



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104638307 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201410618231. 9

(22) 申请日 2014. 11. 05

(30) 优先权数据

14/073, 694 2013. 11. 06 US

(71) 申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 L·高 S·刘 G·M·罗

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

H01M 10/42(2006. 01)

H01M 10/613(2014. 01)

H01M 10/635(2014. 01)

H01M 10/637(2014. 01)

权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

用于电池热管理的虚拟单元

(57) 摘要

本发明涉及用于电池热管理的虚拟单元。公开了一种用于电池热管理的虚拟单元的系统、方法及装置。所公开的方法包括使用至少一个温度传感器感测电池组中的至少一个电池单元的温度。该方法进一步包括使用至少一个电流传感器感测电池组内的至少一个电流。而且,该方法包括使用电池热管理系统(BTMS)控制器确定电池组中的任一电池单元的温度是否超过温度限制( $T_{Limit}$ )。进一步,该方法包括使用BTMS控制器激活至少一个虚拟单元,从而为电池组中超过温度限制的至少一个电池单元提供电流或者吸收电流。

1. 一种用于热电池管理的方法,所述方法包括:  
使用至少一个温度传感器感测电池组中至少一个电池单元的温度;  
使用至少一个电流传感器感测所述电池组内的至少一个电流;  
确定所述电池组中的任一所述电池单元的温度是否超过温度限制 ( $T_{Limit}$ );以及  
激活至少一个虚拟单元,从而为所述电池组中超过所述温度限制的至少一个所述电池单元提供电流或者吸收电流。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述方法进一步包括由所述至少一个温度传感器将至少一个温度信号发送到电池热管理系统控制器即 BTMS 控制器,  
其中所述至少一个温度信号包括与至少一个所述电池单元的温度有关的信息。
3. 根据权利要求 1-2 中任一项所述的方法,其中所述方法进一步包括由所述电池组电流传感器将至少一个电流信号发送到 BTMS 控制器,  
其中所述至少一个电流信号包括与所述电池组的电流 ( $I_0$ ) 有关的信息。
4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的方法,其中所述方法进一步包括由所述至少一个虚拟单元电流传感器将至少一个电流信号发送到 BTMS 控制器,  
其中所述至少一个电流信号包括关于与所述至少一个虚拟单元电流传感器关联的一层所述电池单元的电流的信息。
5. 一种用于热电池管理的系统,所述系统包括:  
至少一个温度传感器,用于感测电池组中至少一个电池单元的温度;  
至少一个电流传感器,用于感测所述电池组内的至少一个电流;以及  
电池热管理系统控制器即 BTMS 控制器,用于确定所述电池组中的任一所述电池单元的温度是否超过温度限制 ( $T_{Limit}$ ),并且激活至少一个虚拟单元,从而为所述电池组中超过所述温度限制的至少一个所述电池单元提供电流或者吸收电流。
6. 根据权利要求 5 所述的系统,其中所述电池单元按层布置在所述电池组中。
7. 根据权利要求 6 所述的系统,其中所述电池单元在每层中并联连接。
8. 根据权利要求 6 所述的系统,其中所述层串联连接。
9. 根据权利要求 6 所述的系统,其中每一个所述虚拟单元连接到其中一层所述电池单元。
10. 根据权利要求 5 所述的系统,其中所述至少一个温度传感器还将至少一个温度信号发送到所述 BTMS 控制器,  
其中所述至少一个温度信号包括与至少一个所述电池单元的温度有关的信息。
11. 根据权利要求 5 所述的系统,其中所述至少一个电流传感器包括电池组电流传感器以及至少一个虚拟单元电流传感器中的至少一个。
12. 根据权利要求 11 所述的系统,其中所述电池组电流传感器将至少一个电流信号发送到所述 BTMS 控制器,  
其中所述至少一个电流信号包括与所述电池组的电流 ( $I_0$ ) 有关的信息。
13. 根据权利要求 11 所述的系统,其中所述至少一个虚拟单元电流传感器将至少一个电流信号发送到所述 BTMS 控制器,  
其中所述至少一个电流信号包括关于与所述至少一个虚拟单元电流传感器关联的一层电池单元的电流的信息。

14. 根据权利要求 5 所述的系统,其中所述至少一个虚拟单元是直流 / 直流转换器即 DC/DC 转换器和交流 / 直流转换器即 AC/DC 转换器中的至少一个。
15. 根据权利要求 14 所述的系统,其中所述 DC/DC 转换器是双向 DC/DC 转换器。
16. 根据权利要求 14 所述的系统,其中所述 AC/DC 转换器是双向 AC/DC 转换器。
17. 根据权利要求 14 所述的系统,其中所述 DC/DC 转换器的输入连接到所述电池组的端子和 DC 源的端子中的一个。
18. 根据权利要求 14 所述的系统,其中所述 AC/DC 转换器的输入连接到 AC 源的端子。

## 用于电池热管理的虚拟单元

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电池热管理,特别涉及用于电池热管理的虚拟单元。

### 背景技术

[0002] 来自电池的热产生直接与其承载的电流有关。电流越大,所产生的热就越多。在实践中,存在这样的可能性:可能从电池产生巨大的热量,其超出外部电池热管理系统显著降低的能力。这种高热产生的原因可能来自于:(1) 由过度的负载需求或者负载故障引起的极高的电流,(2) 电池内部故障,和/或(3) 充电/放电电路失效。此外,如果热管理系统失效或者不能快速地将热传输出去,则热可能在电池内迅速积累,由此造成非常高的电池温度。

[0003] 传统的电池热管理系统提供一种通过外部主动的或者被动的冷却系统将热从电池传输出去的手段。对于先进的高能量密度电池(例如,锂型电池),在故障或者连续滥用状况的情况下,常规的电池热管理系统经常是不够的。当前,常规的方法对控制来自电池内的热产生无能为力。

[0004] 因此,需要一种改进的电池热管理系统,其能够控制来自电池内的热产生,使得电池的温度总是保持在安全限制内,而不需要妥协于正常的负载需求。

### 发明内容

[0005] 本公开涉及一种用于电池热管理的虚拟单元的方法、系统和装置。在一个或多个实施例中,用于热电池管理的方法包括使用至少一个温度传感器感测电池组中的至少一个电池单元的温度。该方法进一步包括使用至少一个电流传感器感测电池组内的至少一个电流。而且,该方法包括使用电池热管理系统(BTMS)控制器确定电池组中的任一电池单元的温度是否超过温度限制( $T_{Limit}$ )。进一步,该方法包括使用BTMS控制器激活至少一个虚拟单元,从而为电池组中超过温度限制的至少一个电池单元提供电流或者吸收电流。

