



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103931076 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201280054045. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 08. 16

H02J 7/04 (2006. 01)

H01M 10/44 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/530, 595 2011. 09. 02 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 05. 04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/051039 2012. 08. 16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/032719 EN 2013. 03. 07

(71) 申请人 波士顿电力公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 马克·葛洛文

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

11243

代理人 许静 黄灿

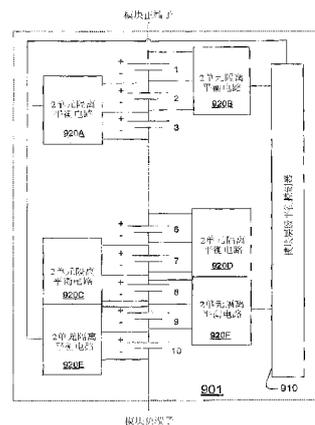
权利要求书3页 说明书7页 附图11页

(54) 发明名称

用于平衡电池中的单元的方法

(57) 摘要

连接在装置中的相邻电池单元通过以下方式进行平衡:闭合第一电路以从第一电池单元为能量存储装置充电,并且其后同时断开第一隔离开关并且闭合第二隔离开关,以致使所述能量存储装置为第二电池单元充电。电路包括隔离开关,所述隔离开关操作以同时平衡串联连接的电池单元,并且电池系统平衡串联连接的电池模块,所述电池模块包括串联连接的电池单元。所述电池单元和模块可以通过对电池组的模块和所述模块的组件单元进行的分级平衡来进行平衡。



1. 一种用于平衡串联布置的两个相邻电池单元的方法,所述方法包括以下步骤:
 - a) 闭合能量将从其转移的第一电池单元的第一隔离开关,由此将所述电池的能量转移到与节点成电连通的能量存储装置,所述节点将第二电池单元的负端子连接到所述第一电池单元的正端子,由此为所述能量存储装置充电;以及
 - b) 同时断开所述第一隔离开关并且闭合第二隔离开关,所述第二隔离开关由此致使能量从所述能量存储装置转移到所述第二电池,从而所述第二电池单元将具有的电压至少更接近所述第一电池单元的电压。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述能量转移是去往以及来自能量存储装置,所述能量存储装置是电感器。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是选自由以下组成的群组中的至少一个部件:光隔离开关、磁隔离开关,及电容隔离开关。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是光隔离开关。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述光隔离开关是有源光隔离开关。
6. 一种用于在电池中的单元之间转移能量的电路,其包括:
 - a) 第一节点;
 - b) 第二节点;
 - c) 连接所述第一节点和所述第二节点的第一隔离开关,所述第一节点和所述第二节点可连接到第一电池单元的相应端子上;
 - d) 第三节点;
 - e) 连接所述第二节点和所述第三节点的第二隔离开关,所述第二节点和所述第三节点可连接到第二电池单元的相应端子上;
 - f) 连接到所述第二节点上的能量存储装置;以及
 - g) 控制单元,所述控制单元经配置以操作所述第一开关和所述第二开关,经由所述能量存储装置将能量从所述第一电池单元转移到所述第二电池单元,所述控制单元断开所述第一开关同时闭合所述第一开关,以将能量从所述能量存储装置转移到所述第二电池单元。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述能量存储装置是电感器。
8. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是选自由以下组成的群组中的至少一个部件:光隔离开关、磁隔离开关,及电容隔离开关。
9. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是光隔离开关。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述光隔离开关是有源光隔离开关。
11. 根据权利要求10所述的电路,其中所述第一光隔离开关和所述第二光隔离开关是由所述第一电池单元和所述第二电池单元中的一者的端子处的节点来供电。
12. 根据权利要求11所述的电路,其进一步包括DC-DC升压转换器,所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是由所述DC-DC升压转换器来供电。
13. 根据权利要求6所述的电路,其中所述能量存储装置是电感器。
14. 一种电池系统,其包括:

a) 多个电池模块,每个模块包括:

i) 一串电池单元,以及

ii) 多个单元平衡电路,所述多个单元平衡电路中的每一者包括一对开关和控制单元,所述控制单元经配置以操作该对开关,以在所述串电池单元中的两个相邻单元之间转移能量;以及

b) 多个模块平衡电路,所述多个模块平衡电路中的每一者包括一对开关和控制单元,所述控制单元经配置以操作该对开关,以在两个相邻模块之间转移能量。

15. 根据权利要求 14 所述的电池系统,其中在所述单元平衡电路中的每一者处的所述对开关是一对隔离开关。

16. 根据权利要求 14 所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是选自以下组成的群组中的至少一个部件:光隔离开关、磁隔离开关,及电容隔离开关。

17. 根据权利要求 14 所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是光隔离开关。

18. 根据权利要求 14 所述的方法,其中所述光隔离开关是有源光隔离开关。

19. 根据权利要求 14 所述的电池系统,其中通过所述第一电池单元和所述第二电池单元中的一者的端子处的节点为所述对开关中的至少一者供电。

20. 根据权利要求 14 所述的电路,其进一步包括 DC-DC 升压转换器,所述 DC-DC 升压转换器连接到至少一个单元的相应节点上并且连接到与所述单元对应的开关上,从而所述 DC-DC 升压转换器可为所述开关供电。

21. 根据权利要求 14 所述的电路,其中所述单元平衡电路中的每一者包括能量存储装置,以用于在两个相邻单元之间的能量转移期间存储能量。

22. 根据权利要求 21 所述的电路,其中所述能量存储装置是电感器。

23. 一种分级平衡多个电池模块的方法,所述方法包括:

a) 平衡第一电池模块的单元;

b) 平衡第二电池模块的单元;以及

c) 平衡所述模块,其包括以下步骤:

闭合能量将从其转移的所述第一电池模块的第一电路,由此将所述电池模块的能量转移到与节点成电连通的能量存储装置,所述节点将所述第二电池模块的负端子连接到所述第一电池模块的正端子,由此为所述能量存储装置充电;以及

同时断开所述第一电路并且闭合第二电路,所述第二电路由此致使能量从所述能量存储装置转移到所述第二电池模块,从而所述第二电池模块将具有的电压至少更接近所述第一电池模块的电压。

24. 一种用于平衡电池模块的方法,所述方法包括以下步骤:

a) 闭合能量将从其转移的第一电池模块的第一电路,由此将所述电池模块的能量转移到与节点成电连通的能量存储装置,所述节点将第二电池模块的负端子连接到所述第一电池模块的正端子,由此为所述能量存储装置充电;以及

b) 同时断开所述第一电路并且闭合第二电路,所述第二电路由此致使能量从所述能量存储装置转移到所述第二电池模块,从而所述第二电池模块将具有的电压至少更接近所述第一电池模块的电压。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,其中通过光隔离开关来闭合和断开所述第一电池模块和所述第二电池模块的电路。

26. 根据权利要求 24 所述的电路,其中所述第一光隔离开关和所述第二光隔离开关是由所述第一电池单元和所述第二电池单元中的一者的端子处的节点来供电。

27. 根据权利要求 26 所述的电路,其进一步包括 DC-DC 升压转换器,所述第一光隔离开关和所述第二光隔离开关是由所述 DC-DC 升压转换器来供电。

28. 一种平衡电池单元的方法,所述方法包括:

检测在第一电池模块与第二电池模块之间的能量失衡,所述模块中的每一者包括多个电池单元;

将能量从所述第一电池模块转移到所述第二电池模块,以使得所述第二电池模块将具有的电压至少更接近所述第一电池模块的电压;

在将来自所述第一模块的所述能量分布在所述第二模块的所述电池单元间之后,检测在所述第二电池模块的第一电池单元与第二电池单元之间的能量失衡;以及

将能量从所述第一电池单元转移到所述第二电池单元,以使得所述第二电池单元将具有的电压至少更接近所述第一电池单元的电压。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,其中将能量从所述第一电池单元转移到所述第二电池单元包括以下步骤:

a) 闭合能量将从其转移的第一电池单元的第一隔离开关,由此将所述电池的能量转移到与节点成电连通的能量存储装置,所述节点将第二电池单元的负端子连接到所述第一电池单元的正端子,由此为所述能量存储装置充电;以及

b) 同时断开所述第一隔离开关并且闭合第二隔离开关,所述第二隔离开关由此致使能量从所述能量存储装置转移到所述第二单元,从而所述第二电池单元将具有的电压至少更接近所述第一电池单元的电压。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是选自以下组成的群组中的至少一个部件:光隔离开关、磁隔离开关,及电容隔离开关。

31. 根据权利要求 29 所述的方法,其中所述第一隔离开关和所述第二隔离开关是光隔离开关。

32. 根据权利要求 31 所述的方法,其中所述光隔离开关是有源光隔离开关。

33. 根据权利要求 28 所述的方法,其进一步包括检测所述第二模块中的单元平衡电路处的故障,所述故障阻止所述第二电池单元与第三电池单元之间的能量转移。

34. 根据权利要求 33 所述的方法,其进一步包括将能量从第四电池单元转移到所述第三电池单元,以使得所述第三电池单元将具有的电压至少更接近所述第四电池单元的电压。

