



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103326439 B

(45)授权公告日 2016.11.02

(21)申请号 201310268892.9

(22)申请日 2013.06.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103326439 A

(43)申请公布日 2013.09.25

(73)专利权人 安科智慧城市技术(中国)有限公司

地址 518034 广东省深圳市福田区深南大道特区报业大厦1306房

(72)发明人 谢世荣

(74)专利代理机构 深圳市凯达知识产权事务所 44256

代理人 任转英 刘大弯

(51)Int.Cl.

H02J 7/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102170029 A,2011.08.31,

CN 202353275 U,2012.07.25,

CN 202872396 U,2013.04.10,

CN 202564926 U,2012.11.28,

JP 2001224139 A,2001.08.17,

审查员 陈新红

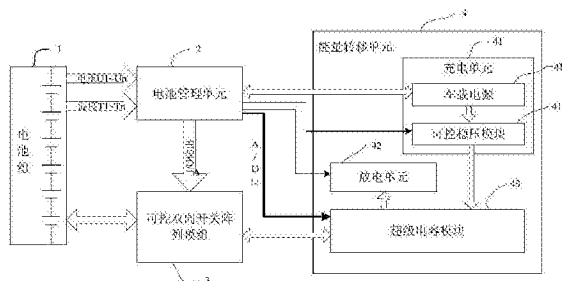
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

电池组的均衡电路及方法

(57)摘要

本发明提供了一种电池组的均衡电路及方法,均衡电路包括电池组、电池管理单元、可控双向开关阵列模组、能量转移模块,能量转移模块包括充电单元、放电单元和超级电容模块;可控双向开关阵列模组,用于根据电池管理单元的均衡控制指令来导通或断开单体电池与超级电容模块之间的电连接;超级电容模块,用于为满足均衡条件的单体电池充放电;电池管理单元,用于控制超级电容模块的电压等于电池组的平均电压值,还用于向可控双向开关阵列模组发出均衡控制指令以实现为满足均衡条件的单体电池充放电。本发明有效实现了整个电池组内单体电池的均衡,具有高效、热量低、使用寿命长等优点。



1. 一种电池组的均衡电路, 电池组由至少两个单体电池串接而成, 其特征在于, 还包括电池管理单元、可控双向开关阵列模组和能量转移模块; 所述能量转移模块包括充电单元、放电单元和超级电容模块, 所述充电单元包括车载电源和可控稳压模块, 所述充电单元与所述超级电容模块连接构成所述超级电容模块的充电回路, 所述放电单元与所述超级电容模块连接构成所述超级电容模块的放电回路;

所述可控双向开关阵列模组, 用于根据所述电池管理单元的均衡控制指令来导通或断开所述单体电池与所述超级电容模块之间的电连接;

所述超级电容模块, 用于为满足均衡条件的单体电池充放电;

所述电池管理单元, 用于实时检测所述超级电容模块的电压, 通过控制所述充电回路的导通或断开以及所述放电回路的导通或断开, 使得所述超级电容模块的电压等于电池组的平均电压值; 还用于实时检测出满足均衡条件的单体电池, 并向所述可控双向开关阵列模组发出均衡控制指令, 使得该单体电池的电压等于所述电池组的平均电压值; 所述均衡条件具体为: 单体电池的电压值与整个电池组的平均电压值之差的相对值大于预设的系统控制策略参数值, 系统控制策略参数值设定在0~100mV范围内;

所述充电单元, 用于在所述超级电容模块的电压低于电池组的平均电压值时, 为所述超级电容模块充电;

所述放电单元, 用于在所述超级电容模块的电压高于所述电池组的平均电压值时, 使得所述超级电容模块通过所述放电单元进行放电。

2. 如权利要求1所述的电池组的均衡电路, 其特征在于, 所述可控双向开关阵列模组包括至少三个由所述电池管理单元控制闭合与断开的第一开关元件;

每个所述单体电池的正极通过所述第一开关元件与所述超级电容模块的一端连接, 每个所述单体电池的负极通过所述第一开关元件与所述超级电容模块的另一端连接。

3. 如权利要求1所述的电池组的均衡电路, 其特征在于, 所述放电单元包括第二开关元件和负载电阻元件;

所述超级电容模块的一端通过所述第二开关元件与所述负载电阻元件的一端连接, 所述负载电阻元件的另一端与所述超级电容模块的另一端连接;

所述电池管理单元通过控制所述第二开关元件来导通或断开所述超级电容模块的放电回路。

4. 如权利要求1所述的电池组的均衡电路, 其特征在于, 所述充电单元包括车载电源和可控稳压模块;