[0006] 在一个或多个实施例中,电池单元按层布置在电池组中。在某些实施例中,电池单元在每一层中并联连接。在至少一个实施例中,这些层串联连接。在某些实施例中,每个虚拟单元连接到一层电池单元。

[0007] 在至少一个实施例中,该方法进一步包括通过至少一个温度传感器将至少一个温度信号发送到BTMS控制器,其中至少一个温度信号包括与至少一个电池单元的温度有关的信息。

[0008] 在一个或多个实施例中,至少一个电流传感器包括电池组电流传感器和/或至少一个虚拟单元电流传感器。在某些实施例中,该方法进一步包括通过电池组电流传感器将至少一个电流信号发送到BTMS控制器,其中至少一个电流信号包括与电池组的电流( $I_0$ )有关的信息。在至少一个实施例中,该方法进一步包括通过至少一个虚拟单元电流传感器将至少一个电流信号发送到BTMS控制器,其中至少一个电流信号包括关于与至少一个虚拟单元电流传感器关联的一层电池单元的电流的信息。

[0009] 在至少一个实施例中,至少一个虚拟单元是直流 / 直流 (DC/DC) 转换器和 / 或交流 / 直流 (AC/DC) 转换器。在某些实施例中,DC/DC 转换器是双向 DC/DC 转换器。在至少一个实施例中,AC/DC 转换器是双向 AC/DC 转换器。在一个或多个实施例中,DC/DC 转换器的输入连接到电池组的端子或者 DC 源的端子。在至少一个实施例中,AC/DC 转换器的输入连接到 AC 源的端子。

[0010] 在一个或多个实施例中,用于热电池管理的系统包括至少一个温度传感器,用于感测电池组中的至少一个电池单元的温度。该系统进一步包括至少一个电流传感器,用于感测电池组内的至少一个电流。进一步,该系统包括电池热管理系统 (BTMS) 控制器,用于确定电池组中的任一电池单元的温度是否超过温度限制 ( $T_{Limit}$ ),并且激活至少一个虚拟单元,从而为电池组中超过温度限制的至少一个电池单元提供电流或者吸收电流。

[0011] 在至少一个实施例中,至少一个温度传感器进一步将至少一个温度信号发送到 BTMS 控制器,其中至少一个温度信号包括与至少一个电池单元的温度有关的信息。

[0012] 在一个或多个实施例中,至少一个电流传感器包括电池组电流传感器和 / 或至少一个虚拟单元电流传感器。在至少一个实施例中,电池组电流传感器将至少一个电流信号发送到 BTMS 控制器,其中至少一个电流信号包括与电池组的电流 ( $I_o$ ) 有关的信息。在某些实施例中,至少一个虚拟单元电流传感器将至少一个电流信号发送到 BTMS 控制器,其中至少一个电流信号包括关于与至少一个虚拟单元电流传感器关联的一层电池单元的电流的信息。

[0013] 特征、功能以及优势能够在本发明的各种实施例中独立地被实现,或者可以在其他实施例中被组合。

## 附图说明

[0014] 结合以下描述、随附的权利要求以及附图,本公开的这些和其他特征、方面以及优势将变得更加易于理解。

[0015] 图 1 是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于电池热管理的系统的示意图,该系统将 DC/DC 转换器用于虚拟单元。

[0016] 图 2 是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于电池热管理的系统的示意图,该系统将 AC/DC 转换器用于虚拟单元。

[0017] 图 3 是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于图 1 和图 2 的电池热管理的系统的操作的方法的概述的流程图。

[0018] 图 4 是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于图 1 和图 2 的电池热管理的系统的操作的方法的流程图。

[0019] 图 5 是根据本公开的至少一个实施例的图 4 所公开的方法的虚拟单元放电子例程的流程图。

[0020] 图 6 是是根据本公开的至少一个实施例的图 4 所公开的方法的虚拟单元充电子例程的流程图。

## 具体实施方式

[0021] 在此公开的方法和装置提供了用于电池热管理的虚拟单元的可操作系统。所公开

的系统提供控制来自电池内的热产生的解决方案,使得电池的温度总保持在安全限制内,而不需要妥协于正常的负载需求。具体地,在所公开的系统的操作期间,该系统感测各电池单元的温度,识别接近或者超过最大温度限制的一个单元或者多个单元,并且减小妥协(compromise)的一个单元或者多个单元的电流,使得产生较少的热。因此,该系统能够防止一个或多个电池单元过热和/或达到热失控。

[0022] 如之前提到的,用于执行电池热管理的常规方法仅涉及主动地或者被动地在外部将热从电池带走。本公开改为直接管理来自电池内的热产生以执行电池热管理,同时使用常规的外部冷却系统。本公开要求测量电池单元的温度,并且部分地关注于温度管理以防止过热。

[0023] 具体地,所公开的系统首先感测各电池单元的温度,并且识别接近或者超过最大温度限制的(多个)电池单元。接着,该系统减小(多个)妥协的电池单元的电流负载,使得(多个)电池单元产生较少的热,由此,达到较低和稳定的温度水平。由(多个)妥协的电池单元的负载减少产生的电流赤字由与(多个)电池单元并联连接的虚拟单元(例如,主动控制的双向直流/直流(DC/DC)转换器或者交流/直流(AC/DC)转换器)补偿。

[0024] 所公开的系统能够:(1)减小具有接近或者超过最大温度限制的温度的电池单元的电流,以及(2)通过使用虚拟单元补偿由电池单元电流减小引起的电流赤字,以满足由负载确定的整个电池电流要求。因此,所公开的系统能够先发控制电池温度,这通过常规的电池热管理系统当前是不可能的。所公开的系统控制电池热产生,使得温度在全部时间都保持在安全区域内,由此,防止系统过热。

[0025] 在以下描述中,为了提供更加彻底的系统描述,陈述了许多细节。然而,对于本领域技术人员来说显然的是,所公开的系统可以在没有这些具体细节的情况下被实施。在其他实例中,没有详细描述公知的特征,以避免不必要地使该系统模糊。

[0026] 图1是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于电池热管理的系统100的示意图,该系统将DC/DC转换器110a、110b用于虚拟单元110a、110b。在该附图中,针对系统100描述了6个主元件。第一主元件是电池组120(例如,电池单元阵列,其也被称作“电池阵列”)。电池组120包括 $M \times N$ 个电池单元130a-130f,其中有M个层(即,行),每层中有N个单元(即,列)。电池单元130a-130f互相连接,使得全部M个层中的每一层具有并联连接的N个电池单元130a-130c,并且全部M个电池单元层串联连接。这种配置生成了 $M \times N$ 电池阵列120。

