关阵列包括 $n+1$ 个开关桥臂,所述开关桥臂为两个MOS管串接形成且同一开关桥臂的两个MOS管同时导通或者关断,其中,奇数编号的单体锂电池的正极通过开关桥臂与双向导通整流电路的正输入端连接,偶数编号的单体锂电池的正极通过开关桥臂与双向导通整流电路的负输入端连接,所述双向导通整流电路的负输入端通过开关桥臂与锂电池的负极连接;

[0009] 所述双向导通整流电路的输出端与正降压电路的输入端连接,所述检测电路用于检测各单体电池的电压并将电压检测信号输出至控制电路,所述控制电路根据电压检测信号控制各开关桥臂的通断。

[0010] 进一步,连接于锂电池组负极的开关桥臂 S_0 由两个PMOS管串接形成,其余开关桥臂为两个NMOS管串接形成,其中,同一开关桥臂的两个MOS管的源极相连接。

[0011] 进一步,所述双向导通整流电路包括电阻R1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、PMOS管Q1、PMOS管Q2、NMOS管Q3以及NMOS管Q4;

[0012] 所述PMOS管Q1的漏极和NMOS管Q3的漏极连接形成公共连接点,PMOS管Q1的漏极和NMOS管Q3的漏极的公共连接点作为双向导通整流电路的正输入端;

[0013] PMOS管Q2的漏极和NMOS管Q4的漏极连接形成公共连接点,PMOS管Q2的漏极和NMOS管Q4的漏极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的负输入端;

[0014] PMOS管Q1的源极和PMOS管Q2的源极连接,且PMOS管Q1的源极和PMOS管Q2的源极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的正输出端,NMOS管Q3的源极和NMOS管Q4的源极连接,且NMOS管Q3的源极和NMOS管Q4的源极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的负输出端;

[0015] PMOS管Q1的栅极通过电阻R1连接于PMOS管Q2的漏极,PMOS管Q2的栅极通过电阻R2连接于PMOS管Q1的漏极,NMOS管Q3的栅极通过电阻R3连接于NMOS管Q4的漏极,NMOS管Q4的栅极通过电阻R4连接于NMOS管Q3的漏极。

[0016] 进一步,所述可控升降压电路包括电容C1、电感L、NMOS管Q6和NMOS管Q5;

[0017] 电容C1的一端连接于双向导通整流电路的正输出端,电容C1的另一端与NMOS管Q6的漏极连接,NMOS管Q6的源极与NMOS管Q5的漏极连接,NMOS管Q5的源极连接于双向导通整流电路的负输出端,电感L的一端连接于双向导通整流电路的正输出端,电感L的另一端连接于NMOS管Q6的源极和NMOS管Q5的漏极之间的公共连接点,所述NMOS管Q5和NMOS管Q6的栅极由控制电路输入控制信号进行导通关断。

[0018] 相应地,本发明还提供了一种基于上述锂电池均衡装置的锂电池均衡方法,包括以下步骤:

[0019] S1.检测电路检测各单体电池的电压以及电容C1的电压,并输出至控制电路;

[0020] S2.控制电路计算单体电池之间的电压差值 ΔV_{cell} ,若 $\Delta V_{cell} > V_{ON}$,则进入到步骤S3,其中, V_{ON} 为进行电池均衡的开启电压;

[0021] S3.控制电路控制与电压值最大的单体电池*i*所对应的开关桥臂 S_i 和开关桥臂 S_{i-1} 导通,其余开关桥臂关断,将单体电池*i*接入到双向导通整流电路中;

[0022] S4.控制电路控制NMOS管Q5导通,NMOS管Q6截止,电感L的电流*I*增大,直至电感L的电流*I*达到 $I > I_{max}$,则进入到步骤S5中;

[0023] 其中 I_{max} 为电感L的最大工作电流;

[0024] S5.控制电路控制NMOS管Q6导通,NMOS管Q5截止,电感L的电流*I*减小,直至 $I < I_{min}$,其中, I_{min} 为电感L的最小工作电流;

