



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103487755 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 17

(21) 申请号 201210336184. X

JP 2007526456 A, 2007. 09. 13,

(22) 申请日 2012. 06. 08

WO 2009149273 A1, 2009. 12. 10,

(73) 专利权人 通用电气公司

审查员 李晓玲

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M·乔拉 N·多加纳克索伊

H·维曼

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 姜甜 李浩

(51) Int. Cl.

G01R 31/36(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1767310 A, 2006. 05. 03,

CN 101379409 A, 2009. 03. 04,

CN 101031810 A, 2007. 09. 05,

US 2008150491 A1, 2008. 06. 26,

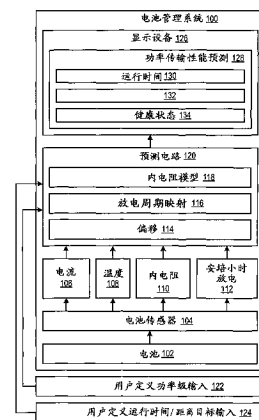
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

用于预测电池功率传输性能的系统和方法

(57) 摘要

本发明名称为“用于预测电池功率传输性能的系统和方法”。提供涉及预测功率传输性能的电池管理系统和方法。在一个实施例中,一种用于预测电池(102)的功率传输性能的方法,包括:检索选择的放电周期的多个电池操作参数(106、108、110、112);计算偏移(114),其指示该电池(102)的建模的内电阻(118)和从先于该选择的放电周期的该电池的校准放电周期生成的观察的内电阻(116)之间的差别;以及基于偏移校正的内电阻输出功率传输性能预测(128),该偏移校正的内电阻指示基于对选择的放电周期的多个电池操作参数(106、108、110、112)的建模的内电阻(118)和偏移(114)之间的差别。



1. 一种用于预测电池 (102) 的功率传输性能的方法,包括:
检索选择的放电周期的多个电池操作参数 (106、108、110、112);
计算指示所述电池 (102) 的建模的内电阻 (118) 和从先于所述选择的放电周期的所述电池的校准放电周期生成的观察的内电阻 (110) 之间的差别的偏移 (114);以及
基于指示基于所述多个电池操作参数 (106、108、110、112) 的建模的内电阻 (118) 和所述偏移 (114) 之间的差别的偏移校正的内电阻输出电池功率传输性能预测 (128)。
2. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:
接收用户定义的功率级 (122);以及
基于所述偏移校正的内电阻和所述用户定义的功率级 (122) 输出电池功率传输性能预测 (128)。
3. 如权利要求 2 所述的方法,进一步包括:
接收不同于所述用户定义的功率级 (122) 的用户调整的功率级;以及
基于所述偏移校正的内电阻和所述用户调整的功率级输出更新的电池功率传输性能预测 (128)。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括直到所述电池 (102) 达到放电结束内电阻的剩余时间 (13)。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括直到所述电池 (102) 达到放电结束内电阻的车辆行驶距离 (132)。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括指示所述电池 (102) 是否能传输功率持续至少目标时间的电池健康状态 (134)。
7. 如权利要求 6 所述的方法,进一步包括:
接收用户定义的目标时间 (124);以及
基于所述用户定义的目标时间 (124) 调整所述电池健康状态 (134)。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述多个电池操作参数包括操作电流 (106)、操作温度 (108)、观察的内电阻 (110) 和充电状态 (112)。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其中检索所述选择的放电周期的所述多个电池操作参数 (106、108、110、112) 包括实时接收指示所述多个电池操作参数 (106、108、110、112) 的多个传感器信号,以及在当前放电周期期间实时更新所述电池功率传输性能预测 (128)。
10. 如权利要求 1 所述的方法,其中检索所述选择的放电周期的所述多个电池操作参数 (106、108、110、112) 包括在下一个放电周期之前检索从前一个放电周期存储的所述多个电池操作参数 (106、108、110、112),且所述电池功率传输性能预测 (128) 应用到所述下一个放电周期。
11. 一种用于预测电池 (102) 的功率传输性能的方法,包括:
接收用户定义的功率级 (122);
实时检索当前放电周期的多个电池操作参数 (106、108、110、112);
计算指示所述电池 (102) 的建模的内电阻 (118) 和从先于所述当前放电周期的所述电池的校准放电周期生成的观察的内电阻 (116) 之间的差别的偏移 (114);以及
在所述当前放电周期期间,基于指示基于所述多个电池操作参数 (106、108、110、112) 的建模的内电阻和所述偏移 (114) 的差别的偏移校正的内电阻 (118) 和所述用户定义的功