[0027] 数字M和N可以是任意的,但是M大于或者等于( $\geq$ )1且 $N \geq 1$ 。对于位于第M层和第N列的电池单元130f,该电池单元130f的变量由下标(M,N)标示。电池单元130a-130c的顶层的正极端子连接在一起,并且形成电池组120的正极端子140。底层电池单元130d-130f的负极端子连接在一起,并且形成电池组120的负极端子150。

[0028] 第二主元件是虚拟单元110a、110b。在该附图中,对于每个虚拟单元110a、110b采用DC/DC转换器。任何类型的电流双向DC/DC转换器可以被用于虚拟单元110a、110b。同样,对于每层电池单元130a-130f采用一个虚拟单元110a、110b(例如,对于电池单元130a-130c的顶层采用一个虚拟单元110a,并且对于电池单元130d-130f的底层采用虚拟单元110b),并且因此,总共有M个虚拟单元110a、110b。每个虚拟单元110a、110b的输出正极端子和输出负极端子连接到虚拟单元对应的电池单元层130a-130c、130d-130f的正

极端子和负极端子。每个虚拟单元的输入正极端子和输入负极端子连接到电池组 120 的正极端子 140 和负极端子 150。应当注意,在其他实施例中,每个虚拟单元的输入正极端子和输入负极端子连接到 DC 源的端子而不是电池组 120 的端子。还应当注意,在其他实施例中(参考图 2),对于每个虚拟单元 110a、110b 可以采用 AC/DC 转换器。

[0029] 第三主元件是在附图中用菱形符号表示的电池单元温度传感器。每个电池单元 130a-130f 的温度由温度传感器感测,并且温度传感器将温度信号(其包含关于感测到的温度的信息)发送到电池热管理系统(BTMS)控制器 160。对于第 M 层第 N 列的电池单元 130f,其温度被标为  $T_{M,N}$ 。在该附图中,对于每个电池单元 130a-130f 都采用了温度传感器。然而,应当注意,在其他实施例中,对于每个电池单元 130a-130f 可以采用更多或者更少的温度传感器。例如,对于较关键的电池单元可以采用更多的温度传感器。

[0030] 第四主元件是在附图中由半圆包围的圆点表示的电流传感器 170a-170c(即,用于电池单元(即,电池阵列)和虚拟单元的电流传感器)。在该附图中,对于电池组 120 并且对于每个虚拟单元 110a、110b 采用电流传感器 170a。电池组电流被标为  $I_0$ ,其中正方向如箭头所示。第 M 个虚拟单元的电流被标为  $I_M$ ,其中正方向如箭头所示。电池组 120 的电流由电池组电流传感器 170a 感测,并且虚拟单元 110a、110b 的电流由虚拟单元电流传感器 170b、170c 感测;并且电池组电流传感器 170a 和虚拟单元电流传感器 170b、170c 各自将电流信号(其包含关于感测到的电流的信息)发送到 BTMS 控制器 160。

[0031] 第五主元件是 BTMS 控制器 160。可以使用数字的和/或模拟的电子设备实现 BTMS 控制器 160。BTMS 控制器 160 接收温度信号和电流信号。BTMS 控制器 160 根据接收到的温度信号和电流信号为 M 个虚拟单元 110a、110b 中的每一个做出具体控制决策。BTMS 控制器 160 接着将与控制决策有关的控制信号发送到虚拟单元 110a、110b。

[0032] 第六主元件是系统控制器 180。系统控制器 180 与 BTMS 控制器 160 接口连接(interface)。系统控制器 180 负责将系统命令和控制信号发送到 BTMS 控制器 160,并且从 BTMS 控制器 160 接收温度和电流信号。系统控制器 180 还负责与其他管理系统接口连接,包括但不限于电池充电/放电控制系统、电池过电流保护系统、短路保护系统、电池寿命管理系统以及电力分配控制系统。

[0033] 如之前提到的,电池单元的热产生直接与其承载的电流有关。当电流越大时,电池单元的温度变得越高,并且如果热不能立即由外部冷却系统传输走,则可能发生过热状况。通过所公开的 BTMS 控制器 160 防止此类状况发生的基本机制是,减小热源的强度(即,减小电流)。由于电流减小引起的电池单元电流的赤字由虚拟单元 110a、110b 补偿。

[0034] 在系统的操作期间,系统控制器 180 将电池单元的温度限制  $T_{Limit}$  传送到 BTMS 控制器 160。接着,BTMS 控制器 160 连续地监测电池单元的温度,并且挑出在它们对应的电池单元层中显示最大温度的电池单元 130a-130f。如果在某一层电池单元中的电池单元 130a-130f 的最大温度接近和/或超过温度限制( $T_{Limit}$ ),则通过从 BTMS 控制器 160 接收控制信号,对应于该电池单元层的虚拟单元 110a、110b 被激活,从而提供电流或者吸收(sink)电流。因此,在该电池单元层中的电池单元的电流被减小,由此热产生被降低。

[0035] 在一个或多个实施例中,电流增量  $\Delta I$  由系统控制器 180 设置,并且可以取决于具体的电池系统设计。对于操作期间的每次步进  $\Delta I$ ,如果检测到超过温度限制的电池单元温度,则对应的虚拟单元 110a、110b 的电流被调整  $\Delta I$ 。该过程继续,直到系统控制器 180 发

送命令信号以停止。对 BTMS 控制器 160 的控制算法的详细描述在图 4、5、6 的描述中进行说明。

[0036] 图 2 是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于电池热管理的系统 200 的示意图,该系统将 AC/DC 转换器 210a、210b 用于虚拟单元 210a、210b。图 2 的系统 200 与图 1 的系统 100 相同,除了对于图 2 的系统 200,针对虚拟单元 210a、210b 采用 AC/DC 转换器 210a、210b 而不是 DC/DC 转换器 110a、110b。任何类型的电流双向 AC/DC 转换器 210a、210b 可以用于虚拟单元。此外,每个 AC/DC 转换器 210a、210b 的输入正极端子和输入负极端子连接到 AC 源 260(例如,系统中现有的 AC 总线)的正极端子 240 和负极端子 250。

[0037] 图 3 是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于图 1 和图 2 的电池热管理的系统的操作的方法 300 的概述的流程图。在该附图中,在方法 300 的开始 310 处,至少一个温度传感器感测电池组 320 中的至少一个电池单元的温度。至少一个电流传感器感测电池组 330 内的至少一个电流。接着,电池热管理系统 (BTMS) 控制器确定电池组中的任一电池单元的温度是否超出温度限制 ( $T_{Limit}$ ) 340。对于电池组中超过温度限制 350 的电池单元, BTMS 控制器激活至少一个虚拟单元以提供电流或者吸收电流。接着,方法 300 结束 360。