所述车载电源通过所述可控稳压模块为所述超级电容模块充电, 所述电池管理单元通过控制所述可控稳压模块来导通或断开所述超级电容模块的充电回路。

5. 如权利要求4所述的电池组的均衡电路, 其特征在于, 还包括电源转换器, 所述电源转换器的输入端与所述电池组连接, 所述电源转换器的输出端与所述车载电源连接进而为所述车载电源供电。

6. 如权利要求1-5任意一项权利要求所述的电池组的均衡电路, 其特征在于, 所述超级电容模块为一个超级电容或者由多个超级电容串联组成。

7. 一种电池组的均衡方法, 其特征在于, 该方法包括:

步骤一: 实时检测超级电容模块的电压, 通过导通或断开所述超级电容模块的充电回

路和放电回路,使得超级电容模块的电压等于电池组的平均电压值;以及

步骤二:实时检测电池组中各单体电池的电压,对其中满足均衡条件的单体电池,通过对可控双向开关阵列模组进行控制,使得所述超级电容模块为满足均衡条件的单体电池充放电,使得该单体电池的电压等于所述电池组的平均电压值;所述均衡条件具体为:单体电池的电压值与整个电池组的平均电压值之差的相对值大于预设的系统控制策略参数值,系统控制策略参数值设定在0~100mV范围内。

8.如权利要求7所述的均衡方法,其特征在于,所述步骤二进一步包括:

按照预定的均衡策略,依次对满足均衡条件的单体电池充放电:对于满足均衡条件的单体电池,估算该单体电池的电压值达到整个电池组的平均电压值时所需的时间,据此控制所述可控双向开关阵列模组中与所述单体电池相对应的第一开关元件的闭合时间,由所述超级电容模块通过该第一开关元件对当前的单体电池充放电。

9.如权利要求8所述的均衡方法,其特征在于,所述步骤二中,当电池组中有两个以上的单体电池同时满足均衡条件时,按照编号大小、与平均电压值的电压差值大小进行排序,按照顺序对满足均衡条件的单体电池充放电;或者,按照先充电后放电或先放电后充电的顺序对满足均衡条件的需充电的单体电池以及需放电的单体电池充放电。

电池组的均衡电路及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电源管理技术领域,尤其涉及一种电池组的均衡电路及方法。

背景技术

[0002] 如今,动力电池是电动汽车的核心部件,现已经形成动力锂离子电池及其专用材料的开发热潮。作为一种新型的动力技术,锂电池在使用中必须串联才能达到使用电压的需要,单体电池性能上的参差不齐并不全是缘于电池的生产技术问题,从涂膜开始到成品要经过多道工艺工序,即使每道工艺工序都经过严格的检测程序,使得每只电池的电压、内阻、容量一致,使用一段时间以后,每只电池的电压、内阻、容量会由各种不同的因素(如电池的生产制作工艺、电池本身的材料、以及电池的使用环境等等),使之电池的电压、内阻、容量也会产生差异,使得动力电池的使用上技术问题迫在眉睫,而且必须尽快解决。动力电池组的使用寿命受多种因素影响,如果动力电池组寿命低于单体电池平均寿命的一半以下,可以推断都是由于使用技术不当造成的,首要原因当推至于过充和过放导致单体电池提前失效。电池组的单体均衡需要结合动力电池特性、电子电源、计算机控制技术研究动力电池组的使用技术,探讨动力电池组的均衡控制和管理。

[0003] 于2012年9月12日在中国公开的专利102664433A中,其“基于双向DC/DC的电池均衡系统”中提出通过单片机控制双向DC/DC模块、双向极性切换开关以及双向开关阵列实现了对电池模组内各单体电池的分时充电或放电均衡。通过双向DC/DC模块来对电池模组内单体电池进行的均衡方式,其中双向DC/DC模块损耗的能量较大,故产生的热量也很大,加上电池组内电池本体的热量。故此方式来实现均衡从而导致整个均衡效率很低,双向DC/DC模块产生的热量管理较复杂、损耗大。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种电池组的均衡电路及方法,有效控制整个电池组内单体电池的电压、容量保持一致,提高整个电池组的使用周期、使用效率及延长使用寿命。

[0005] 本发明的另一目的在于提供一种电池组的均衡电路及方法,提高均衡效率,降低热量损耗。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的。

[0007] 一种电池组的均衡电路,电池组由至少两个单体电池串接而成,还包括电池管理单元、可控双向开关阵列模组和能量转移模块;所述能量转移模块包括充电单元、放电单元和超级电容模块,所述充电单元包括车载电源和可控稳压模块,所述充电单元与所述超级电容模块连接构成所述超级电容模块的充电回路,所述放电单元与所述超级电容模块连接构成所述超级电容模块的放电回路;