率级 (122) 输出电池功率传输性能预测 (128)。

12. 如权利要求 11 所述的方法,进一步包括:

接收不同于所述用户定义的功率级 (122) 的用户调整的功率级;以及
基于所述偏移校正的内电阻和所述用户调整的功率级输出更新的电池功率传输性能预测 (128)。

13. 如权利要求 11 所述的方法,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括直到所述电池 (102) 达到放电结束内电阻的剩余时间 (130)。

14. 如权利要求 11 所述的方法,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括直到所述电池 (102) 达到放电结束内电阻的距离 (132)。

15. 如权利要求 11 所述的方法,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括指示所述电池 (102) 是否能传输功率持续至少目标时间的电池健康状态 (134)。

16. 如权利要求 11 所述的方法,其中当没有全放电周期的出现的放电周期的周期计数小于放电周期阈值时,所述校准放电周期是全放电周期,而当没有全放电周期的出现的放电周期的周期计数大于所述放电周期阈值时,所述校准放电周期是部分放电周期。

17. 一种电池管理系统 (100),包括:

电池 (102);

多个电池传感器 (104),其可操作以传送指示多个电池操作参数 (106、108、110、112) 的多个传感器信号到预测电路 (120);

所述预测电路在离线模式下可操作,以检索来自前一个放电周期的多个存储的电池操作参数,计算指示所述电池 (102) 的建模的内电阻 (118) 和从先于所述前一个放电周期的所述电池的校准放电周期生成的观察的内电阻之间的差别的偏移 (114),以及基于指示基于所述多个存储的电池操作参数的建模的内电阻 (118) 和所述偏移 (114) 之间差别的偏移校正的内电阻输出电池功率传输性能预测 (128),所述电池功率传输性能预测 (128) 可应用到下一个放电周期;并且所述预测电路 (120) 在当前放电周期期间、在线模式下可操作,以接收指示所述多个电池操作参数 (106、108、110、112) 的所述多个电池传感器信号,计算指示所述电池 (102) 的建模的内电阻 (118) 和从先于所述当前放电周期的所述电池的校准放电周期生成的观察的内电阻之间的差别的偏移 (114),和基于指示基于所述当前放电周期的所述多个电池操作参数 (106、108、110、112) 的建模的内电阻 (118) 和所述偏移 (114) 之间差别的偏移校正的内电阻输出电池功率传输性能预测 (128),所述电池功率传输性能预测 (128) 可应用到所述当前放电周期;以及

显示设备 (126),其可操作以接收来自所述预测电路 (120) 的所述功率传输性能预测 (128) 并显示所述电池功率传输性能预测 (128)。

18. 如权利要求 17 所述的电池管理系统,其中所述预测电路 (120) 可操作以接收用户定义的功率级 (122) 并基于所述偏移校正的内电阻和所述用户定义的功率级 (122) 输出电池功率传输性能预测 (128)。

19. 如权利要求 17 所述的电池管理系统,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括指示所述电池 (102) 是否能传输功率持续至少目标时间的电池健康状态 (134),以及所述预测电路可操作以接收用户定义的目标时间 (124),并基于所述用户定义的目标时间调整所述电池健康状态。

20. 如权利要求 17 所述的电池管理系统,其中所述电池功率传输性能预测 (128) 包括直到所述电池 (102) 达到放电结束内电阻的剩余时间 (130),直到所述电池 (102) 达到放电结束内电阻的距离 (132),以及指示所述电池是否能够传输功率持续至少目标时间的电池健康状态 (134)。

用于预测电池功率传输性能的系统和方法

技术领域

[0001] 本文公开的主题涉及预测电池的功率传输 (power delivery) 性能。

背景技术

[0002] 多种功率应用需要可靠的电池操作和操作期间准确的监测。例如,当主电源停止提供功率(例如,由于故障)时,不间断功率供立(UPS)为诸如计算设备或电信设备的负载提供备用的功率。UPS 电池充电状态的准确监测便于用户适当存储信息和在 UPS 达到放电结束前关闭设备。作为另一个示例,车辆电池提供功率以推动电动车辆。车辆电池充电状态的准确监测为电动车辆的操作者提供在停车以为车辆电池充电前他们能驱动电动车辆多久的指示。