用于平衡电池中的单元的方法

[0001] 相关申请案

[0002] 本申请案主张 2011 年 9 月 2 日提交的第 61/530, 595 号美国临时申请案的权益。

[0003] 以上申请案的全部教示以引用的方式并入本文中。

背景技术

[0004] 由多个单元组成的电池组可使用内部电子元件来辅助管理性能和安全议题。单个单元可以串联连接为高压应用提供更高的电池组电压。对于一些应用,例如,电动车或公用事业规模的能量存储系统,串联连接的单元的数目可以是数百个单元或甚至数千个单元。金属氢化物单元,例如,镍金属氢化物(NiMH)及锂基化学物,例如,锂离子单元,通常用于这些电池组中。然而,如果充电不足或过度充电,NiMH 和锂基单元可能会损坏或者甚至爆炸。尽管可采用内部电子元件来避免超过电池组内的安全电压、电流和温度,但是在使用期间布置成长串的个别单元可遭受局部温度的变化,并且个别单元的性能可能无意地变化,由此显著地限制采用串联的个别单元的电池组的容量。

[0005] 用于平衡长串单元的当前方法通常遭受以下问题:平衡期间的过度能量损耗、由于单点故障而导致的不可靠的操作、电子电路复杂性、在单元串含有数百个或数千个单元时的低效的平衡,以及平衡此类单元串中的单元所花费的超长时间。

[0006] 因此,需要克服或最小化上述问题的用于平衡单元的方法和电路。

发明内容

[0007] 本发明大体上涉及一种用于平衡电池中的单元的方法和系统。

[0008] 在一个实施例中,本发明是一种用于平衡串联布置的两个相邻电池单元的方法。所述方法包括:闭合能量将从其转移的电池单元的第一隔离开关,由此将能量从所述电池转移到与将第二电池单元的负端子连接到第一电池单元的正端子的节点成电连通的能量存储装置,由此为能量存储装置充电;以及随后同时断开第一开关并且闭合第二隔离开关,所述第二开关由此致使能量从能量存储装置转移到第二单元,借此第二电池单元将具有至少与第一电池单元的电压更接近的电压。所述能量存储装置可以是电感器,并且第一隔离开关和第二隔离开关可以是,例如,光隔离开关、磁隔离开关或电容隔离开关。在进一步的实施例中,光隔离开关可以是有源的光隔离开关。

[0009] 在另一实施例中,本发明是一种电路,所述电路包括第一节点、第二节点和第三节点,以及连接第一节点和第二节点的第一隔离开关,所述第一节点和第二节点可连接到电池单元的相应端子上。第二隔离开关连接第二节点和第三节点,所述第二节点和第三节点可连接到第二电池单元的相应端子上。能量存储装置连接到第二节点上,并且控制单元经配置以操作第一开关和第二开关,以经由所述能量存储装置将能量从第一电池单元转移到第二电池单元,所述控制单元在闭合第二开关的同时断开第一开关,由此将能量从能量存储装置转移到第二电池单元。在进一步的实施例中,第一开关和第二开关可以是光隔离开关,所述光隔离开关由第一电池单元和第二电池单元中的一者的端子处的节点供电。进一

步的实施例还可以包括用来为第一隔离开关和第二隔离开关供电的 DC-DC 升压转换器。

[0010] 在又另一实施例中,本发明是一种电池系统,所述电池系统包括:多个电池模块,每个模块包括一串电池单元;以及多个单元平衡电路,每个单元平衡电路包括一对开关和控制单元,所述控制单元经配置以操作该对开关,以在所述串电池单元中的两个相邻单元之间转移能量;以及多个模块平衡电路,每个模块平衡块包括一对开关和控制单元,所述控制单元经配置以操作该对开关,以在两个相邻的模块之间转移能量。

[0011] 在再另一实施例中,本发明是一种分级平衡多个电池模块的方法,所述方法包括以下步骤:平衡第一电池模块的单元;平衡第二电池模块的单元;以及平衡所述模块。

[0012] 在又另一实施例中,本发明是一种用于平衡电池模块的方法,所述方法包括:闭合能量将从其转移的第一电池模块的第一电路,由此将所述电池模块的能量转移到与将第二电池模块的负端子连接到第一电池模块的正端子的节点成电连通的能量存储装置,由此为所述能量存储装置充电;以及同时断开第一电路并且闭合第二电路,所述第二电路由此致使能量从能量存储装置转移到第二电池模块,借此第二电池模块将具有至少与第一电池模块的电压更接近的电压。

[0013] 在又另一实施例中,本发明是一种平衡电池单元的方法,所述方法包括以下步骤:检测第一电池模块与第二电池模块之间的能量失衡,每个模块包括多个电池单元;将能量从第一电池模块转移到第二电池模块,以使得第二电池模块将具有至少与第一电池模块的电压更接近的电压;在将能量从第一模块分布在第二模块的电池单元之间之后即刻检测第二电池模块的第一电池单元与第二电池单元之间的能量失衡;及将能量从第一电池单元转移到第二电池单元,以使得第二电池单元将具有至少与第一电池单元的电压更接近的电压。在进一步的实施例中,在第二模块中的单元平衡电路处检测故障,所述故障阻止第二电池单元与第三电池单元之间的能量转移,并且能量从第四电池单元转移到第三电池单元,以使得第三电池单元将具有至少与第四电池单元的电压更接近的电压。

[0014] 本发明具有许多优点。例如,任何电池单元与和平衡所述单元相关联的开关之间的连接故障不会阻止所述单元的至少部分平衡,因为单元的重叠开关可在故障的任一侧平衡单元,并且用于一模块(电池是所述模块的组件)的重叠开关可不断用于相对于其他模块来平衡所述模块。此外,隔离开关的使用会致使单元,尤其是不彼此相邻的单元之间的能量转移比利用其他类型的开关通常将可能实现的能量转移还快。更甚者,本发明的方法对隔离开关的同时断开和闭合会以实质上较小的正向压降来平衡单元,从而实现可通过不采用有源开关的方法和电路进行的单元之间的更有效的能量转移。

附图说明

[0015] 图 1 是可实施本发明的实施例的大型电池单元串的电路图。

[0016] 图 2 是现有技术的单元平衡块的电路图。

[0017] 图 3A 至图 3B 是以同步方式操作的现有技术的单元平衡块的电路图。

[0018] 图 4 是有源光隔离双向开关的电路图。

[0019] 图 5 是经配置以从一连串单元接收电力的现有技术的有源光隔离开关的电路图。

[0020] 图 6 是配置有升压 DC-DC 转换器的有源光隔离开关的电路图。

[0021] 图 7 是采用本发明的光隔离开关和同步操作的两个单元平衡电路的电路图。

- [0022] 图 8A 是包括本发明的多个单元平衡电路和控制电子元件的电池模块的框图。
- [0023] 图 8B 是包括本发明的多个模块平衡电路和控制电子元件的电池组的框图。
- [0024] 图 9A 是用于平衡本发明的电池模块内的单元的算法的流程图。
- [0025] 图 9B 是用于平衡本发明的电池组内的模块的算法的流程图。

具体实施方式

[0026] 通过下文对本发明的实例性实施例的更具体说明,将更加清楚地了解上述内容,如附图所示,其中不同图中的相同参考标号指代相同部分。附图不一定按比例绘制,而是将重点放在说明本发明的各项实施例上。

[0027] 本发明的实施例实现管理包括大量单元的电池中的能量,例如,图 1 所示的大型电池单元串。更确切地说,下文所述的实施例提供用于有效地且可靠地平衡一连串单元中的单元容量的方法和装置。

[0028] 可从串联的电池串中获得的能量的量及该串联作为整体的使用寿命是部分取决于沿着该串“平衡”个别电池单元的容量。本文中所定义的术语“平衡”表示电池模块中的单元之间的电容量与电池组的模块之间的电容量相等。平衡单元的动作涉及将能量从串中的一些单元转移到其他单元;“来自”和“去往”单元是由考虑到特性的特定单元平衡算法来确定,所述特性例如为单元的电压、电流、内阻抗、温度或电荷状态(SOC)。电池和电池组包括用以监控个别单元及从单元和到单元的能量转移(如由特定单元平衡算法所确定)的电路。在长串的单元中,例如,图 1 所示的串联,其中在单元 #3 与单元 #N-1 之间存在数百个或数千个单元,平衡电路应理想地执行若干功能。例如,在平衡期间,能量应通过中介单元在单元 #3 与单元 #N-1 之间快速且有效地转移。此外,电路应能够处置需要进行平衡的单元之间的较大电压差(例如,超过晶体管中的“击穿电压”的电压差,所述晶体管例如为场效应晶体管(FET)或异质结双极晶体管(HBT))。此外,多个单元对之间的能量转移应该是同时的,且因此优选地同时平衡电池组中的若干对单元。在任何个别平衡电路发生故障的情况下,电路应还能够继续平衡剩余的单元。

[0029] 图 2 是现有技术的单元平衡块的电路图。在常用技术中(图示美国专利第 5,631,534 号中图 3 处所揭示关于平衡电路 10 的现有技术),开关 SW N-1 由 SW N-1 控制件闭合,而开关 SW N 保持断开(通过不激活 SW N 控制件)并且在为电感器 L 充电所需的时间周期内,电流流过电感器 L。从单元 N-1 移除的能量为 $L * \frac{I^2}{2}$, 其中 L 是以亨利为单位的电感,并且 I 是通过电感器的峰值电流。接下来,开关 SW N-1 断开。电流流过二极管 D N,而电感器 L 将存储的能量释放到单元 N 中。假设在切换时间周期 t_{sw} 期间通过电感器释放平均电流 I_{AVG},那么此电流越过单元电压 V_c 减去二极管 D N 上的正向压降 V_f 的电位差而流入顶部单元 N 中。