[0038] 图 4 是根据本公开的至少一个实施例的所公开的用于图 1 和图 2 的电池热管理的系统 100、200 的操作的方法 400 的流程图。在该附图中,在方法 400 的开始处, BTMS 控制器从系统控制器 405 接收时间 ( $t$ ) = 0 的启动命令(即,将启动时间初始化为零)。接着, BTMS 控制器输入或者获取来自系统控制器 410 的  $T_{Limit}$  值(即,电池单元的温度限制)、 $\Delta t$ (即,时间增量)以及  $\Delta I$ (即,电流增量)。温度传感器测量电池单元的温度 ( $T_{m,n}$ , 其中  $m = 1, 2, \dots, M$  且  $n = 1, 2, \dots, N$ ) 415。电流传感器测量电流 ( $I_0$  和  $I_m$ , 其中  $m = 1, 2, \dots, M$ ) 420。BTMS 控制器接着找到每层的最大电池单元温度 ( $T_{max,m} = \text{Max}(T_{m,1}, T_{m,2}, \dots, T_{m,N})$ , 其中  $m = 1, 2, \dots, M$ ) 425。

[0039] 接着, BTMS 控制器确定电池组电流  $I_0$  是大于、等于还是小于零 (0) (即,  $I_0 >$ , 或者  $=$ , 或者  $< 0$ ) 430。如果电池组电流  $I_0$  大于零,则 BTMS 控制器将执行将在图 5 的描述中进行说明的虚拟单元放电子例程 435。并且如果电池组电流  $I_0$  小于零,则 BTMS 控制器将执行将在图 6 的描述中进行说明的虚拟单元充电子例程 440。然而,如果电池组电流  $I_0$  等于零,则 BTMS 控制器将保持虚拟单元处于待用模式 445(例如, BTMS 控制器实质上没有任何事情),并且 BTMS 控制器将检查来自系统控制器 450 的最新命令。

[0040] 在 BTMS 控制器已经执行了虚拟单元放电子例程 435 或者虚拟单元充电子例程 440 或者待用模式 445 之后, BTMS 控制器将检查来自系统控制器 450 的最新命令。BTMS 控制器将确定命令是否是继续 455。如果命令是继续,则方法 400 将行进到步骤 415。然而,如果命令是不再继续,则方法 400 将停止 465。

[0041] 图 5 是根据本公开的至少一个实施例的用于图 4 所公开的方法 400 的虚拟单元放电子例程 435 的流程图。在该附图中,在放电子例程 435 的开始处,  $m$  被设置为等于 1(即,  $m = 1$ ),使得方法从第一层(即,层 1) 505 开始。BTMS 控制器确定该层的最大温度是否大于温度限制(即,  $T_{max,m} > T_{Limit}$ ?) 510。

[0042] 如果 BTMS 控制器确定最大温度不大于温度限制,则 BTMS 控制器确定该层的虚拟单元的电流是否大于零(即,  $I_m > 0$ ?) 515。如果 BTMS 控制器确定虚拟单元的电流不大于零,则电池单元层不需要来自虚拟单元的支持,并且因此,零值被设置为虚拟单元 520 的基



准 (即,  $I_m(t+\Delta t) = 0$ )。接着,子例程 435 将行进到步骤 530。然而,如果 BTMS 控制器确定虚拟单元的电流大于零,则该层正在接收来自虚拟单元的支持 (即,虚拟单元正在提供电池单元电流的一部分),并且 BTMS 控制器将虚拟单元的电流减小  $\Delta I$  (即,  $I_m(t+\Delta t) = I_m(t) - \Delta I$ ) 525。接着,子例程 435 将行进到步骤 530。

[0043] 然而,如果 BTMS 控制器确定最大温度大于温度限制,则 BTMS 控制器将虚拟单元的电流增加  $\Delta I$  (即,  $I_m(t+\Delta t) = I_m(t) + \Delta I$ ),以减小层 535 中的电池单元的电流。接着,BTMS 控制器将检查虚拟单元的新增加的电流设置,以确定其是否大于电池组电流 (即,  $I_m(t+\Delta t) > I_0$ ?) 540。如果 BTMS 控制器确定虚拟单元的电流大于电池组电流,则 BTMS 控制器将虚拟单元电流限制到电池组电流 (即,  $I_m(t+\Delta t) = I_0$ ) 545。接着,子例程 435 将行进到步骤 530。然而,如果 BTMS 控制器确定虚拟单元的电流不大于电池组电流,则子例程 435 将行进到步骤 530。

[0044] 在步骤 530 处,BTMS 控制器确定  $m$  是否小于  $M$  (即,  $m < M$ ?) 530。如果 BTMS 控制器确定  $m$  小于  $M$ ,则 BTMS 控制器将设置  $m$  等于  $m$  加 1 (即,  $m = m+1$ ),使得方法将从下一层 (即,层 2) 重新开始 (通过返回到步骤 510) 550。子例程 435 接着行进到步骤 510。然而,如果 BTMS 控制器确定  $m$  不小  $M$ ,则 BTMS 控制器将虚拟单元的电流控制为等于  $I_m(t+\Delta t)$ ,其中  $m = 1, 2, \dots, M$  555。接着,子例程 435 行进到方法 400 的步骤 450 (参考图 4)。

[0045] 图 6 是是根据本公开的至少一个实施例的用于图 4 所公开的方法 400 的虚拟单元充电子例程 440 的流程图。在该附图中,在充电子例程 440 的开始处,  $m$  被设置为 1 (即,  $m = 1$ ),使得方法从第一层 (即,层 1) 开始 605。BTMS 控制器确定该层的最大温度是否大于温度限制 (即,  $T_{\max,m} > T_{\text{Limit}}$ ?) 610。

[0046] 如果 BTMS 控制器确定最大温度不大于温度限制,则 BTMS 控制器确定该层的虚拟单元的电流是否小于零 (即,  $I_m < 0$ ?) 615。如果 BTMS 控制器确定该层的虚拟单元的电流不小于零,则电池单元层不需要来自虚拟单元的支持,因此,零值被设置为虚拟单元的基准 (即,  $I_m(t+\Delta t) = 0$ ) 620。接着,子例程 440 将行进到步骤 630。然而,如果 BTMS 控制器确定虚拟单元的电流小于零,则该层接收正在来自虚拟单元的支持 (即,虚拟单元正在吸收电池单元电流的一部分),并且 BTMS 控制器将虚拟单元的电流增加  $\Delta I$  (即,  $I_m(t+\Delta t) = I_m(t) + \Delta I$ ) 525。接着,子例程 440 将行进到步骤 630。