[0003] 在一种方法中,电池系统提供基于充电状态(SOC)或电压的电池状态指示器。在另一种方法中,电池系统在使用前的离线测试中通过使电池的电容和原始电阻相关来尝试跟踪功率传输。在又一种方法中,电池状态的指示从计数放电周期或充电吞吐量来推导,并基于标准化负载测试上的电池先验测试在相对健康退化上报告。

发明内容

[0004] 然而,本发明人在此已经识别与上述方法有关的问题。例如,这些方法没有确定在特定负载周期下电池可使用的时间。例如,在轻加载的条件期间,电池能比在高加载的功率水平处使用更长的持续时间。相应地,电池在功率系统中通常未充分利用以避免故障,或电池系统不得不定期测试以检查其是否仍然能提供足够的备份运行时间。作为另一个示例,这些方法提供基于先验测试的电池状态指示且不能提供解释电池行为差异(诸如,由于老化)的测试的任何动态更新。

[0005] 在一个实施例中,一种用于预测电池功率传输性能的方法,包含检索选择的放电周期的多个电池操作参数;计算指示电池的建模的内电阻和选择的放电周期之前的电池的校准放电周期生成的观测的内电阻之间的差别的偏移;以及基于偏移校正的内电阻输出功率传输性能预测,该偏移校正的内电阻指示基于多个电池操作参数的建模的内电阻和偏移之间的差别。

[0006] 通过构建包括过去行为和内电阻表征的电池使用数据的模型,电池功率传输性能预测精确性可提高。另外,通过应用从最近电池行为推导的偏移来动态更新该模型,电池功率传输性能预测的准确性可被保持,即使在电池行为诸如因为老化而改变时。

[0007] 提供本简要描述以介绍本文进一步描述的简化形式的概念选择。本简要描述无意于识别所要求保护主题的关键特征或必要特征,也无意于用来限定所要求保护的的主题的范围。而且,所要求保护主题不限于解决在这个公开的任何部分中提到的任何或所有缺点的实现。同样,本发明人承认任何识别的问题和对应的解决方案。

附图说明

[0008] 本发明将通过阅读结合附图的下文的非限制性实施例而更好地理解,在以下附图中:

[0009] 图 1 是示出本公开的电池管理系统的实施例的示意图。

[0010] 图 2 是用于预测电池的功率传输性能的在线方法的一个实施例的流程图。

[0011] 图 3 是用于预测电池功率传输性能的离线方法的一个实施例的流程图。

[0012] 图 4 是用于选择校准电池功率传输性能预测模型的放电周期的方法的一个实施例的流程图。

具体实施方式

[0013] 本描述涉及用于预测电池的功率传输性能的系统和方法。更特别地,功率传输性能预测通过建模和动态更新来自功率放电周期路径的内电阻特性来实现。该内电阻特性相对放电状态(例如,以安培小时测量)建模。根据操作条件,内电阻相对充电状态的模型或曲线自电池操作参数的观测测量值、全放电周期上的电池操作参数的先前存储值、或来自限制电池操作参数数据(例如,从部分放电周期收集)的外推而进行推导。建立在电池操作参数上的模型应用到在放电事件过程的近似不变的或可预测的功率放电率,以产生该电池的功率传输性能的精确预测。通过提供功率传输性能的预测,例如在该电池将到达放电结束之前电池运行时间或距离,用户被通知该电池的实际能力,而不是间接的度量,例如充电状态或放电周期数。

[0014] 而且,通过自从该电池的校准周期观测的内电阻推导的偏移来随时间更新电池行为的预测模型。该偏移补偿电池放电行为中由于老化的改变。通过以偏移更新模型,功率传输性能的预测可保持精确,即使在电池老化和放电行为改变时。