[0008] 所述可控双向开关阵列模组,用于根据所述电池管理单元的均衡控制指令来导通或断开所述单体电池与所述超级电容模块之间的电连接;

[0009] 所述超级电容模块,用于为满足均衡条件的单体电池充放电;

[0010] 所述电池管理单元,用于实时检测所述超级电容模块的电压,通过控制所述充电回路的导通或断开以及所述放电回路的导通或断开,使得所述超级电容模块的电压等于电池组的平均电压值;还用于实时检测出满足均衡条件的单体电池,并向所述可控双向开关阵列模组发出均衡控制指令,使得该单体电池的电压等于所述电池组的平均电压值;所述均衡条件具体为:单体电池的电压值与整个电池组的平均电压值之差的相对值大于预设的系统控制策略参数值,系统控制策略参数值设定在0~100mV范围内;

[0011] 所述充电单元,用于在所述超级电容模块的电压低于电池组的平均电压值时,为所述超级电容模块充电;

[0012] 所述放电单元,用于在所述超级电容模块的电压高于所述电池组的平均电压值时,使得所述超级电容模块通过所述放电单元进行放电。

[0013] 其中,所述可控双向开关阵列模组包括至少三个由所述电池管理单元控制闭合与断开的第一开关元件;

[0014] 每个所述单体电池的正极通过所述第一开关元件与所述超级电容模块的一端连接,每个所述单体电池的负极通过所述第一开关元件与所述超级电容模块的另一端连接。

[0015] 其中,所述放电单元包括第二开关元件和负载电阻元件;

[0016] 所述超级电容模块的一端通过所述第二开关元件与所述负载电阻元件的一端连接,所述负载电阻元件的另一端与所述超级电容模块的另一端连接;

[0017] 所述电池管理单元通过控制所述第二开关元件来导通或断开所述超级电容模块的放电回路。

[0018] 其中,所述充电单元包括车载电源和可控稳压模块;

[0019] 所述车载电源通过所述可控稳压模块为所述超级电容模块充电,所述电池管理单元通过控制所述可控稳压模块来导通或断开所述超级电容模块的充电回路。

[0020] 其中,还包括电源转换器,所述电源转换器的输入端与所述电池组连接,所述电源转换器的输出端与所述车载电源连接进而为所述车载电源供电。

[0021] 其中,所述超级电容模块为一个超级电容或者由多个超级电容串联组成。

[0022] 一种电池组的均衡方法,该方法包括:

[0023] 步骤一:实时检测超级电容模块的电压,通过导通或断开所述超级电容模块的充电回路和放电回路,使得超级电容模块的电压等于电池组的平均电压值;以及

[0024] 步骤二:实时检测电池组中各单体电池的电压,对其中满足均衡条件的单体电池,通过对可控双向开关阵列模组进行控制,使得所述超级电容模块为满足均衡条件的单体电池充放电,使得该单体电池的电压等于所述电池组的平均电压值;所述均衡条件具体为:单体电池的电压值与整个电池组的平均电压值之差的相对值大于预设的系统控制策略参数值,系统控制策略参数值设定在0~100mV范围内。

[0025] 其中,所述步骤二进一步包括:

[0026] 按照预定的均衡策略,依次对满足均衡条件的单体电池充放电:对于满足均衡条件的单体电池,估算该单体电池的电压值达到整个电池组的平均电压值时所需的时间,据此控制所述可控双向开关阵列模组中与所述单体电池相对应的第一开关元件的闭合时间,由所述超级电容模块通过该第一开关元件对当前的单体电池充放电。

[0027] 其中,所述步骤二中,当电池组中有两个以上的单体电池同时满足均衡条件时,按

照编号大小、与平均电压值的电压差值大小进行排序,按照顺序对满足均衡条件的单体电池充放电;或者,按照先充电后放电或先放电后充电的顺序对满足均衡条件的需充电的单体电池以及需放电的单体电池充放电。

[0028] 与现有技术相比,本发明实施例具有以下有益效果。

[0029] 1)本发明实施例中通过电池管理单元来控制能量转移模块及可控双向开关阵列模组,实现了对电池组内各单体电池的分时充电或放电均衡,可确保电池组中各个单体电池的电压一致、容量平衡,达到了良好的电池均衡控制效果。

[0030] 2)本发明实施例损耗的能量较小,产生的热量少,因而具有均衡效率高、实现简单等优点。

附图说明

[0031] 图1是本发明的原理框图;