[0025] S6.重复步骤S4-S5,将单体电池*i*的能量转移至电容C1,直至电容C1的电压 V_{C1} 达到 $V_{C1} > V_{max}$,其中, V_{max} 为电容C1的电压上限;

[0026] S7.控制电路关断单体电池*i*所对应的开关桥臂 S_i 和开关桥臂 S_{i-1} ,并控制电压最小的单体电池*j*所对应的开关桥臂 S_j 以及开关桥臂 S_{j-1} 导通,将单体电池*j*接入到双向导通整流电路中;

[0027] S8.控制电路控制NMOS管Q5导通,NMOS管Q6截止,电感L进行反向蓄能,直至电感L的工作电流*I*满足 $I < -I_{max}$ 时进入到步骤S9中;

[0028] S9.控制电路控制NMOS管Q6导通,NMOS管Q5截止,电感L释放能量,直至电感L的工

作电流 I 满足 $I > -I_{\min}$;

[0029] S10. 重复步骤S8-S9, 并且控制电路判断电容 $C1$ 的电压是否满足 $V_{C1} < V_{\min}$, 如是, 则控制电路控制NMOS管 $Q5$ 和NMOS管 $Q6$ 保持关断状态;

[0030] S11. 控制电路判断单体电池之间的电压差值 ΔV_{cell} 是否满足 $\Delta V_{\text{cell}} < V_{\text{OFF}}$, 如是, 则控制电路控制所有开关桥臂关断以及NMOS管 $Q5$ 和NMOS管 $Q6$ 关断, 电池均衡过程结束, 其中, V_{OFF} 进行电池均衡的结束电压。

[0031] 进一步, 步骤S4中NMOS管 $Q5$ 的导通持续时间 T_{on} 和步骤S5中NMOS管 $Q6$ 的导通持续时间 T_{off} 具有以下关系:

[0032] $V_{\text{cell}} T_{\text{on}} = V_{C1} T_{\text{off}}$, 其中, V_{cell} 为单体电池 i 的电压。

[0033] 本发明的有益效果: 通过本发明, 基于开关阵列选择性地对锂电池的进行有效均衡, 均衡效率高, 确保锂电池的均衡速度, 而且结构简单, 易于模块化, 扩展性强, 能够适用于不同电压等级的锂电池, 实用性强。

附图说明

[0034] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步描述:

[0035] 图1为本发明的电路原理框图。

[0036] 图2为本发明的电路原理图。

具体实施方式

[0037] 以下结合说明书附图对本发明做出进一步详细说明:

[0038] 本发明提供了一种基于升降压电路的锂电池均衡装置, 锂电池为 n 个单体锂电池串联形成, 包括开关阵列、双向导通整流电路、检测电路、控制电路以及可控升降压电路;

[0039] 所述开关阵列包括 $n+1$ 个开关桥臂, 所述开关桥臂为两个MOS管串接形成且同一开关桥臂的两个MOS管同时导通或者关断, 其中, 奇数编号的单体锂电池的正极通过开关桥臂与双向导通整流电路的正输入端连接, 偶数编号的单体锂电池的正极通过开关桥臂与双向导通整流电路的负输入端连接, 所述双向导通整流电路的负输入端通过开关桥臂与锂电池的负极连接;

[0040] 所述双向导通整流电路的输出端与正降压电路的输入端连接, 所述检测电路用于检测各单体电池的电压并将电压检测信号输出至控制电路, 所述控制电路根据电压检测信号控制各开关桥臂的通断, 通过本发明, 基于开关阵列选择性地对锂电池的进行有效均衡, 均衡效率高, 确保锂电池的均衡速度, 而且结构简单, 易于模块化, 扩展性强, 能够适用于不同电压等级的锂电池, 实用性强, 其中, 检测电路既检测各个单体锂电池的电压, 并且还检测电容 $C1$ 的电压, 检测电路采用现有的传感器或者电压检测电路, 控制电路包括MOS管驱动电路和一个控制器, 控制器采用现有的单片机、微控制器即可, MOS管驱动电路采用现有的MOS管驱动电路。