[0015] 在一些实现中,预测的功率传输性能的功率级被评估,同时最小可接受性能目标是用户定义或用户可调整的。换句话说,不同用户可以选择调整以瓦计的功率流率,而不是一直使用最大功率额定。相应地,不同用户可调谐该电池管理系统以提供功率传输性能预测,其满足他们的特定需要。例如,第一用户设定运行时间目标在历史平均功率流处的 10 分钟,同时第二用户设定运行时间目标在全额定功率流处的 14 分钟。对于每一个用户定义的目标和功率流,不同地评估功率传输性能预测以考虑用户定义的输入。相应地,对于多种应用和用户合适的电池利用能以简单和动态方式获得。相反,没有用户可调整输入的系统将需要在不同速率或时间重复负载测试每个电池,以确定可接受行为而获得合适应用。

[0016] 本文描述的电池管理系统和方法提供了可编程的和灵活的电池功率传输性能预测器,以减少电池未充分利用和减少离线或特定测试。此外,这些电池管理系统和方法提供一种取决于用户定义的负载动态的电池健康状态(SOH)的精确指示,用户定义的负载动态解释了最近电池退化且对用户特定使用寿命结束规定是灵活的。

[0017] 图 1 是示出本公开的电池管理系统 100 的实施例的示意图。该电池管理系统 100 耦合到电池 102 来监测电池性能以保证该电池在合适操作边界内操作。该电池管理系统 100 包括多个电池传感器 104、预测电路 120 和显示设备 126。

[0018] 多个电池传感器 104 耦合到电池 102 或位于电池 102 上。多个电池传感器 104 包括观察电池 102 的操作参数的任何合适设备或配置。电池传感器可以实现的非限制性示例包括电表、伏特计、欧姆计、热电偶等。多个电池传感器 104 发送指示电池操作参数的传感

器信号到预测电路 120。在附图的实现中,多个电池传感器 104 发送电流信号 106、温度信号 108、内电阻信号 110 和充电状态或安培小时放电信号 112 到预测电路 120。

[0019] 预测电路 120 可操作以接收来自多个电池传感器 104 的传感器信号 106、108、110 和 112 和基于对应于该传感器信号的操作参数实现算法来建立描述电池内电阻和充电状态(安培小时放电)间关系的数学模型 118。该算法基于来自新鲜电池放电周期串的实验室内测试结果。该模型在放电周期期间用以预测电池功率传输性能(例如,到放电结束的电池运行时间能力),其称为在在线模式中操作。预测电路 120 在放电周期期间在在线模式中操作,并在整个放电周期中周期地更新功率传输性能预测。例如,预测电路 120 每 5 秒接收来自多个传感器 104 的传感器信号和相应地更新功率传输性能的预测。

[0020] 预测电路 120 存储电池 102 的以前电池放电周期的放电周期映射 116。每一个放电周期映射 116 包括从多个传感器 104 接收对于该放电周期的持续时间的操作参数的映射。在一些情况中,放电周期是电池的部分放电且部分映射或曲线由在该部分放电周期期间接收的操作参数生成。在一些情况中,放电周期是电池的全放电且全映射或曲线由在该全放电周期期间接收的操作参数生成。

[0021] 由于该内电阻模型 118 基于新鲜电池的放电周期的先验测试,随着时间当电池 102 老化时,观察的放电周期映射偏离从该内电阻模型 118 生成的预测。为了补偿这个偏离,预测电路 120 计算应用到该内电阻模型 118 的的偏移 114,以保持内电阻模型 118 和观察的放电周期映射 116 之间的预测准确性。预测电路 120 通过应用来自校准放电周期的操作参数到内电阻模型 118 来计算偏移 114。该校准放电周期是选自该放电周期映射 116 的最近放电周期。该校准放电周期精确代表最近电池行为。在一些示例中,该校准周期是部分放电周期。在一些情况中,该校准放电周期是全放电周期。校准放电周期选择的示例将在下面参考图 4 作进一步详细的讨论。

[0022] 该偏移 114 是电池 102 的建模的内电阻和由该电池的校准放电周期生成的观察的内电阻间的差别的指示。当在在线模式中操作时,预测电路 120 应用该偏移 114 到通过基于该当前放电周期的操作参数的该内电阻模型 118 生成的建模的内电阻。预测电路 120 基于偏移校正的内电阻输出电池功率传输性能预测 128 到显示装置 126。该偏移校正的内电阻是基于该当前放电周期的多个电池操作参数的建模的内电阻和该偏移间的差别的指示。在在线模式中,该电池功率传输性能预测 128 可应用到该当前放电周期。