[0032] 图2是本发明实施例的电池管理单元框图;

[0033] 图3是本发明实施例的电池组内单体电池的均衡控制的电路示意图;

[0034] 图4是本发明实施例的超级电容模块的控制流程图;

[0035] 图5是本发明实施例的电池组内单体电池的均衡控制的方法流程图。

具体实施方式

[0036] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0037] 本发明的原理框图如图1所示,电池组的均衡电路包括:电池组1、电池管理单元2、可控双向开关阵列模组3、能量转移模块4;能量转移模块4包括充电单元41、放电单元42、超级电容模块43,充电单元41与超级电容模块43连接构成超级电容模块43的充电回路,放电单元42与超级电容模块43连接构成超级电容模块43的放电回路;充电单元41包括车载电源411和可控稳压模块412。它有两种模式,如果可控稳压模块412自身带有开关控制引脚即所谓集成功能模块,则由电池管理单元2直接控制可控稳压模块412的工作状态;反之,则可以外部连接一个可控开关元件对可控稳压模块412的工作状态进行控制,从而有效地控制可控稳压模块412的工作状态(闭合或者断开)、进而控制超级电容模块43与车载电源411的电连接。为更好的提高本发明的均衡电路的能源利用率,采用整个电池组的电,利用一个DC/DC电源转换器对车载电源411供电的方式,同时也可以外部电源对车载电源411供电。

[0038] 请参阅图3,电池组1由Ce111、Ce112、Ce113、Ce114、Ce115、Ce116、Ce117……等单体电池组成;其中每一个单体电池的正极、负极均引接导线连出,由相邻单体电池串联在一起,电池Ce111的正极与电池Ce112的负极是供点,所以只用一根导线连接引出,每一导线分别连接一个第一开关元件;可控开关阵列模组3由S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S8……等开关组成;超级电容模块43是由一个超级电容或者多个超级电容组成的能量存储器件,时刻保证它与整个电池组的平均电压值 $V_{平均}$ 和容量值【即:电池荷电状态SOC(state of charge)】 $SOC_{平均}$ 一致。电池Ce111的负极节点a连接开关S1的一端,电池Ce111的正极与电池Ce112的负极连接节点b连接开关S2的一端,电池Ce112的正极与电池Ce113的负极连接节点c连接开关

S3的一端,电池Ce113的正极与电池Ce114的负极连接节点d连接开关S4的一端,电池Ce114的正极与电池Ce115的负极连接节点e连接开关S5的一端,电池Ce115的正极与电池Ce116的负极连接节点f连接开关S6的一端,电池Ce116的正极与电池Ce117的负极连接节点g连接开关S7的一端,电池Ce117的正极连接节点h连接开关S8的一端,可控开关S1、S3、S5、S7的另一端连接到超级电容模块43的负极端子上,即图中所示的节点“C-”,可控开关S2、S4、S6、S8的另一端连接到超级电容模块43的正极端子上,即图中所示的节点“C+”,同时超级电容模块43的正极(“C+”)与负极(“C-”)分别对应连接可控稳压模块412的输出端正极和负极,超级电容模块43的正极还连接到第二开关元件S9的一端,S9的另一端连接负载电阻元件Rc一端,Rc的另一端直接连接到超级电容模块43的负极,构成一个对超级电容模块43的放电回路,详见附图3所示。可控稳压模块412的输入端“V+&V-”分别与车载电源411正负极相连,DC/DC电源转换器输出端与车载电源411正负极相连,DC/DC电源转换器输入端正负极与整个电池组的总正和总负对应连接即可。

[0039] 在上述的均衡电路中,实现均衡控制的具体方式如下说明:附图2中电池管理单元2由单片机21、电压采集电路22、温度采集电路23、电流采集电路24、漏电检测电路25、I/O驱动电路26组成。单片机21是整个系统控制的集成芯片。

[0040] 电压采集电路22:用于对每一单体电池的电压进行采集检测,实时检测电池组每一单体电池的电压状态。

[0041] 温度采集电路23:用于对整个电池组或者电池组内电池的温度采集检测,实时检测电池组或者单体电池的温度状态,防止电池在使用状况下或者在均衡状态时温度过高引起的不良现象。

[0042] 电流采集电路24:用于对整个电池组的电流值进行采集检测;对电池电流的采集检测是为电池组在使用状况下让电池管理单元2实时了解整个电池组的容量利用状况,确保控制系统对均衡电路的实际控制工作效率。