[0030] 图 3A 和图 3B 表示以同步方式操作单元平衡块的现有技术方法。在图 3A 和图 3B 的单元平衡块中的开关 SW N 和 SW N-1(所述开关可以实施为相应的晶体管,例如,MOSFET)同时操作。为了将能量从单元 N-1 转移到单元 N,在电感器 L 处存储能量所需的时间周期内,开关 SW N-1 首先闭合,如图 3A 所示。接下来,如图 3B 所示,开关 SW N-1 断开并且开关 SW N 同时闭合。电流 I 流过开关 SW N,从而绕过二极管 DN22。因此,防止由于电流通过二

极管 D_N 产生的能量损耗。单元平衡块是双向的,这表示通过与上述操作相反地操作开关 SW_N 和 SW_{N-1} ,所述单元平衡块可以将能量从单元 N 转移到单元 $N-1$ 。因为二极管 D_N 被绕过,因此平衡电路可以在不具有二极管 D_N 的情况下转移能量并且因此通常更加有效,因为避免了与二极管 D_N 相关联的正向压降。因此,在替代实施例中,平衡电路可以省略二极管 D_N 和 D_{N-1} 。

[0031] 在本发明的一个实施例中采用的平衡电路包括数字隔离器(也称为“隔离开关”),所述数字隔离器是通过与开关本身电位隔离的信号来控制的开关。数字隔离器的其他实例包括磁、电容、电感、声学 and 热隔离器。尽管下文所述的实例性实施例采用光隔离开关,但是任何形式的数字隔离器可以被合并为本发明的单元平衡电路中的开关中的一者或多者,如下文关于图 4 至图 7 所述。

[0032] 图 4 是现有技术的有源(即,外部供电的)光隔离双向开关 500(“光隔离开关”)的电路图,所述开关由外部低压电源 V_+ 供电并且包括发光二极管、高速光电二极管阵列以及驱动器电路 $Q1$,以在开关的输出端开启和关断两个第二级高压功率晶体管 $P1$ 、 $P2$ 。驱动器电路 $Q1$ 包括噪声抑制触发器电路、晶体管开关和电容器。当输入信号照亮发光二极管并且超过特定阈值时,光电二极管阵列致使晶体管接通并且开始为电容器充电。驱动器电路 $Q1$ 可以采用外部电源以增加电容器的充电速度并且因此减少接通时间。触发器电路连接到电容器的输出端上并且当其电荷达到操作触发器所必需的水平时,功率晶体管 $P1$ 和 $P2$ 在开关的输出端处被驱动。这种机构与无源方法形成对比,借此发光二极管驱动光电二极管阵列或光电晶体管而直接操作输出晶体管,从而引起更长的断开时间,因为充电电流源仅仅是二极管阵列或光电晶体管中的光电流。

[0033] 光隔离切换实现相对简单且低压的开关驱动电子元件。因此,光隔离开关使得能够在相对低的电压下操作极高压电池组的开关控制,因而仅需要电池管理系统(BMS)中相对简单且便宜的电子元件。在此应用中,BMS 可以控制平衡电路中的光隔离开关,与在本发明中一样,所述平衡电路同时断开和闭合开关。

[0034] 光隔离开关可以采用若干种形式。独立的 4 端子光隔离开关(未示出)的实例是基于发光二极管(通常红外线)及各自产生 $\sim 0.6V$ 电位的光电二极管串。当由 LED 照亮时,光电二极管产生为 MOSFET 开关对的栅电容充电的小电流且“接通”MOSFET,从而闭合开关。由于由与 MOSFET 的高栅电容耦合的光电二极管产生的小电流,因此以上拓扑(“无源”开关拓扑,这是因为在不需要外部电源的情况下发生切换)的一个缺点是较慢的接通时间和断开时间。取决于 MOSFET 对的最大电流,典型的切换时间在 $\sim 0.2-0.3mS$ 至 $5-20mS$ 之间(例如,典型的隔离开关,例如安华高科技部件编号 ASSR-1510)。

[0035] 通过采用外部电源 V_+ ,图 4 中的有源光隔离开关 500 实现快速的切换时间(例如,从 $\sim 50-100nS$ (毫微秒)至 $5-10\mu S$ (微秒))。因此,为栅电容充电的峰值电流可以增加若干数量级。因为 V_+ 可以从相邻单元的正端子获得,因此 V_+ 可用于所有开关,而在串中的最顶层单元处的开关除外。

[0036] 图 5 是经配置以从一连串单元接收能量的有源光隔离开关 600(与图 4 中的开关 500 等效)的电路图。连接位于较大单元串中的两个单元之间的节点 V_+ ,从而为有源光隔离开关供电。开关控制件的光隔离以及从上部单元中借入 V_+ 电压是允许简单且低压的电池管理系统电子元件。为了对连接到串中的最顶层单元上的有源光隔离开关供电,可以采

用升压 DC-DC 转换器以提供 $V+$ 电压,如图 6 所示。

[0037] 图 7 是根据本发明的实施例的采用光隔离开关和同时操作以平衡一连串电池单元中的单元 N-2 到 N 的一对 2 单元平衡块的电路图。平衡电路,平衡块 A801 以及平衡块 B802,各自包括一对有源光隔离开关,如上文参考图 5 至图 7 所述。此外,如上文参考图 3 所述,对多对开关同时进行操作。单元平衡电路块 A801 在单元 N-1 与 N-2 之间提供能量转移。类似地,当与单元 N-1 重叠时,单元平衡电路块 B802 在单元 N-1 与 N-2 之间提供能量转移。在单元平衡块中使用类似的重叠技术,能量可以从给定单元沿着串向上或向下传送到相邻单元。通过组合同时切换的特征以及光隔离开关的采用,2 单元平衡块在能量转移方面的效率得到提高。

[0038] 图 8A 是本发明的实例性实施例中的电池模块 901 的框图。由于上述提高效率,模块可以由 12 至 16 个单元或单元块组成(其中每个单元被替换为并联布置的多个单元),其中单元平衡经配置以越过整个模块转移能量。多个模块(例如,高达 12 至 16 个)可以连接在一起以形成完整的电池或电池组,如下文参考图 8B 所述。

[0039] 模块层级平衡控制器 910 控制单元平衡电路 920A-F 中的每一者处的操作。具体而言,控制器 910 可以向相应的光隔离开关的控制输入提供控制信号,以提供单元平衡电路的同时操作,如上文参考图 3A 至图 3B 所述。此外,控制器 910 可以接收与单元有关的一个或多个测量值(例如,电压、电流、内阻抗、温度、电荷状态),并且操作算法以确定且起始单元平衡电路 920A-F 中的每一者处的单元平衡操作。实例性单元平衡算法在下文参考图 9A 进行描述。

[0040] 图 8B 是根据本发明的进一步实施例的包括多个模块的电池组 902 的框图,对于所述多个模块可以采用模块平衡电路以提供模块之间的平衡。此外,所述模块中的每一者都可以采用单元平衡,如上文参考图 9A 所述,由此以分级方式提供单元平衡。用于每一对模块的平衡电子元件 930A-F 可以类似于上述单元平衡块的方式配置有类似或相同的电路拓扑,但是可配置用于 12 至 16 倍高的电压以适应更高的模块电压。尽管每个 2 模块平衡电路必须设计用于更高电压,但是能量转移要求可以更适度,这是因为大量单元将其电容和内阻抗在每个模块内平均化。在均匀分布于电池模块组上的恒定温度下,任何两个模块之间存储的能量差可以相对小,并且可以小于电池中的任何两个单元之间的差。然而,由于电池组上的热状态相对于个别单元或模块的热状态可能变化较大,因此模块平衡可以有利于纠正此类差。

[0041] 组层级平衡控制器 915 控制模块平衡电路 930A-F 中的每一者处的操作。具体而言,控制器 915 可以向相应的模块级平衡电路(例如,直接提供到模块平衡电路的光隔离开关的控制输入)提供控制信号,以如上所述控制模块平衡电路的同时操作。此外,控制器 915 可以接收与模块有关的一个或多个测量值(例如,电压、电流、内阻抗、温度、电荷状态),并且操作算法以确定且起始模块平衡电路 930A-F 中的每一者处的模块平衡操作。模块平衡算法的实例在下文参考图 9B 进行描述。

[0042] 如上文参考图 8A 和图 8B 所述,组合单元平衡和模块平衡的平衡系统是对现有技术方法的改进,因为与非分级、循序的平衡相比,这实现同时、分级的平衡(即,在模块内的单元之间以及在模块之间)。

[0043] 图 9A 和图 9B 是分别用于平衡电池模块内的单元以及用于平衡电池组内的电池模

块的算法的流程图。通过采用使用如上文参考图 3 至图 8B 所述的同时切换以及光隔离开关的电池模块或电池组的控制器,可以分级配置实施两种算法。将单元区域分组为模块是允许分级平衡。在进一步的实施例中,模块可以进一步分组为超级模块并且使用相同的原理进一步平衡,从而形成超越上述模块层级和组层级平衡的分级平衡。在充电和放电循环期间,平衡算法可以操作如下:

[0044] 1. 平衡每个模块内的单元(例如,图 9A)以实现区域(即,模块层级)平衡。对模块 1、2、3...N 的平衡同时发生。

[0045] 2. 停止每个模块内的单元平衡。

[0046] 3. 平衡整个电池组内的模块(例如,图 9B)以实现更好的总体平衡。对模块 1、2、3...N 的平衡将并行且同时地进行。

[0047] 4. 连续、周期性地或响应于事件而重复步骤 1、2 和 3。单元电压、电荷状态(SOC)、温度以及其他参数可以确定何时起始单元平衡、模块平衡、或这两者。

[0048] 图 9A 是用于平衡电池模块内的单元的算法的流程图,这可以由模块层级平衡控制器来操作。在初始化之后,确定在控制器的控制下,是否任何单元平衡电路都展现故障状态。如果是,则向(例如)组层级控制器或 BMS 的其他逻辑报告故障状态。否则,测量模块中的每个单元的电压。计算多对无故障的相邻单元之间的差(例如, V_2-V_1),并且将所述差与阈值(例如, V_{thrsh})进行比较。如果给定对单元的电压差大于阈值(例如, $V_2-V_1 > V_{thrsh}$),那么起始相应的单元平衡电路以将能量从具有较多能量的单元转移到具有较少能量的单元。算法可以连续、周期性地或响应于事件重复进行,并且单元电压、电荷状态(SOC)、温度以及其他参数可确定何时起始所述算法。

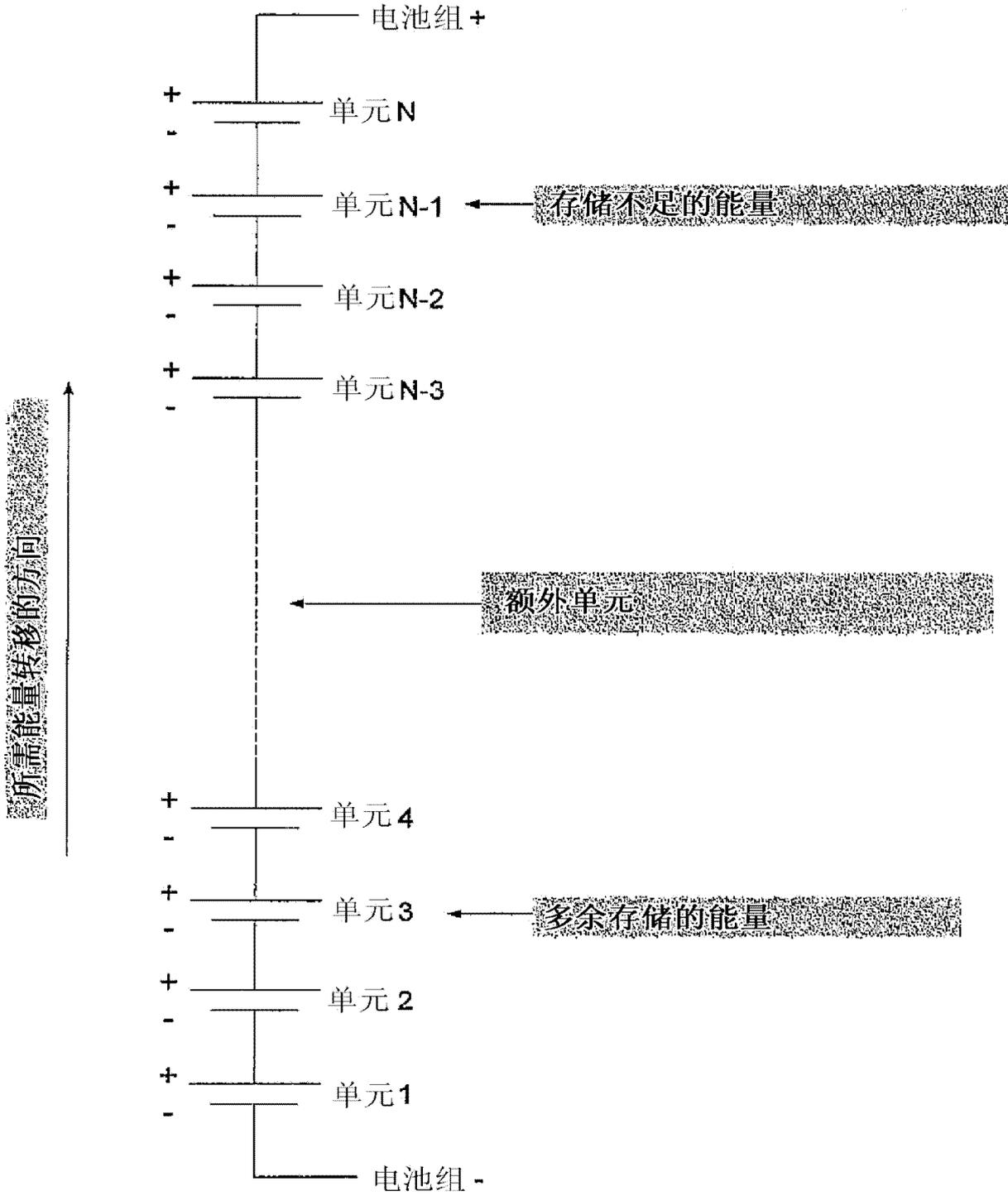
[0049] 图 9B 是用于平衡电池组内的模块的算法的流程图,这可以由组层级平衡控制器来操作。在初始化之后,确定是否任何模块都报告故障状态。如果是,则向用户报告来指定故障模块的故障状态以进行维修。否则,对于电池组中的模块中的每一者,起始模块层级单元平衡算法(例如,图 9A)。在完成模块层级平衡之后,测量该组中的每个模块的电压。计算多对相邻模块之间的差(例如, VM_2-VM_1),并且将所述差与阈值(例如, VM_{thrsh})进行比较。如果给定对模块的电压差大于阈值(例如, $VM_2-VM_1 > VM_{thrsh}$),那么相应的模块平衡电路被起始以将能量从具有较多能量的模块转移到具有较少能量的模块。算法可以连续、周期性地或响应于事件重复进行,并且模块电压、SOC、温度以及其他参数可以确定何时起始所述算法。

[0050] 图 8A-B 所示的分级平衡系统可经配置以通过进行以下实例中所述的模块到模块转移来补偿 2 单元光隔离平衡电路 920A-F 的一者中的故障状态。例如,在由图 9B 所示的模块组成的电池组中,其中 $N = 10$,假设在模块 2(图 8B)内,由于其光隔离开关(图 4)的一者中损坏的功率晶体管 P1、P2,2 单元平衡电路 920A(图 8A)是不可操作的。需要平衡能量转换以将多余能量移动到包括故障状态的模块或将多余能量从所述模块移走。由于故障状态且使用现有技术,在故障电路上不存在平衡能量转移,因此在模块内且在电池组内形成断路。在具有图 8A-B 的平衡电路的情况下,可补偿此种故障状态。具体而言,在模块层级处,模块平衡电路 930A 操作以将能量从模块 2 转移到相邻模块 3。当能量从模块 2 转移到模块 3 时,来自模块 2 中的所有单元(包括过度充电的最顶层单元)的能量被转移到模块 3。转移到模块 3 中的每个单元的能量的量取决于单元中每一者的相对阻抗。如果所有

单元具有大致相同的阻抗,则每一者将接收相等的能量部分。然而,模块中的典型单元展现不同的阻抗水平,尤其在单元已循环和老化有一段时间之后。因此,具有较大阻抗的单元将获得较少电荷,而较低阻抗的单元将获得较多电荷。在模块平衡电路 930A 完成模块 2 与模块 3 之间的转移之后,转移的能量可用于平衡模块 3 中的单元。因此,使用模块层级转移,尽管有故障状态,能量也可进行转移。