[0023] 在一些实现中,当该电池在放电周期中当前未操作时,预测电路 120 在离线模式中可操作地提供下一放电周期的电池 102 的功率传输性能的瞬间预测。在离线模式中,预测电路 120 通过选择该放电周期映射 116 之一从前一个放电周期中检索多个存储的电池操作参数。在一些实现中,该存储的电池操作参数从大部分最近放电周期中检索。在一些实现中,该存储电池操作参数从最近全放电周期或电池放电超过阈值充电状态(例如,安培小时放电的阈值量)的放电周期中检索。预测电路 120 从电池 102 的校准放电周期以与在线操作同样方式计算偏移 114。预测电路 120 应用偏移 114 到通过基于来自选择的放电周期映射中存储的操作参数的该内电阻模型 118 生成的建模的内电阻。预测电路 120 基于偏移校正的内电阻输出电池功率传输性能预测 128 到显示设备 126。该偏移校正的内电阻指示基于来自选择的放电周期映射的多个存储的电池操作参数的建模的内电阻和偏移间的差别。在离线模式中,该电池功率传输性能预测 128 可应用到下一放电周期。

[0024] 在一些实现中,预测电路 120 是用户以该功率传输性能预测被评估的方式可编程或可调整的。换句话说,该功率传输性能预测可调整来满足被用户定义的不同应用的需要。特别地,预测电路 120 可操作以接收用户定义的功率级 122。该用户定义的功率级 122 是电池 102 假设在为放电周期应用到该内电阻模型 118 的剩余部分操作的功率级。例如,用户定义的功率级可被设定在全速率或最大功率级。另一示例,用户定义的功率级可被设定在平均或部分功率级。预测电路 120 基于该偏移校正的内电阻和该用户定义的功率级 122 输出电池功率传输性能预测 128 到显示设备 126。在一些实现中,用户定义的功率级 122 编程到预测电路 120 中并存储在存储器中。在一些实现中,用户定义的功率级 122 从远程存储位置接收,例如从另一计算设备。在一些实施例中,用户定义的功率级 122 是用户可调整的且功率传输性能预测 128 被调整以响应于接收用户调整的功率级。

[0025] 在一些实现中,预测电路 120 可操作以接收用户定义的目标时间 124(或目标距离)。该用户定义的目标时间 124 是最小可接受运行时间的容限以为特定应用定义电池健康状态。例如,一种应用的用户定义的目标时间可设定为最小 10 分钟在平均功率流速率。在另一示例,不同应用的用户定义的目标时间可设定为最小 14 分钟在全额定功率流。作为又一个示例,用户定义的目标距离可被设定为最小 10 米在平均功率流速率。本例可被应用到机动车辆。随着输出电池健康状态为该功率传输性能预测 128 的一部分,该预测电路可考虑到该用户定义的目标时间 124。相应地,预测电路 120 调整该电池健康状态响应于用户定义的目标时间的调整。相应地,该功率传输性能预测可被用户调整来满足特定应用的需要。另外,该预测可通过用户调整来动态调谐,以补偿该电池应用中的变化。

[0026] 在一些实现中,预测电路 120 可通过计算设备执行的软件来实现,计算设备例如包括处理器和存储器的微控制器。在一些实现中,预测电路 120 被实施为一个或多个硬件或固件逻辑机器配置以执行硬件或固件指令。在一些实现中,预测电路 120 被实现为硬件和软件的组合。

[0027] 显示设备 126 展示从预测电路 120 接收的功率传输性能预测 128 的可视表现。显示设备 126 利用实质上任何类型的显示技术。该显示设备 126 可操作显示该电池功率传输性能预测 128。在一些实现中,该电池功率传输性能预测 128 包括运行时间 130 或直到电池 102 达到放电结束内电阻的剩余时间。在一些实现中,电池功率传输性能预测 128 包括距离 130 直到该电池达到放电结束内电阻。例如,该距离 130 是机动车辆在预设功率速率的行驶距离(直到该电池达到放电结束内电阻)。在一些实现中,电池功率传输性能预测 128 包括指示该电池是否能够传输功率持续至少目标时间的电池健康状态(SOH) 132。例如,100% SOH 指示该电池能够传输功率持续至少该目标时间。作为另一示例,0% SOH 指示该电池不能持续该目标时间地传输期望的功率级。