[0043] 漏电检测电路25:用于对整个电池组或者单体电池是否对地存在漏电现象进行检测,如有漏电现象将由电池管理单元2终止均衡电路的工作或者无法启动均衡控制电路的使用。

[0044] 通过电压采集电路22对每一单体电池的电压进行采集检测,判断出整个电池组内是否有满足均衡条件的单体电池,从而由单片机21对I/O驱动模块26发出均衡控制指令,让I/O驱动模块26的均衡控制指令来控制可控双向开关阵列模组3的闭合和断开。例如:在附图3中,首先通过电池管理单元2检测到电池组内哪个单体电池电压低于或者高于整组动力电池的平均电压值 $V_{平均}$,则低于或者高于平均电压值($V_{平均}$)的这个电池就是满足均衡条件的电池,在整个电池组内任意单体电池的电压值与整个电池组的平均电压值之差的相对值大于系统控制策略参数值 U_0 时,参数值 U_0 一般设定在0~100mV范围内,则为满足系统对每一单体电池进行均衡的条件,其出现需要均衡的状况有以下几种,其状况一:假如单体电池Ce113的电压 U_3 低于或者高于平均电压值 $V_{平均}$ 时,此时由电池管理单元2发出均衡控制指令,闭合开关S3和S4,由超级电容模块43通过开关S3和S4对单体电池Ce113进行充放电,估算单体电池Ce113的电压值达到整个电池组的平均电压值时所需要的时间,来控制开关S3和S4的断开,这样既可非常有效地实现电池组内单体电池的能量均衡,提高电池的一致性,延长电池的使用寿命。状况二:当在整个电池组内同时出现两个或者两个以上的电池单体的电

压值低于或者高于整个电池组的平均电压值 $V_{平均}$ 时,此时由电池管理单元2对当前电池组各已有顺序编码的电池电压检测,所检测到需要均衡的单体电池顺序编号进行优先排列处理,来控制相应的开关的闭合或断开。假如单体电池Ce113/Ce114同时满足了均衡条件,则电池管理单元2将对电池单体的编号进行优先级处理,优先处理方式一:以编号由大到小或者由小到大的任意方式均可,具体可依照整个控制策略进行,如优先等级是由大到小的顺序,则对单体电池Ce114先进行均衡,控制开关S4、S5闭合进行充放电;反之,则对单体电池Ce113先进行均衡,控制开关S3、S4闭合进行充放电。优先处理方式二:依据同时满足均衡条件的单体电池的电压值与整个电池组的平均电压值之差的相对值 U_0 的大小顺序进行优先分等级处理,同样以单体电池Ce113/Ce114同时满足了均衡条件,其中电池管理单元2对单体电池Ce113/Ce114进行判断,假如 $|U_3 - V_{平均}| = U_{03}$ 、 $|U_4 - V_{平均}| = U_{04}$,当 $U_{03} > U_{04}$ 时,则电池管理单元2将优先对单体电池Ce113进行均衡,闭合开关S3、S4;当 $U_{03} < U_{04}$ 时,则电池管理单元2将优先对单体电池Ce114进行均衡,闭合开关S4、S5;当 $U_{03} = U_{04}$ 时,则电池管理单元2将采用优先处理方式一的方法对单体电池进行均衡充放电。状况三:当整个电池组内同时出现了单体电池电压高于整个电池组的平均电压和单体电池电压低于整个电池组的平均电压时,此时出现两种单体电池状态满足均衡条件,例如:单体电池Ce113的电压 U_3 高于整个电池组的平均电压 $V_{平均}$,即 $U_3 > V_{平均}$ 及单体电池Ce114的电压 U_4 低于整个电池组的平均电压 $V_{平均}$,即 $U_4 < V_{平均}$ 时;同样采用上述的两种优先等级方式进行优先均衡处理充放电,即编号顺序(大)优先方式,则由电池管理单元2优先对单体电池Ce114进行均衡,闭合开关S4、S5;反之,编号顺序(小)优先方式,则由电池管理单元2优先对单体电池Ce113进行均衡,闭合开关S3、S4;如采用单体电池的电压与整个电池组的平均电压值之差的相对值 U_0 的大小为优先处理方式,则由电池管理单元2来诊断需均衡的单体电池的优先顺序进行依次均衡充放电。通过上述的各种单体电池的均衡状况,本发明的均衡电路及方法将可以一一满足均衡需求,实现整个电池组内单体电池的电压、容量保持一致,使得提高整个电池组的使用周期、使用效率及延长使用寿命。

[0045] 应用上述图1至图3所示的电路,本实施例中实现电池组的均衡方法主要包括以下两方面:

[0046] 一:实时检测超级电容模块43的电压,通过导通或断开超级电容模块43的充电回路和放电回路,使得超级电容模块43的电压等于电池组的平均电压值;以及

[0047] 二:实时检测电池组中各单体电池的电压,对其中满足均衡条件的单体电池,通过对可控双向开关阵列模组3进行控制,使得超级电容模块43为满足均衡条件的单体电池充放电。

[0048] 下面将通过图4和图5对以上两方面分别详细描述。

[0049] 本实施例中,保持超级电容模块43的电压等于电池组的平均电压值的方法如图4所示,具体说明如下:

[0050] N1,开始;

[0051] N2,由电池管理单元2对电池组的电压检测;

[0052] N3,由电池管理单元2对可控稳压模块412的开关状态及超级电容模块43的放电开关状态检测;

[0053] N4,电池管理单元2将实时对超级电容模块43的电压值 U_c 进行检测;

[0054] N5,判断超级电容模块43的电压值 U_c 是否等于当前时刻电池组的平均电压 $V_{平均}$ 值,如果 U_c 大于 $V_{平均}$,则执行步骤N6;如果 U_c 小于 $V_{平均}$,则执行步骤N7;如果 U_c 等于 $V_{平均}$,则执行步骤N8。

[0055] N6,断开可控稳压模块412的开关并且闭合超级电容模块43放电回路的开关进行放电处理,并返回至步骤N3进行电压检测,循环此过程直到满足 U_c 等于 $V_{平均}$ 。

[0056] N7,闭合可控稳压模块412的开关并且断开超级电容模块43放电回路的开关进行充电处理,并返回至步骤N3进行电压检测,循环此过程直到满足 U_c 等于 $V_{平均}$ 。

[0057] N8,断开可控稳压模块412和超级电容模块43的放电回路的开关;

[0058] N9,结束。

[0059] 本实施例中,电池组内单体电池的均衡控制的方法如图5所示,具体说明如下:

[0060] M1,初始化系统。

[0061] M2,对每个单体电池的电压进行检测,判断其中满足均衡条件的单体电池。

[0062] M3,对于满足均衡条件的所有单体电池,由电池管理单元2按照优先等级依次进行充放电操作,每次操作过程中通过控制对应的可控开关阵列模组中开关的闭合或者断开将当前单体电池连接到能量转移模块4上进行能量转移,直到满足平衡。

[0063] M4,结束均衡控制流程,此时整个电池组中所有单体电池的电压、容量均一致。

[0064] 最后应当说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对本发明保护范围的限制,尽管参照较佳实施例对本发明作了详细地说明,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实质和范围。