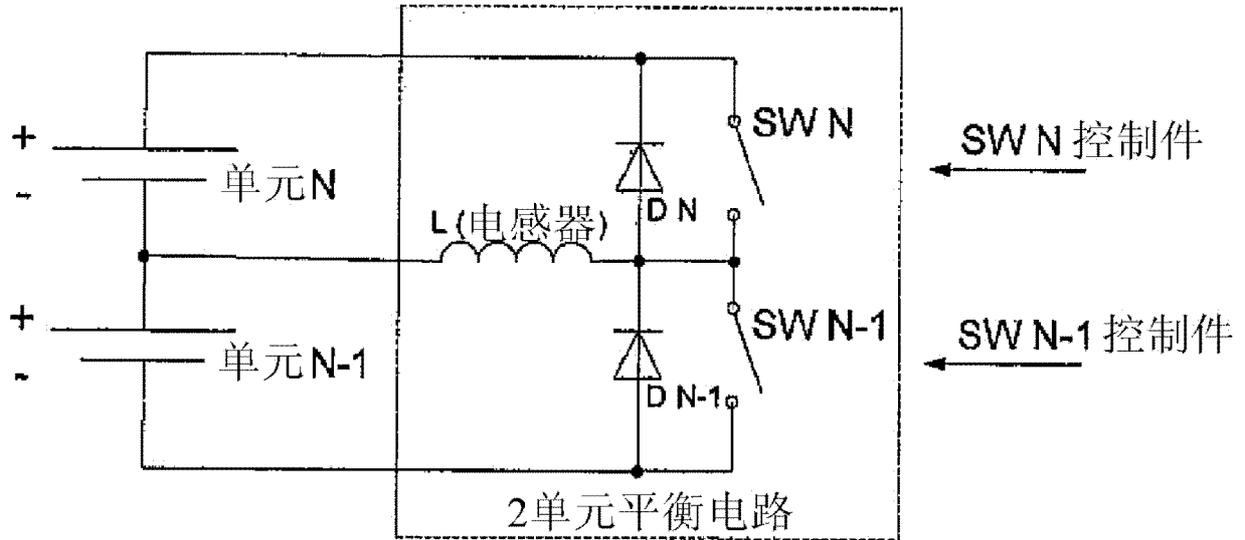
[0051] 参考图 8A,以下实例示出能量可在十(10)单元模块中的两个远离的(不相邻)单元之间如何转移。假设图 8A 所示的模块 901 中的最顶层单元具有多余能量,且图 8A 中最底层单元缺乏能量。进一步假设模块内不存在故障状态。图 10A 所示的模块平衡算法被模块平衡控制器 910 激活。根据算法,通过控制器测量且存储所有单元电压。接下来,两对单元被识别为具有大于阈值的电压差。这些对是最顶层对 1-2,其中过度充电的单元 1 的电压大于单元 2 的电压;以及最底层对 9-10,其中单元 9 的电压大于充电不足的单元 10 的电压。算法继续起始从单元 1 到单元 2 的能量转移,以及从单元 9 到单元 10 的转移。模块算法重复并且再次对所有单元电压进行测量和存储。现在检测在单元对 1-2、2-3、8-9 以及 9-10 之间的电压失衡。类似地,电荷在失衡的单元对之间转移,但是由于两个单元,即单元 2 和单元 9,各自转移到两个它们相邻的单元,因此仅需要所述两个单元在任一方向上转移大致一半的能量,以实现所需的电压变化。这引起其中能量从较高能量的单元移动到较低能量的单元的散布和平滑动作。在算法的随后重复中,能量类似地越过串平均及平滑以在单元之间转移,从而实现平衡的串。

[0052] 虽然已参考实例性实施例具体地展示和描述了本发明,但所属领域的一般技术人员应了解,在不偏离所附权利要求书所涵盖的本发明的范围的情况下,可以在形式和细节方面作出各种改变。