[0041] 本实施例中, 连接于锂电池组负极的开关桥臂 $S0$ 由两个PMOS管串接形成, 其余开关桥臂为两个NMOS管串接形成, 其中, 同一开关桥臂的两个MOS管的源极相连接, 如图2所示, 由于锂电池是由 n 个单体电池串联形成, 那么整个锂电池的负极所对应的单体电池的编号为1, 而整个锂电池的正极所对应的单体电池则为 n , 由于单体电池与开关桥臂对应, 除了

单体电池ce111对应S0和S1两个开关桥臂,其他的均可以对应一个开关桥臂,因此,通过本发明的开关结构,使得开关桥臂与单体电池形成一个模块,从而利于模块化,简化锂电池的结构。

[0042] 本实施例中,所述双向导通整流电路包括电阻R1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、PMOS管Q1、PMOS管Q2、NMOS管Q3以及NMOS管Q4;

[0043] 所述PMOS管Q1的漏极和NMOS管Q3的漏极连接形成公共连接点,PMOS管Q1的漏极和NMOS管Q3的漏极的公共连接点作为双向导通整流电路的正输入端;

[0044] PMOS管Q2的漏极和NMOS管Q4的漏极连接形成公共连接点,PMOS管Q2的漏极和NMOS管Q4的漏极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的负输入端;

[0045] PMOS管Q1的源极和PMOS管Q2的源极连接,且PMOS管Q1的源极和PMOS管Q2的源极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的正输出端,NMOS管Q3的源极和NMOS管Q4的源极连接,且NMOS管Q3的源极和NMOS管Q4的源极之间的公共连接点作为双向导通整流电路的负输出端;

[0046] PMOS管Q1的栅极通过电阻R1连接于PMOS管Q2的漏极,PMOS管Q2的栅极通过电阻R2连接于PMOS管Q1的漏极,NMOS管Q3的栅极通过电阻R3连接于NMOS管Q4的漏极,NMOS管Q4的栅极通过电阻R4连接于NMOS管Q3的漏极,通过上述结构,既能够通过双向导通整流电路(Rectifier)将电压较高的锂电池的能量转移到升降压电路(Buck-Boost)上,又能够将升降压电路上的能量转移到低电压锂电池,从而实现电池的能量转移,达到锂电池的均衡。

[0047] 本实施例中,所述可控升降压电路包括电容C1、电感L、NMOS管Q6和NMOS管Q5;电容C1采用大容值电容,比如超级电容;

[0048] 电容C1的一端连接于双向导通整流电路的正输出端,电容C1的另一端与NMOS管Q6的漏极连接,NMOS管Q6的源极与NMOS管Q5的漏极连接,NMOS管Q5的源极连接于双向导通整流电路的负输出端,电感L的一端连接于双向导通整流电路的正输出端,电感L的另一端连接于NMOS管Q6的源极和NMOS管Q5的漏极之间的公共连接点,所述NMOS管Q5和NMOS管Q6的栅极由控制电路输入控制信号进行导通关断,在上述结构中,PMOS管Q1和NMOS管Q4同时导通或者关断,PMOS管Q2和NMOS管Q3同时导通或者关断,从而使得升降压电路的输入端极性固定,并且实现电流的稳定双向流动。

[0049] 高电压的单体电池的能量转移到电容C1,然后再通过双向导通整流电路转移到低电压的单体电池上,在高电压的单体电池的能量转移到电容C1时具有两个阶段,即时刻 t_0 : t_1 以及时刻 t_1 : t_2 :