[0028] 该内电阻模型 118 和用来预测电池的剩余放电时间的对应算法的特定示例于此描述。在这个示例中,这个模型(下面示出)基于由新鲜定电池类型的电池串得到的实验室测试结果在先开发得到。该模型被用于不同电池类型;然而数学变量可根据电池类型变化。

[0029] $Res = \exp(a1*Temp+b1*Ah-C1*Temp*Ah)$

[0030] 其中,Res 是该电池的该内电阻

[0031] Temp 是该电池的操作温度

[0032] Ah 是该当前放电过程期间电荷放电的量

[0033] a1、b1 和 c1 是为特定电池校准的电池管理系统特定变量。

[0034] 为了在实际寿命或非理想应用中的有效使用,该模型需要动态随时间动态更新供给电池退化及电池的特定特性。利用来自最近放电周期(称之为“校准放电周期”)的观察结果的动态更新方案在此描述。表 X(下面所示)展示校准放电周期的电阻相对安培小时映射。

[0035]

安培小时放电	电阻	平均电流	温度	剩余时间
Ax1	Rx1	Cx1	Tx1	Sx1
Ax2	Rx2	Cx2	Tx2	Sx2
Ax3	Rx3	Cx3	Tx3	Sx3
Ax4	Rx4	Cx4	Tx4	Sx4
Ax5	Rx5	Cx5	Tx5	Sx5

[0036] 表 x :来自校准周期的电阻相对 Ah 映射

[0037] 表 y(下面所示,假定为当前放电周期(为此示例的目的))展示电阻相对安培小时映射。放电到放电结束态后的电阻是 $R_{term} = Rx5$ 。注意存在该校准放电周期的结尾的电阻 ($Rx5$) 和当前放电周期的结尾的电阻 ($Ry5$) 间的差别。

[0038]

安培小时放电	电阻(欧姆)	平均电流	温度(摄氏度)	剩余时间(秒)
Ay1	Ry1	Cy1	Ty1	Sy1
Ay2	Ry2	Cy2	Ty2	Sy2
Ay3	Ry3	Cy3	Ty3	Sy3
Ay4	Ry4	Cy4	Ty4	Sy4
Ay5	Ry5	Cy5	Ty5	Sy5

[0039] 表 y :当前周期的电阻相对 Ah 映射

[0040] 该模型的目的是精确预测运行时间直到该电池放电结束。这样,为了补偿电池行为的变化,应用偏移到算法以具有基本匹配观察结果的建模的结果(在表的最后一列示出)。表 xx 示出来自应用该算法则到该校准放电周期的结果。最后一列示出在实际结果和模型预测间的偏移。这些偏移值被用于校正现在放电周期的预测。

[0041]

安培小时放电	放电结束电阻处的安培小时	偏移

Axx1	Rxx1	Oxx1
Axx2	Rxx2	Oxx2
Axx3	Rxx3	Oxx3

[0042]

Axx4	Rxx4	Oxx4
Axx5	Rxx5	Cxx5

[0043] 表 XX :校准周期 :偏移的计算

[0044] Ay1 的充电状态的计算将在此描述。从上述数学模型,能通过反转模型来求解 Ah_term 而获得 Ah_term :

[0045] $Ah_term = (\log_e(Res_term)+a1*Temp)/(c1*Temp)$

[0046] 来自表 x 中的值能插入到上述公式来求解 Ah_term。

[0047] $Ah_term = (\log_e(Rx5+a1*Tx1)/(c1*Tx15) = Rxx1$

[0048] Ah_term 已知为 Axx5,如从校准周期中观察到的。这样,该偏移(观察结果和建模的预测之间的差别)是 $Rxx1-Axx5 = Oxx1$ 。这个偏移归因于随时间的推移很大范围的电池退化。该偏移应用于数学模型来预测当前放电周期的运行时间。表 yy(下面所示)示出了来自该校准周期的偏移是如何提高本周期基于模型的预测的。

[0049]

安培小时放电	放电结束电阻处建模的和校正的安培小时之间的偏移	建模的剩余时间和实际剩余时间之间的偏移
Ayy1	1.7	0
Ayy2	1.8	0.1
Ayy3	2.1	0.2
Ayy4	2.2	0.2
Ayy5	2.4	0.3