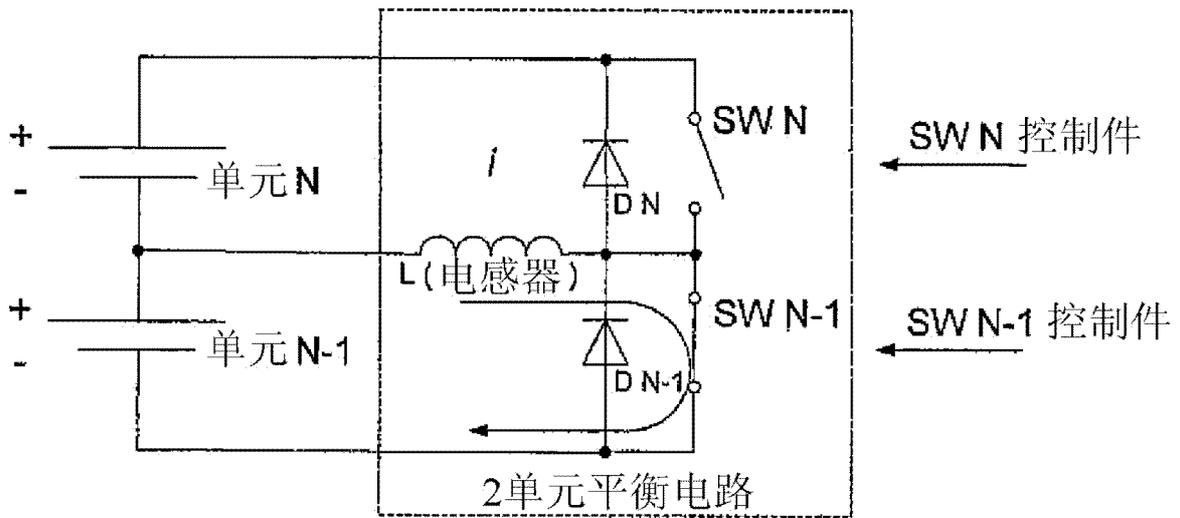
现有技术

图 1



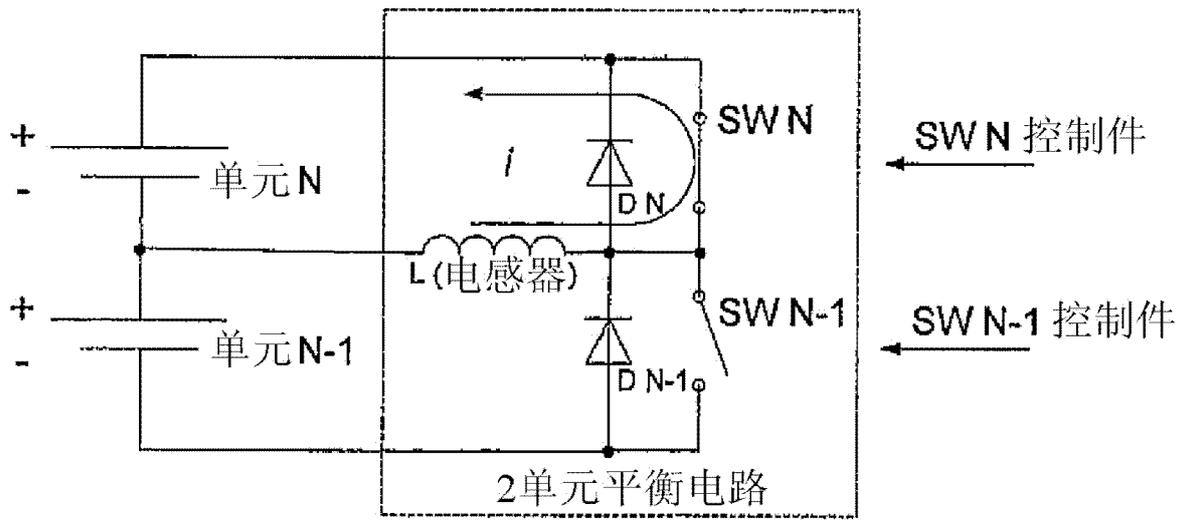
现有技术

图 2



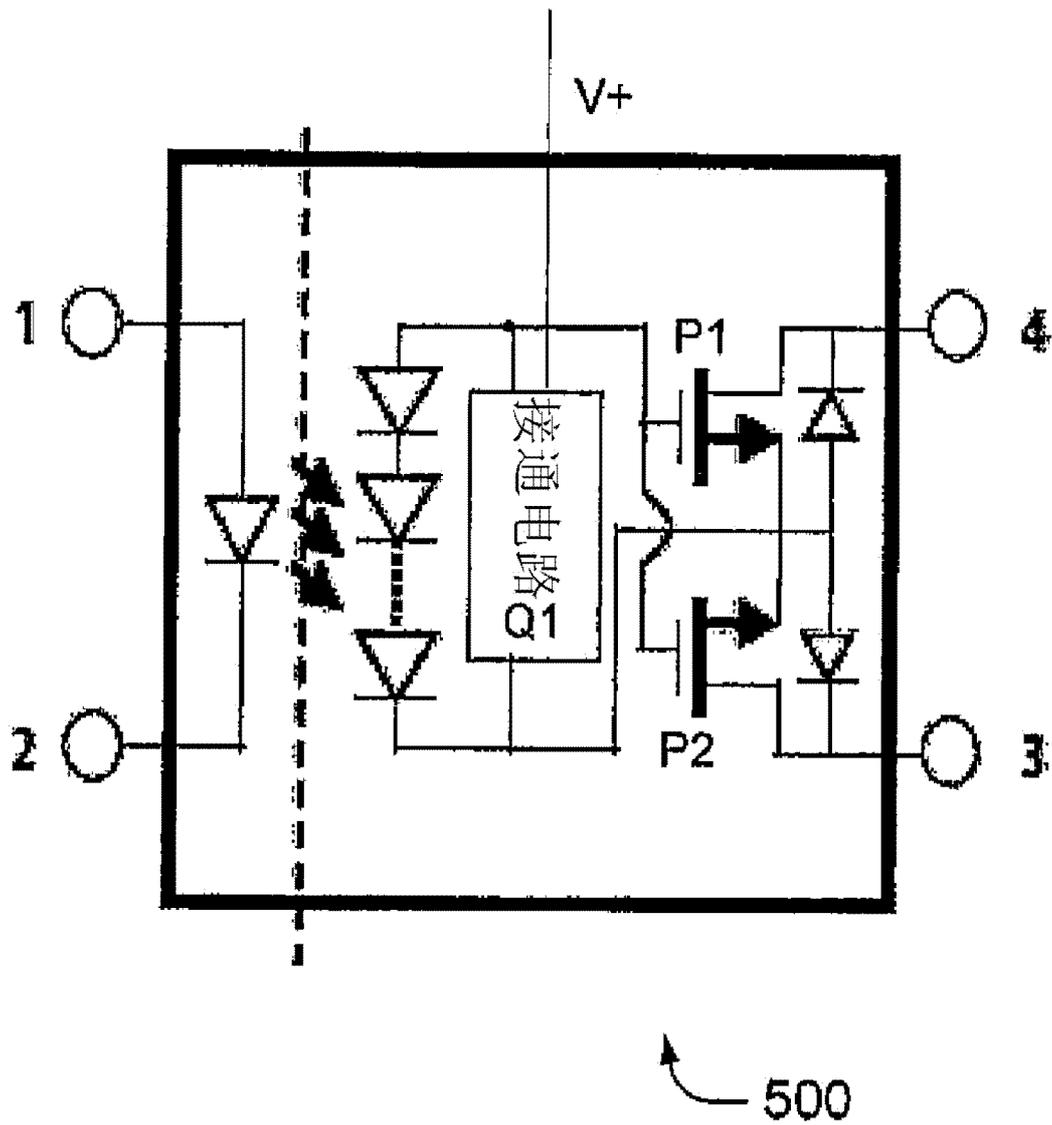
现有技术

图 3A