[0047] 然而,如果 BTMS 控制器确定最大温度大于温度限制,则 BTMS 控制器将控制虚拟单元以吸收更多的电流  $\Delta I$  (即,  $I_m(t+\Delta t) = I_m(t) - \Delta I$ ),以减小层 635 中的电池单元的电流。接着,BTMS 控制器将检查虚拟单元的新电流设置,以确定其是否小于电池组电流 (即,  $I_m(t+\Delta t) < I_0$ ?) 640。如果 BTMS 控制器确定虚拟单元的电流小于电池组电流,则 BTMS 控制器将虚拟单元电流限制到电池组电流 (即,  $I_m(t+\Delta t) = I_0$ ) 645。接着,子例程 440 将行进到步骤 630。然而,如果 BTMS 控制器确定虚拟单元的电流不小于电池组电流,则子例程 440 将行进到步骤 630。

[0048] 在步骤 630 处,BTMS 控制器确定  $m$  是否小于  $M$  (即,  $m < M$ ?) 630。如果 BTMS 控制器确定  $m$  小于  $M$ ,则 BTMS 控制器将  $m$  设置等于  $m$  加 1 (即,  $m = m+1$ ),使得方法从下一层 (即,层 2) 重新开始 (通过返回到步骤 610) 650。子例程 440 接着行进到步骤 610。然而,如果 BTMS 控制器确定  $m$  不小于  $M$ ,则 BTMS 控制器将虚拟单元的电流控制为等于  $I_m(t+\Delta t)$ ,其中  $m = 1, 2, \dots, M$  655。接着,子例程 440 行进到方法 400 的步骤 450 (参考图 4)。

[0049] 尽管已经示出并且描述了特定实施例,但是应当理解,以上讨论无意限制这些实施例的范围。虽然在此已经公开并且描述了本发明的许多方面的实施例和变形,但是提供这种公开仅为了解释和说明的目的。因此,在不背离权利要求的范围的情况下,可以进行各种改变和修改。

[0050] 虽然上述方法表明某些事件以某种顺序发生,但是受益于本公开的益处的本领域技术人员将认识到,该顺序可以被修改,并且这种修改与本发明的变形是一致的。此外,方法的各部分可以以并行处理(如果可能)同时被执行,以及顺序执行。另外,可以执行方法的更多部分或者更少部分。

[0051] 因此,实施例旨在示例可能落入权利要求的范围内的替换、修改以及等同。

[0052] 虽然在此已经描述了某些说明性的实施例和方法,但是根据前述的公开,对于本领域技术人员来说显然的是,在不背离所公开的技术的实质精神和范围的情况下,可以对此类实施例和方法进行变形和修改。存在所公开的技术的许多其他示例,每个示例仅在细节方面不同于其他示例。因此,意图是,所公开的技术应当仅限于由随附的权利要求和适用法律的规则和原则所要求的程度。