[0050] 在时刻 t_0 : t_1 时,NMOS管Q5导通NMOS管Q6关断,电感L两端电压为电池单体电压 V_{Cell} ,电感L电流I增大,进行蓄能:

$$[0051] \quad I(t) = \frac{V_{cell}}{L}(t-t_0) + I(t_0)$$

[0052] 在时刻 t_1 : t_2 时,Q5关断Q6导通,L通过Q6的释放能量至 C_1 ,其两端电压为 $-V_{C1}$,电流减小,由于 C_1 值较大,在一个开关周期内可认为 V_{C1} 为常数:

$$[0053] \quad I(t) = -\frac{V_{C1}}{L}(t-t_1) + I(t_1)$$

[0054] 相应地,本发明还提供了一种基于上述锂电池均衡装置的锂电池均衡方法,包括

以下步骤:

[0055] S1.检测电路检测各单体电池的电压以及电容C1的电压,并输出至控制电路;

[0056] S2.控制电路计算单体电池之间的电压差值 ΔV_{cell} ,若 $\Delta V_{cell} > V_{ON}$,则进入到步骤S3,其中, V_{ON} 为进行电池均衡的开启电压;

[0057] S3.控制电路控制与电压值最大的单体电池*i*所对应的开关桥臂 S_i 和开关桥臂 S_{i-1} 导通,其余开关桥臂关断,将单体电池*i*接入到双向导通整流电路中;其中, $i=1,2,\dots,n$;如图2所示,每一个单体电池都对应两个桥臂,比如单体电池cell11,其对应的桥臂为S0和S1,单体电池cell12,对应的桥臂为S1和S2,这样才可以确保每个单体电池均能够与双向导通整流电路以及升降压电路之间可以形成一个完整的回路,进而实现能量转移;

[0058] S4.控制电路控制NMOS管Q5导通,NMOS管Q6截止,电感L的电流*I*增大,直至电感L的电流*I*达到 $I > I_{max}$,则进入到步骤S5中;

[0059] 其中 I_{max} 为电感L的最大工作电流;

[0060] S5.控制电路控制NMOS管Q6导通,NMOS管Q5截止,电感L的电流*I*减小,直至 $I < I_{min}$,其中, I_{min} 为电感L的最小工作电流;

[0061] S6.重复步骤S4-S5,将单体电池*i*的能量转移至电容C1,直至电容C1的电压 V_{C1} 达到 $V_{C1} > V_{max}$,其中, V_{max} 为电容C1的电压上限;

[0062] S7.控制电路关断单体电池*i*所对应的开关桥臂 S_i 和开关桥臂 S_{i-1} ,并控制电压最小的单体电池*j*所对应的开关桥臂 S_j 以及开关桥臂 S_{j-1} 导通,将单体电池*j*接入到双向导通整流电路中;其中, $j=1,2,\dots,n$;

[0063] S8.控制电路控制NMOS管Q5导通,NMOS管Q6截止,电感L进行反向蓄能,直至电感L的工作电流*I*满足 $I < -I_{max}$ 时进入到步骤S9中;

[0064] S9.控制电路控制NMOS管Q6导通,NMOS管Q5截止,电感L释放能量,直至电感L的工作电流*I*满足 $I > -I_{min}$;

[0065] S10.重复步骤S8-S9,并且控制电路判断电容C1的电压是否满足 $V_{C1} < V_{min}$,如是,则控制电路控制NMOS管Q5和NMOS管Q6保持关断状态;

[0066] S11.控制电路判断单体电池之间的电压差值 ΔV_{cell} 是否满足 $\Delta V_{cell} < V_{OFF}$,如是,则控制电路控制所有开关桥臂关断以及NMOS管Q5和NMOS管Q6关断,电池均衡过程结束,其中, V_{OFF} 进行电池均衡的结束电压。

[0067] 本实施例中,步骤S4中NMOS管Q5的导通持续时间 T_{on} 和步骤S5中NMOS管Q6的导通持续时间 T_{off} 具有以下关系:

[0068] $V_{cell} T_{on} = V_{C1} T_{off}$,其中, V_{cell} 为单体电池*i*的电压,通过该控制方法,能够确保在步骤S4和S5时电感的电流不会发生反向,进而确保电池均衡过程的稳定性。