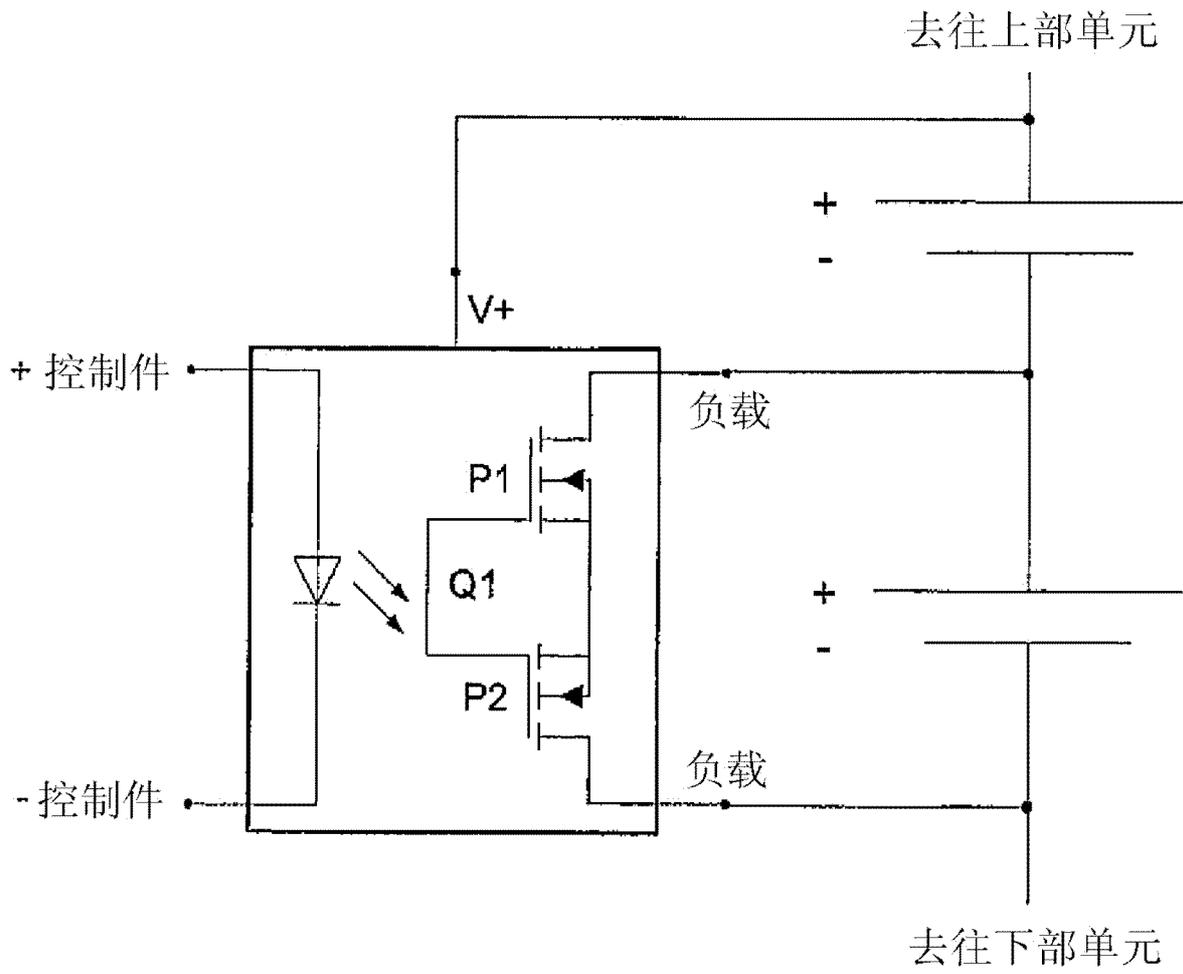
现有技术

图 3B



现有技术

图 4



600

图 5

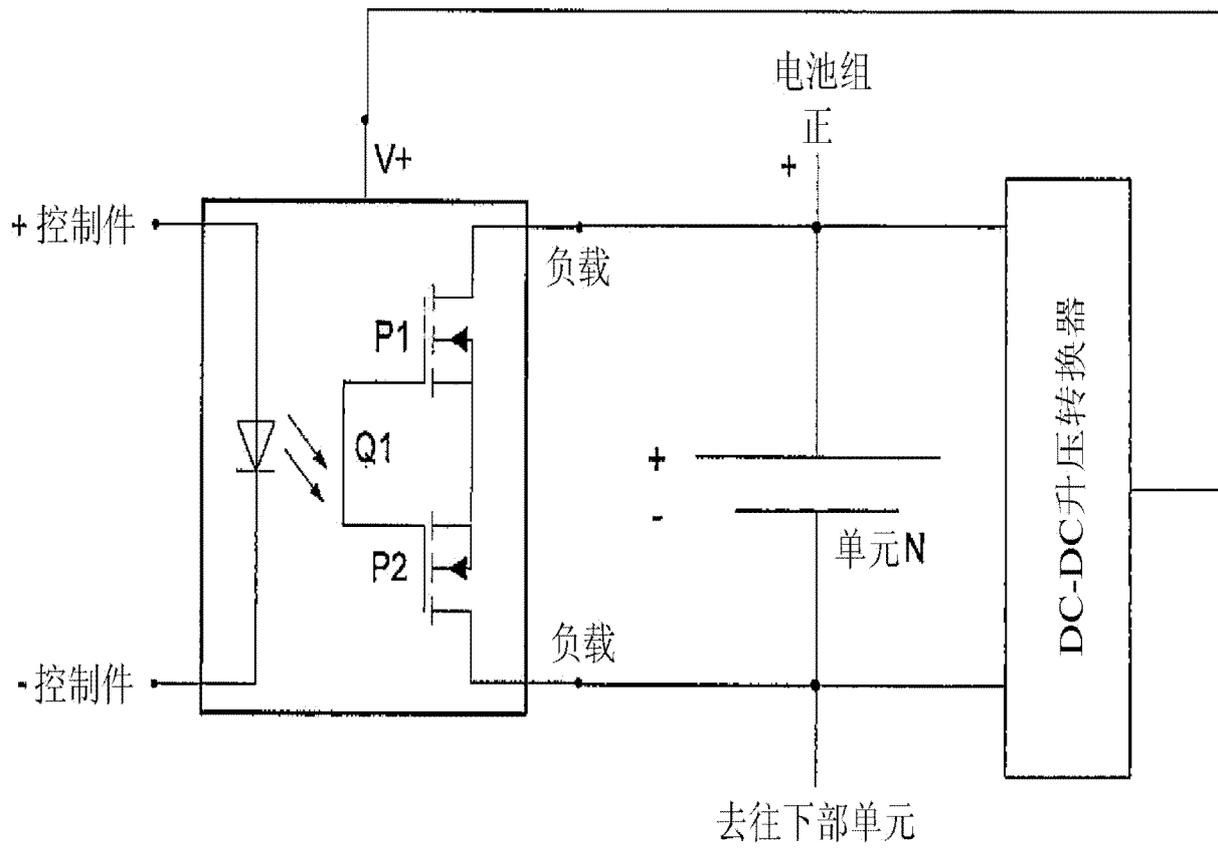


图 6

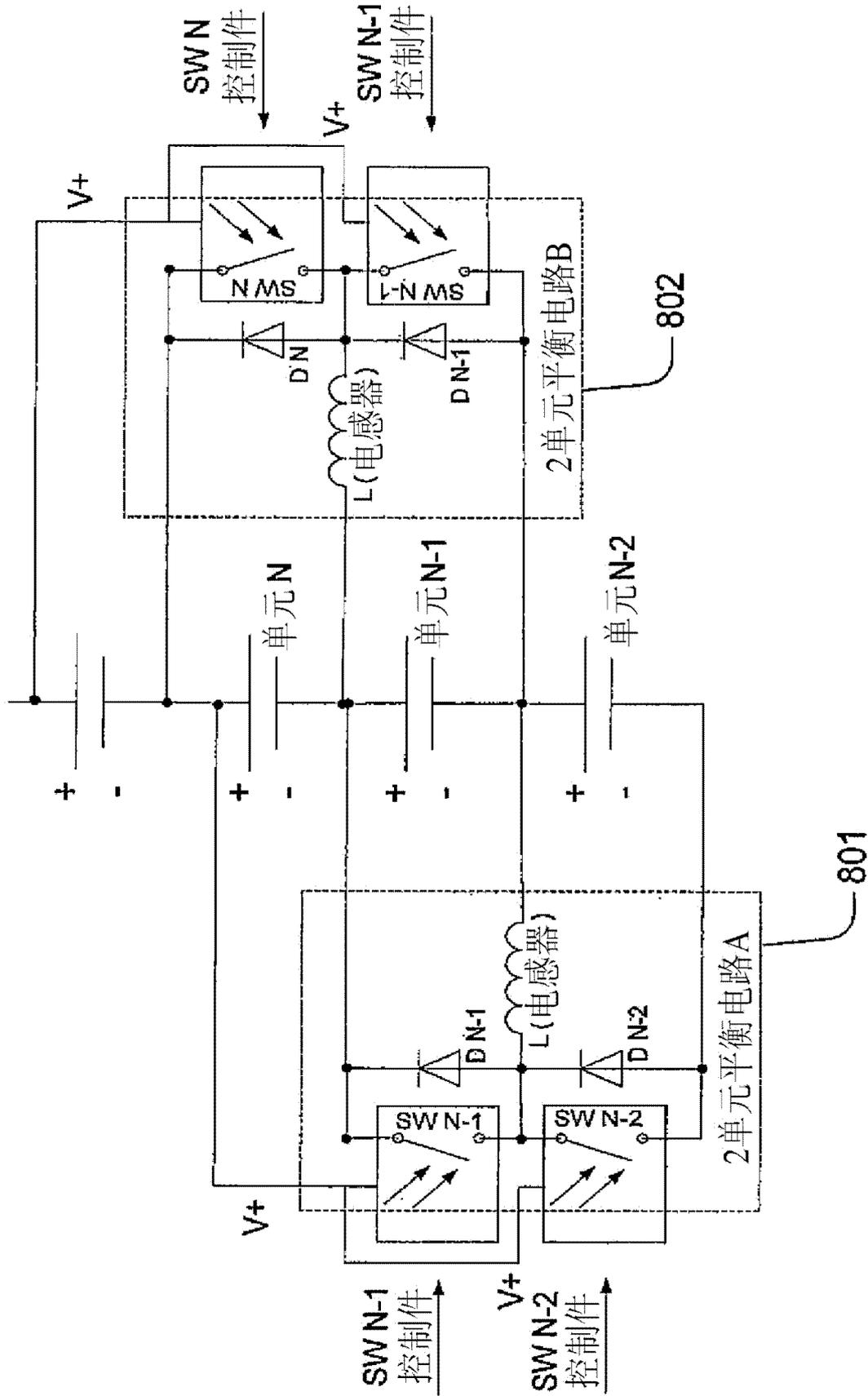


图 7

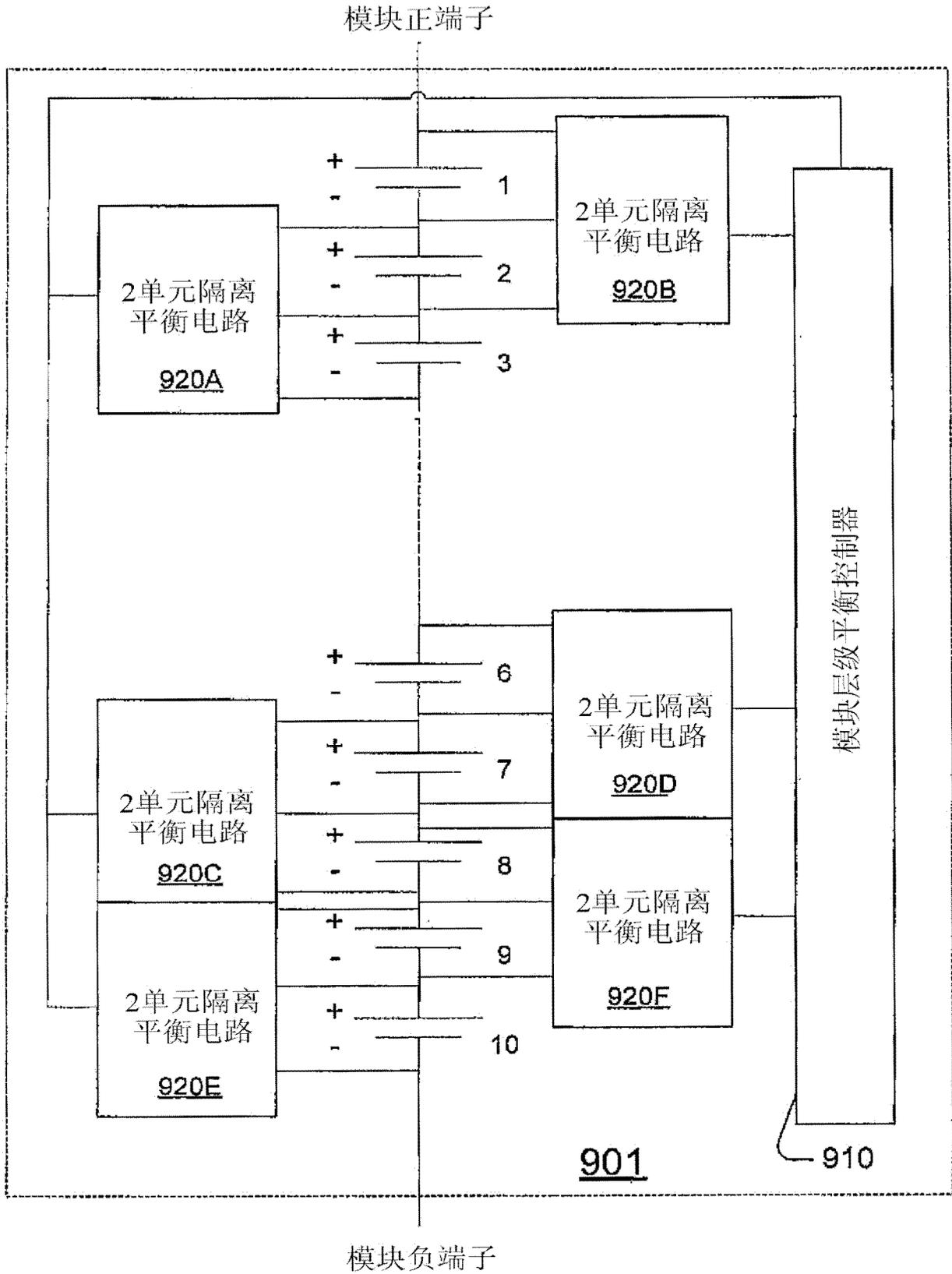