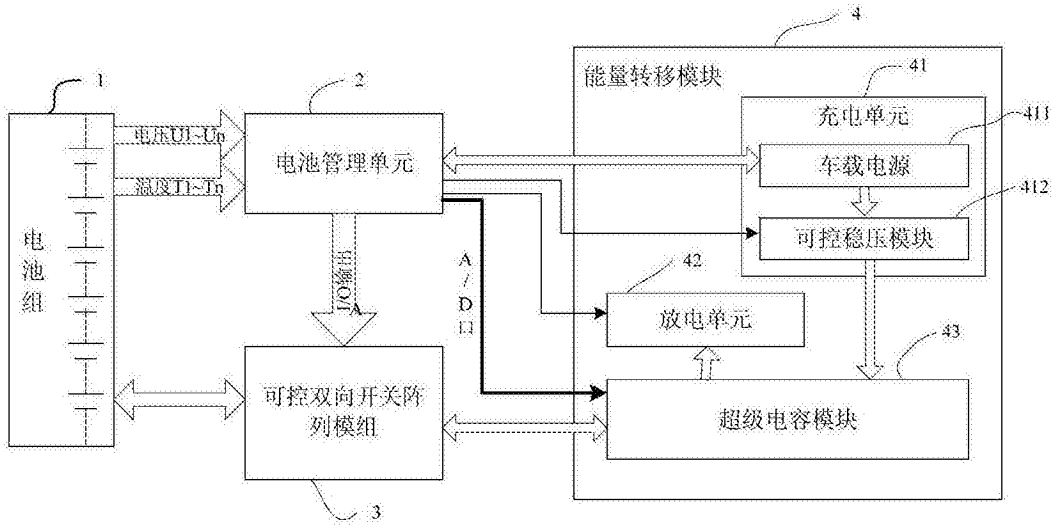


图1

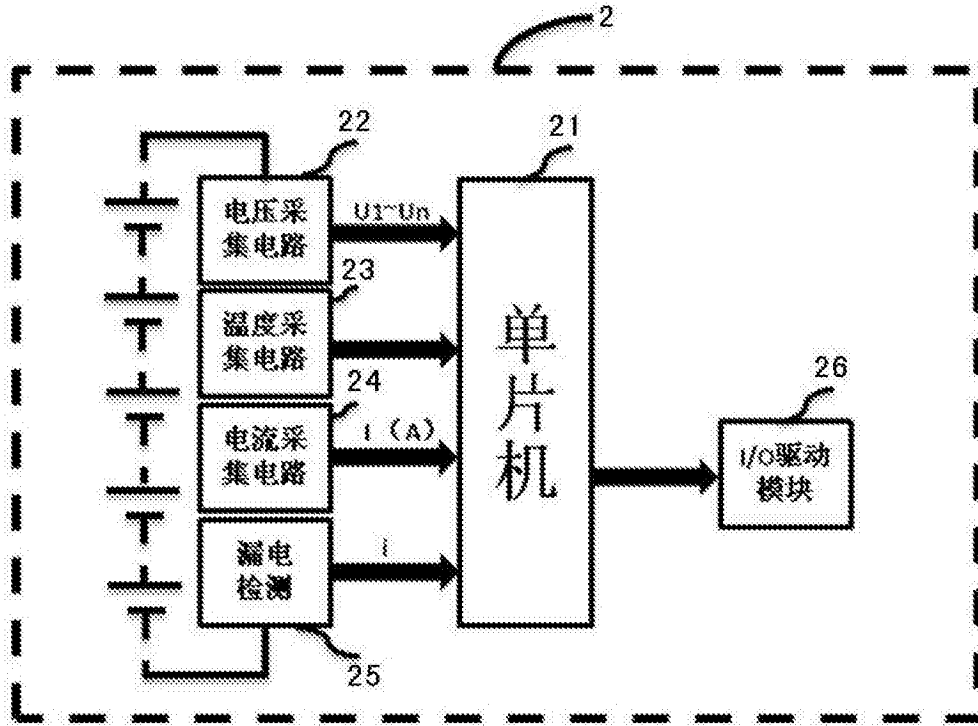


图2

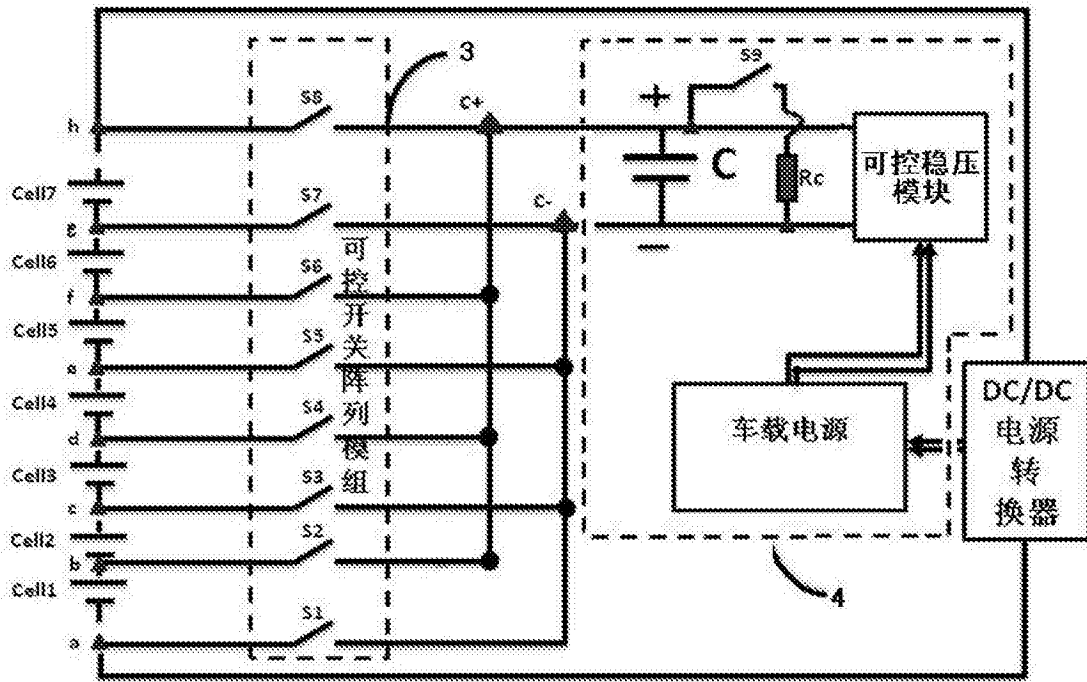