[0069] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

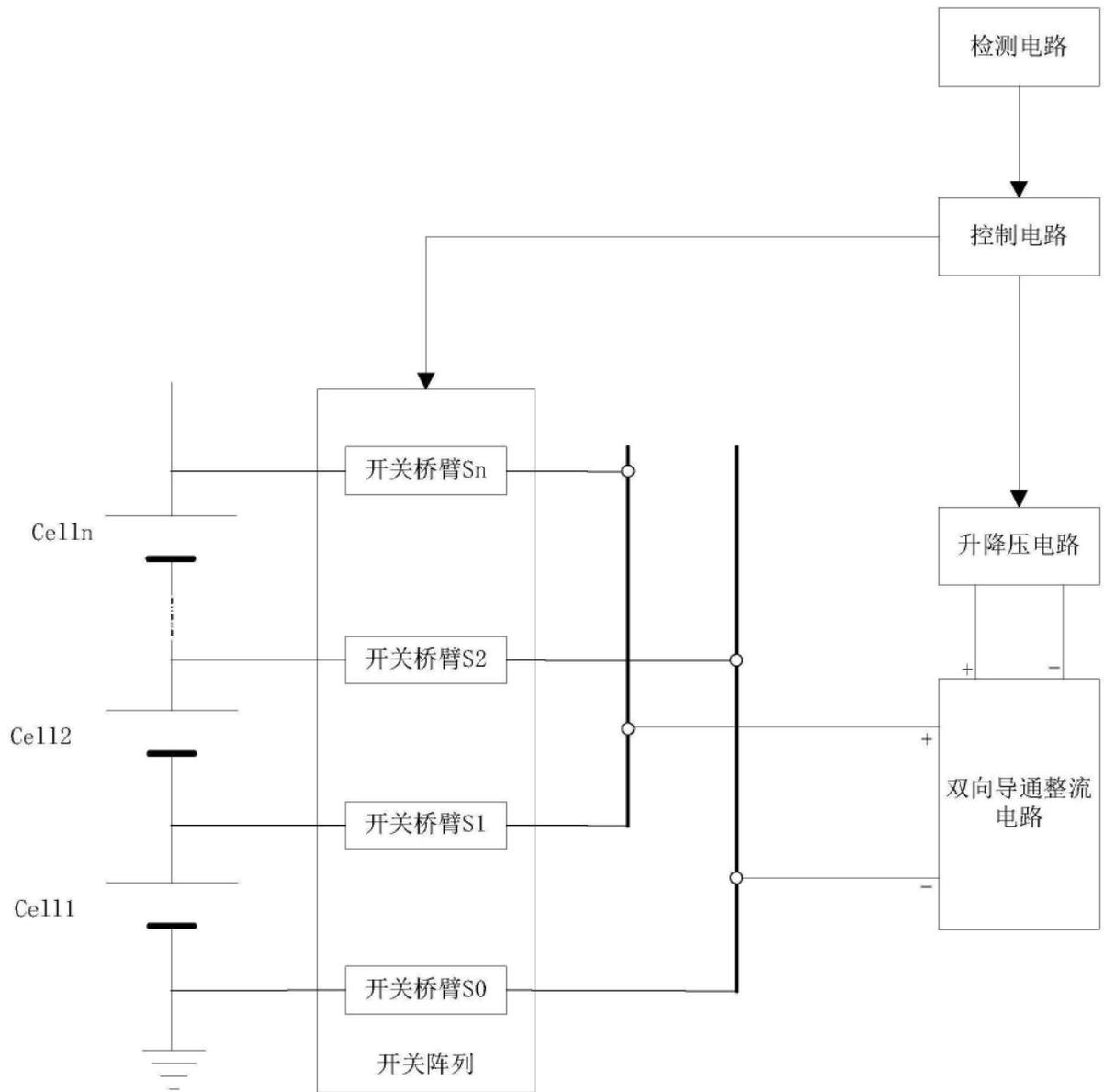


图1

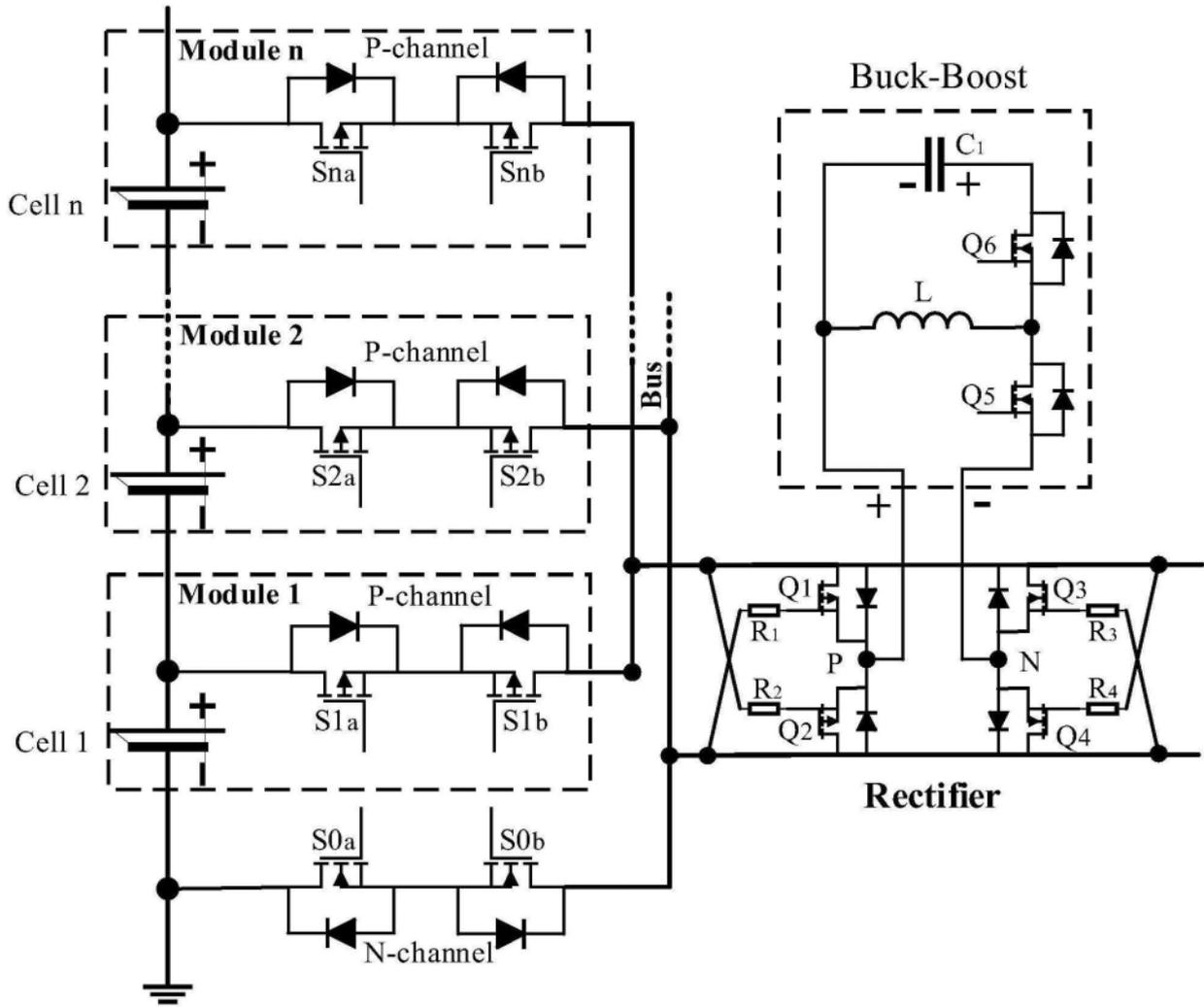


图2