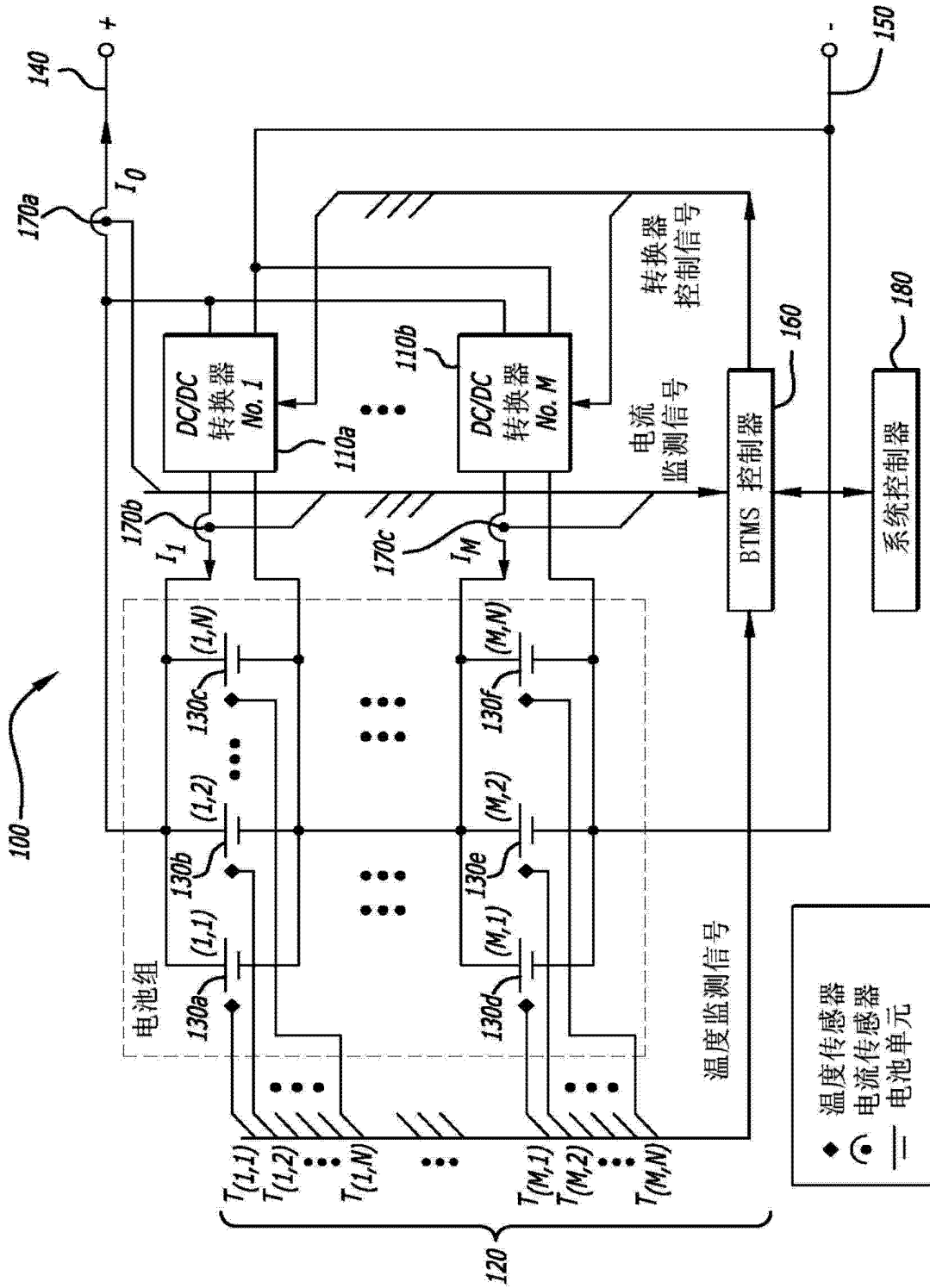


图 1

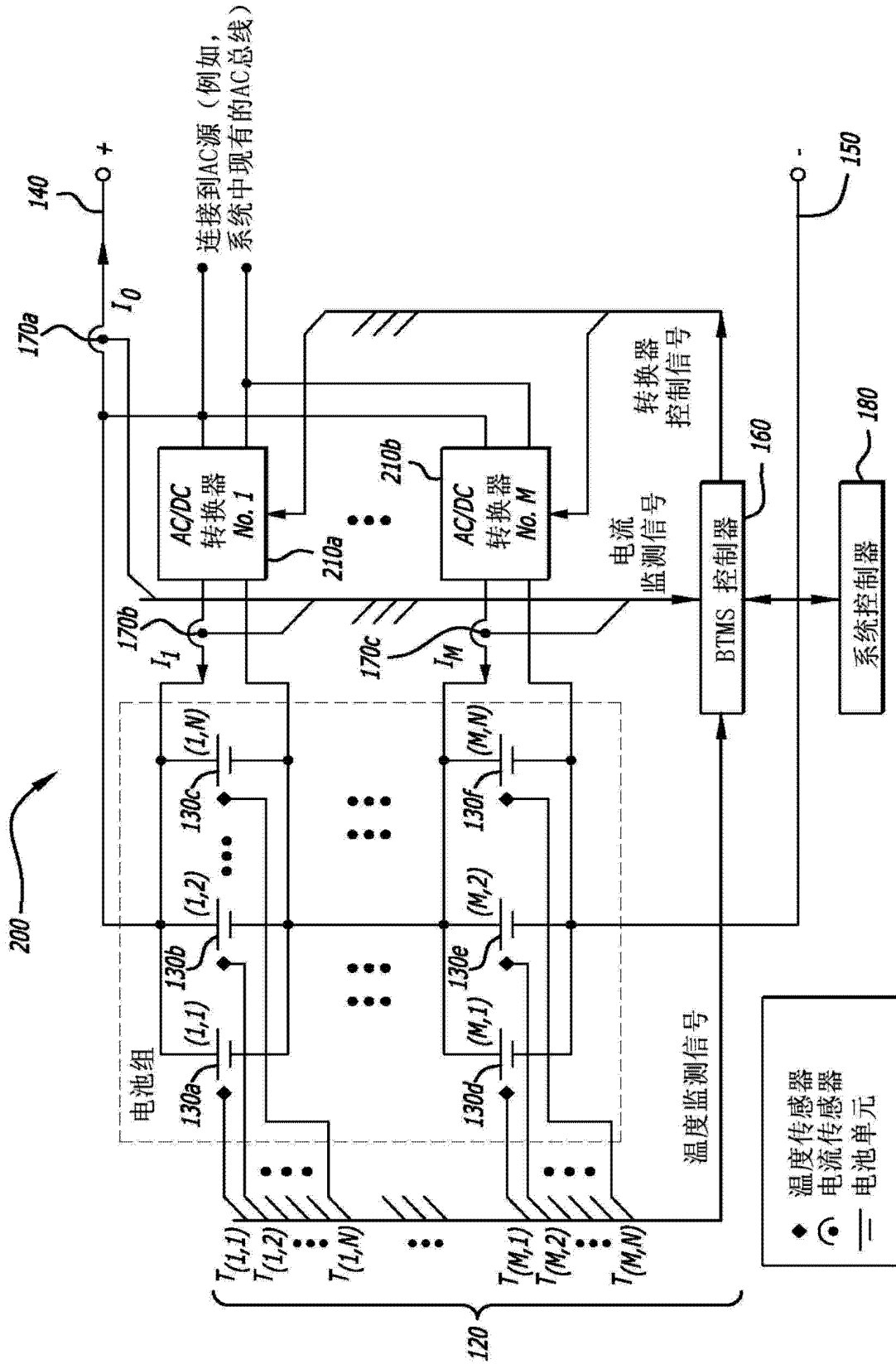


图 2