图 8A

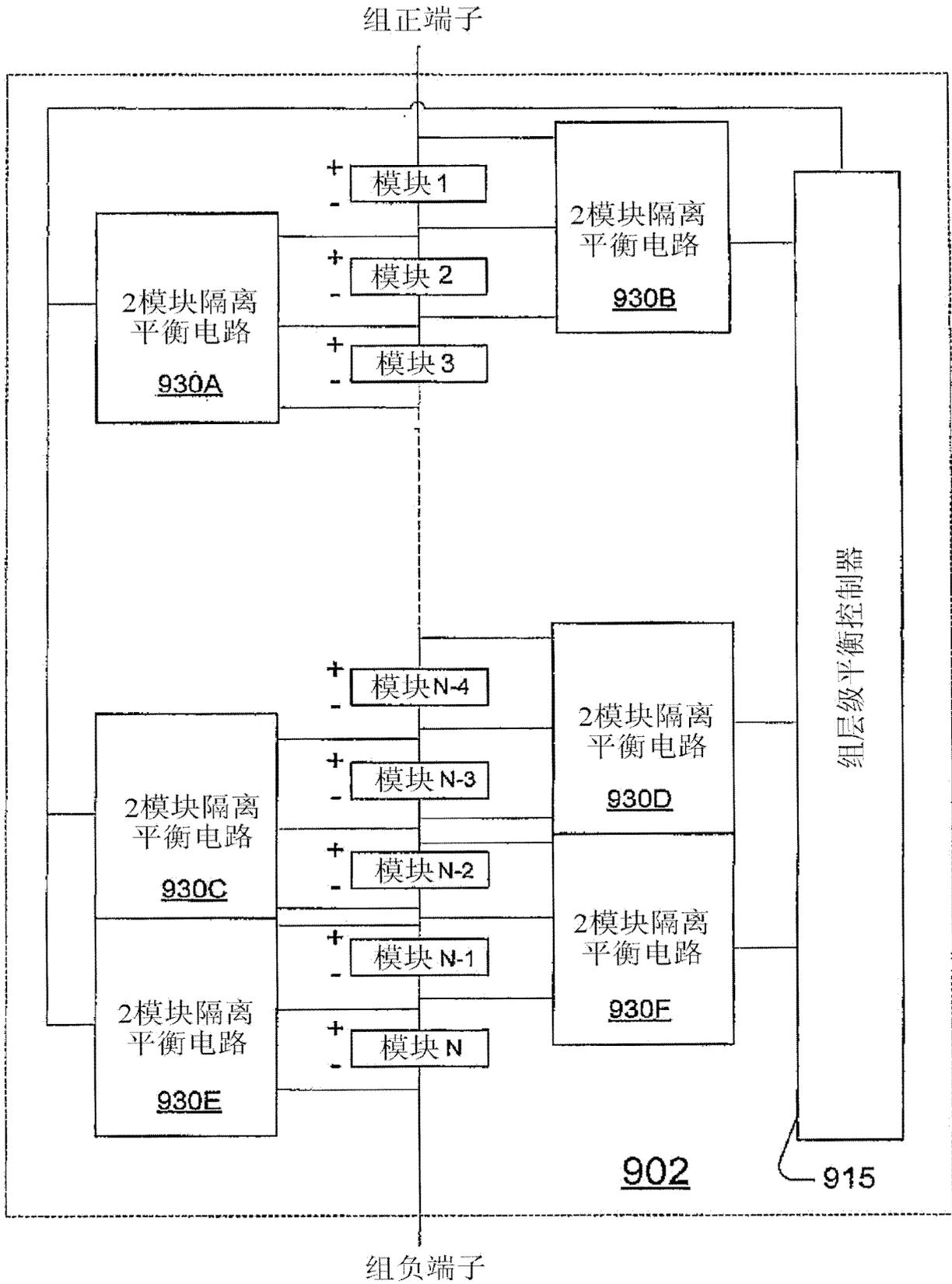


图 8B

模块平衡算法

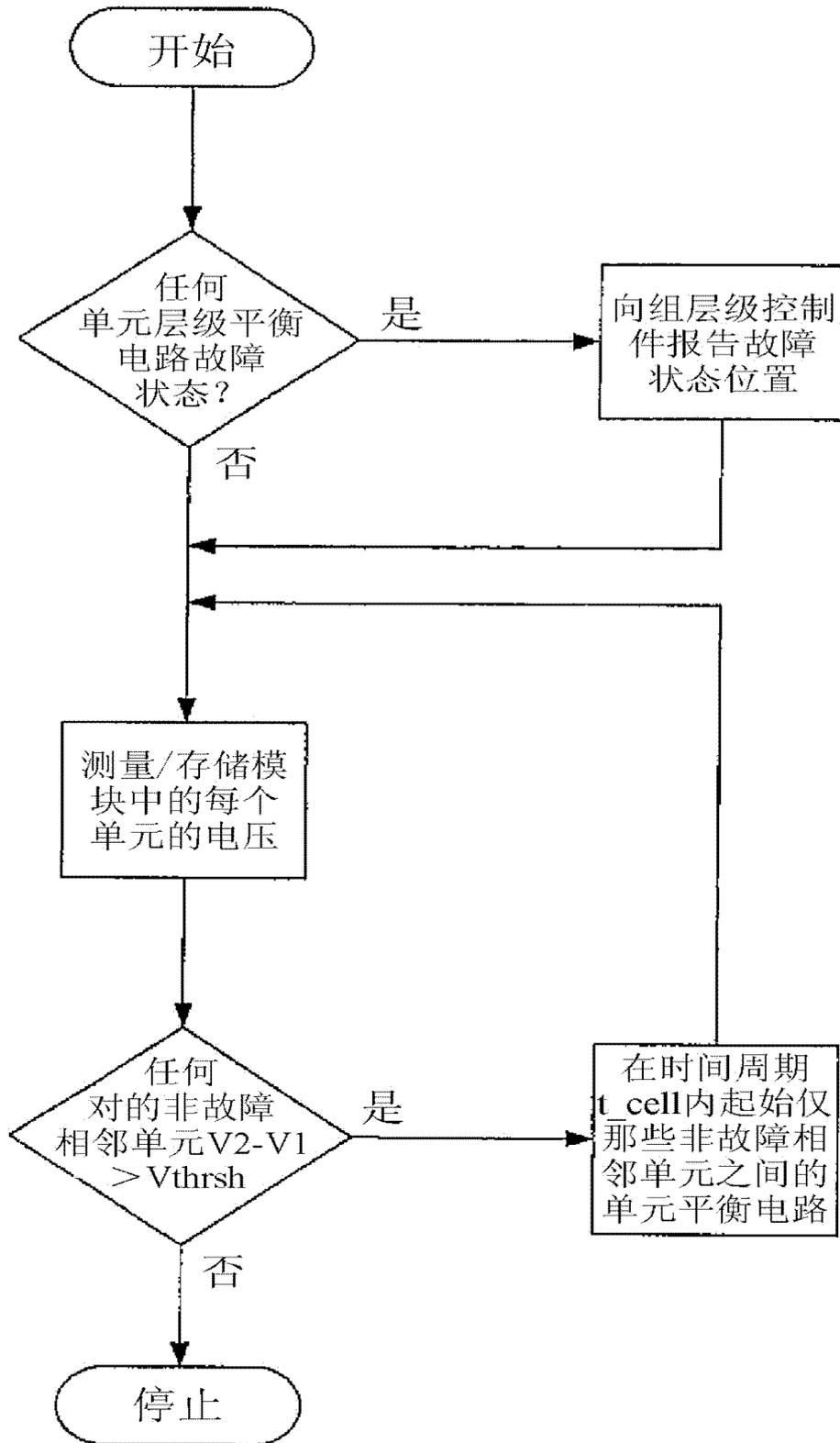


图 9A

组平衡算法

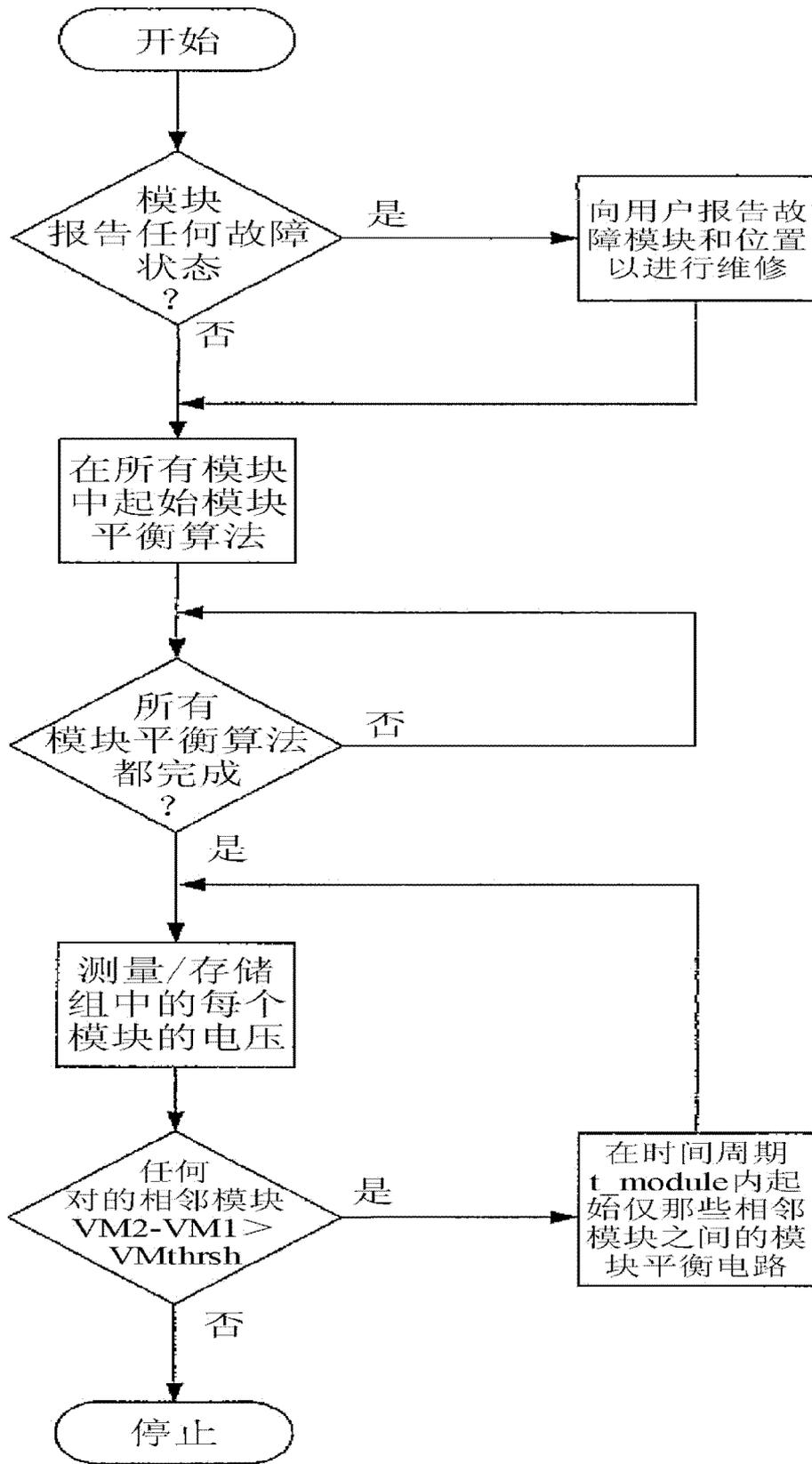


图 9B