图3

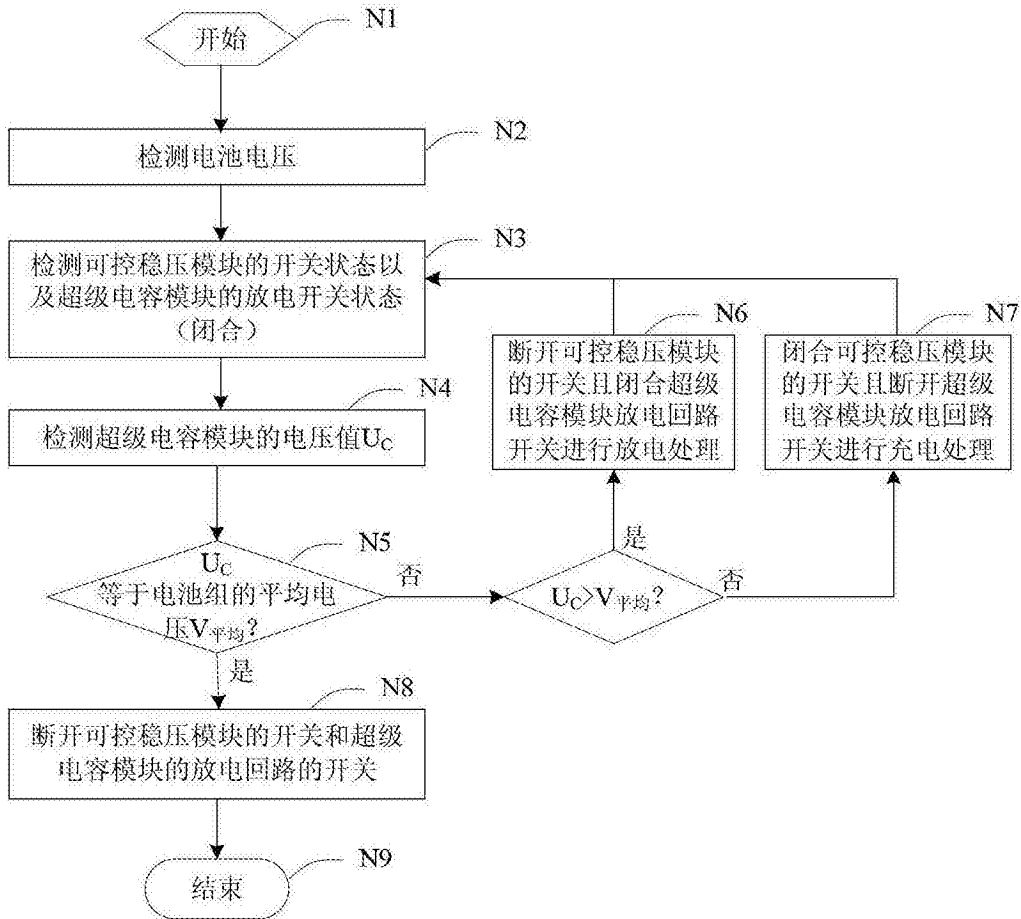


图4

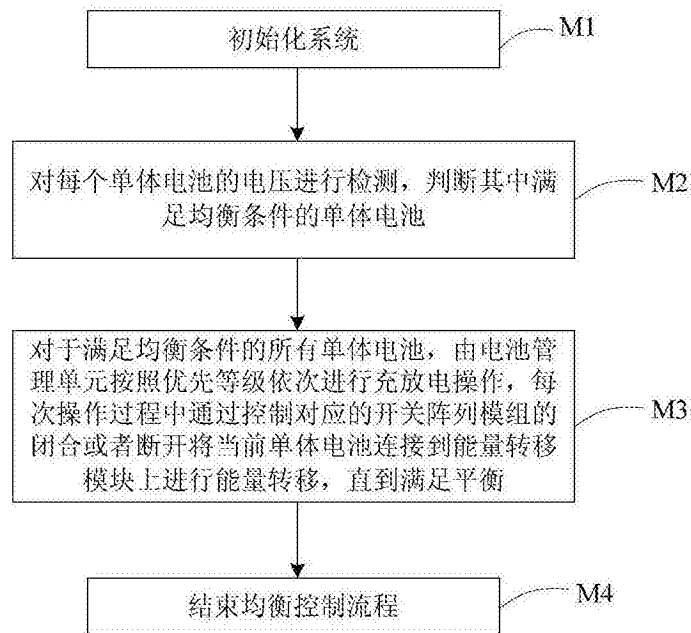


图5