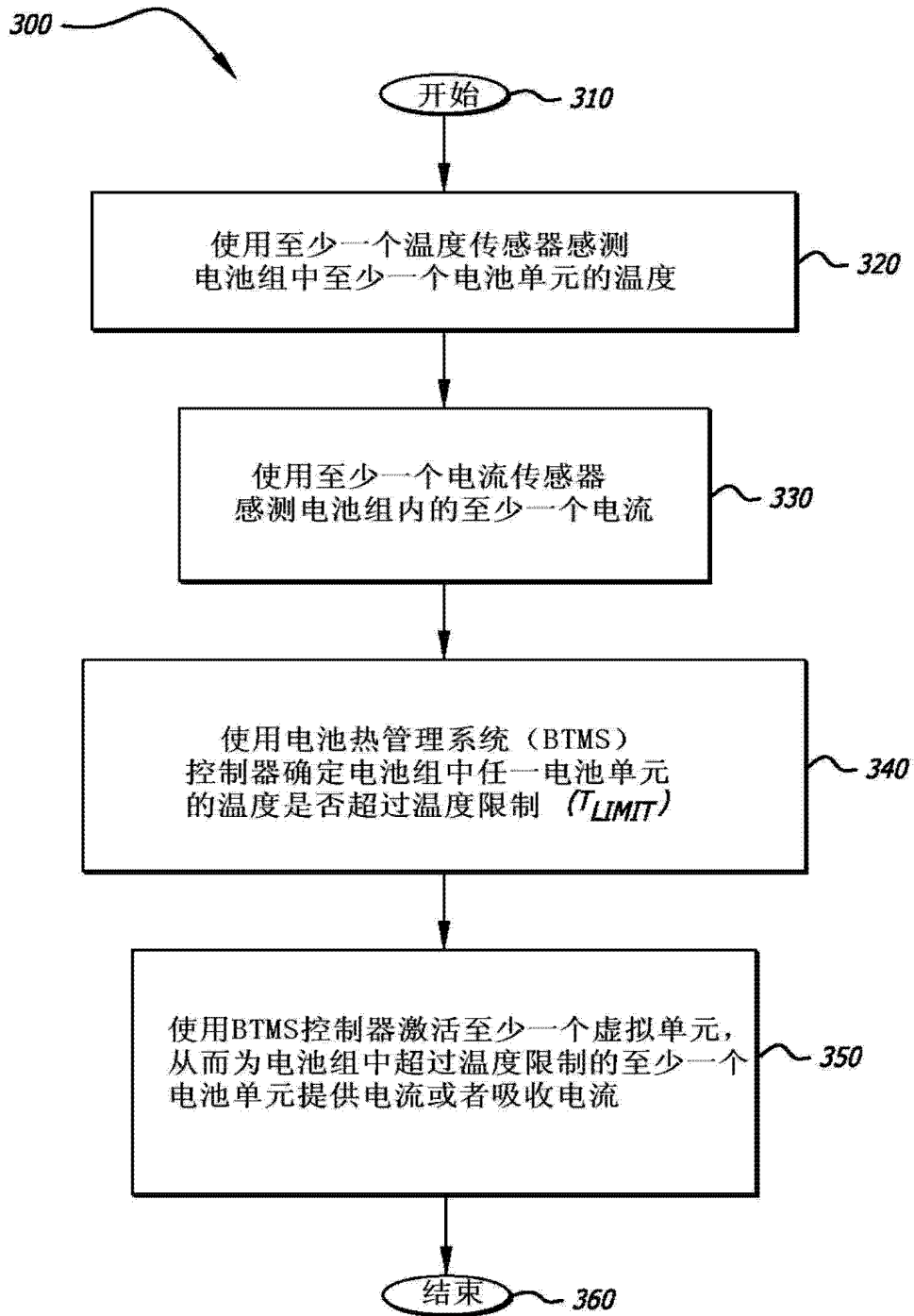


图 3

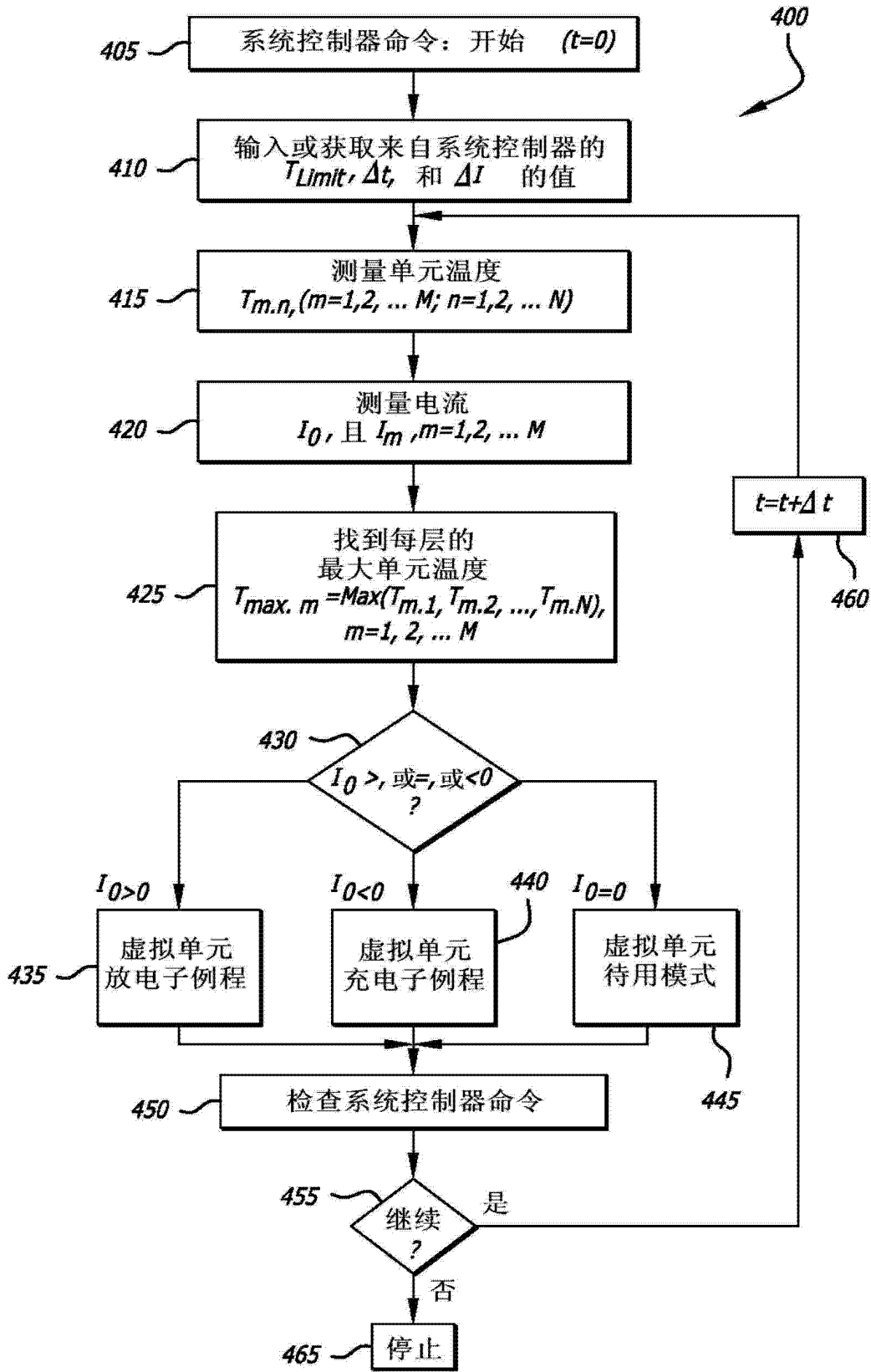


图 4

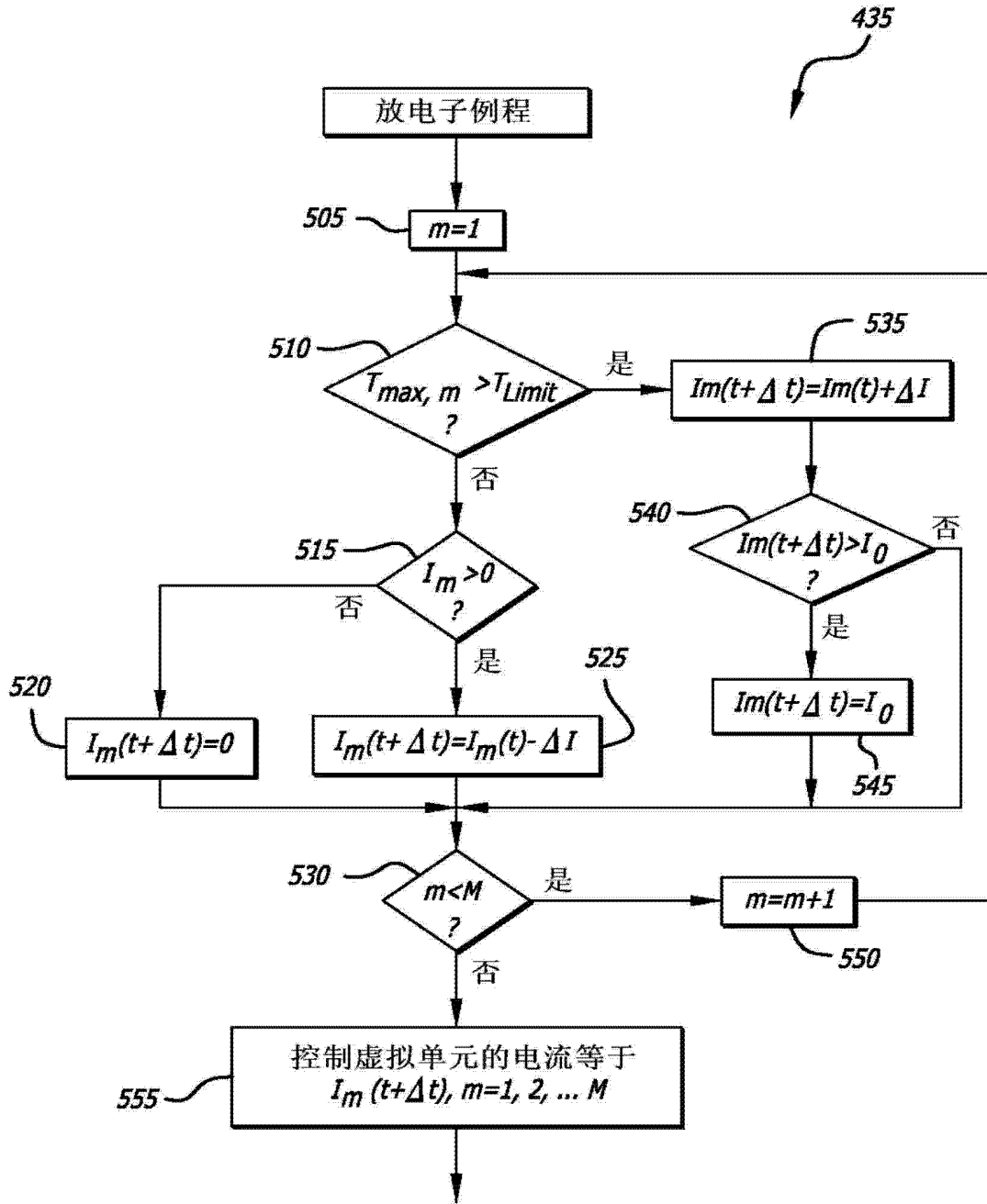


图 5

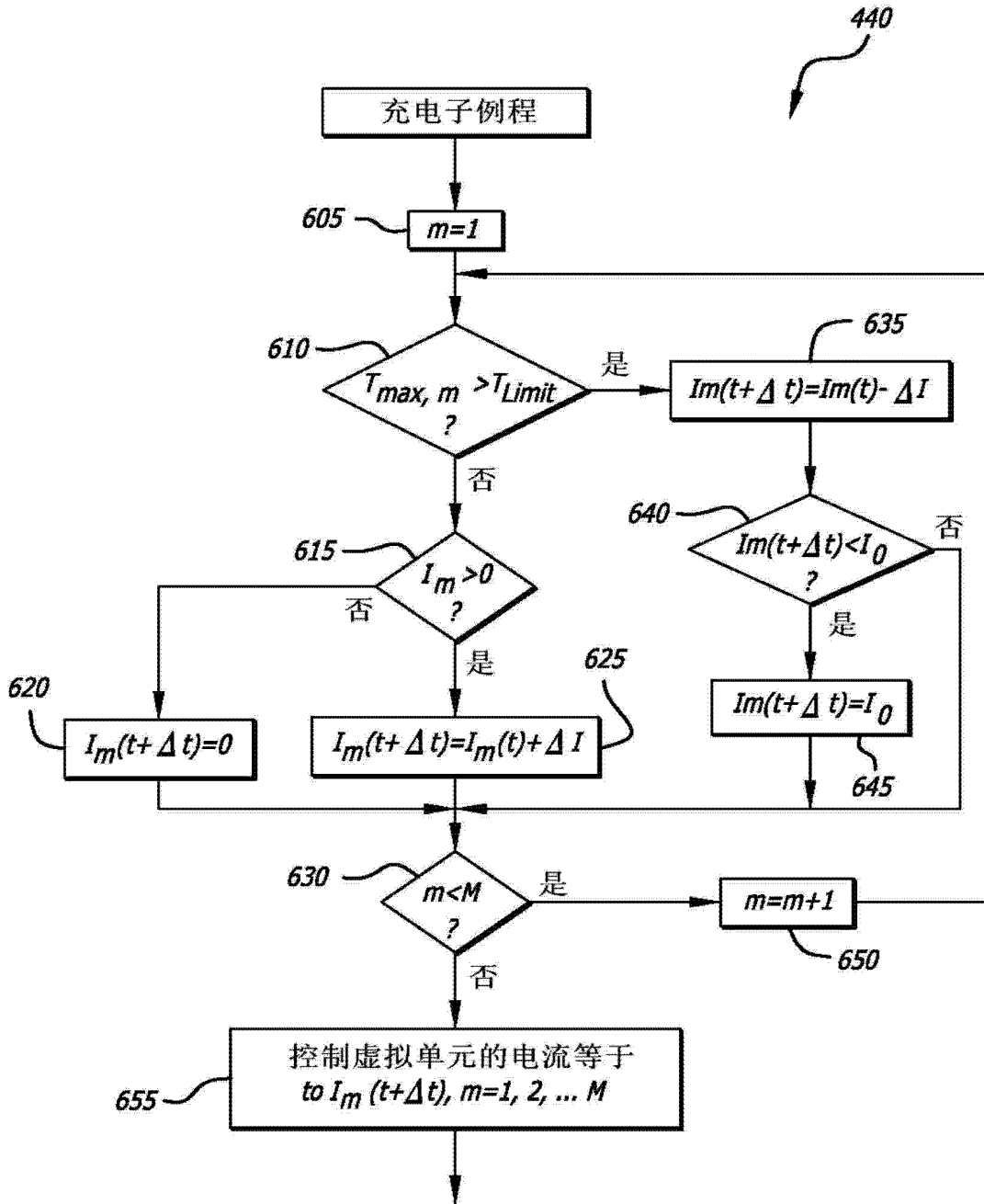


图 6