[0050] 表 yy :预测达到放电结束电阻的剩余时间的当前周期

[0051] 该当前放电周期在充电状态的偏移校正的计算能通过将来自表 y 的值插入到上述公式来求解 Ah_term 而获得。从该校准周期的偏移应用于建模的当前周期的 Ah_term 来得到偏移校正的 Ah_term。最后,放电结束的估计时间被计算。

[0052] $(Ah_term-Ah_obs)/Current*Seconds = \text{剩余时间(例如,分钟)}$

[0053] 表 yy 的右边列的检查揭示基于算法的预测基本与它们观察(实际)的配对物(counterpart)一致。换句话说,通过应用该偏移到该建模的结果,预测精确性可被保持,即使当该电池行为改变时。

[0054] 图 2 是预测电池功率传输性能的在线方法 200 的一个实施例的流程图。例如该方法 200 可通过图 1 的该电池管理系统 100 在电池 102 的放电周期期间执行。在 202, 该方法 200 包括接收用户定义的输入。在一些实现中, 该用户定义的输入包括用户定义的功率级。在一些实现中, 该用户定义输入包括用户定义的目标时间。在一些实现中, 该用户定义的输入包括用户定义的目标距离。

[0055] 在 204, 该方法 200 包括基于该用户定义的输入设定预测阈值。该预测阈值定义该预测功率传输性能在该内电阻模型中如何评估。例如, 该预测阈值定义预测运行时间在哪个功率级评估。此外, 设定该预测阈值包括设定定义放电结束的该电池的内电阻值。

[0056] 在 206, 该方法 200 包括检索观察操作参数。该电池操作参数对该电池的当前放电周期实时地进行检索。例如, 该电池操作时间包括操作电流、操作温度、观察的内电阻和充电状态。该观察电池操作参数从电池传感器、对整个当前放电周期进行检索。例如, 传感器信号在当前放电周期中每 5 秒从电池传感器中接收。

[0057] 在 208, 该方法 200 包括计算内电阻偏移。该内电阻偏移是该电池的建模的内电阻和从该电池的校准放电周期中生成的观察的内电阻之间的差别的指示。该建模的内电阻是该电池的充电状态和温度的函数。该建模的内电阻从新鲜电池的放电周期推导, 同时该校准放电周期是该电池由于老化的放电行为的指示。该偏移应用于该当前放电周期来补偿该建模的内电阻和观察的内电阻间的差别。

[0058] 在 210, 该方法 200 包括计算对于当前电池放电周期的、偏移校正的放电结束充电状态预测。该放电结束充电状态通过反转解决放电结束充电状态的内电阻模型来预测。特别地, 该放电结束充电状态是该电池的放电结束内电阻和该偏移的差别和该温度的函数。

[0059] 在 212, 该方法 200 包括基于当前放电周期期间实时的用户定义的输入和偏移校正的内电阻, 来输出电池功率传输性能预测。该偏移校正的内电阻是基于来自该当前放电周期的多个电池操作参数的建模的内电阻和该偏移间差别的指示。该功率传输性能预测可包括运行时间、距离或健康状态的一个或多个。

[0060] 在 214, 该方法 200 包括接收用户调整的输入。该用户调整的输入可包括功率级和最小运行时间阈值。该用户调整的输入不同于该用户定义的输入。

[0061] 在 216, 该方法 200 包括基于当前放电周期期间实时的用户调整的输入和偏移校正的内电阻, 来输出电池功率传输性能预测。

[0062] 在 218, 该方法 200 包括确定该电池在该当前放电周期中是否正在放电。例如, 确定基于该电池的内电阻是否达到放电结束内电阻。如果该电池仍然放电, 该方法转到 206。否则, 该方法回到其他操作。

[0063] 图 3 是预测电池功率传输性能的离线方法 300 的一个实施例的流程图。例如该方法 300 可通过图 1 的该电池管理系统 100 在电池 102 的放电周期之间执行。在 302, 该方法 300 包括接收用户定义的输入。在 304, 该方法 300 包括基于该用户定义的输入设定预测阈值。

[0064] 在 306, 该方法 300 包括检索来自选择的前一个放电周期的存储的电池操作参数。例如, 该电池操作参数可从最近放电周期中存储。作为另一个示例, 该电池操作参数可以从最近全放电周期中存储。

[0065] 在 308, 该方法 300 包括计算内电阻偏移。该内电阻偏移是该电池的建模的内电阻

和从该电池的校准放电周期中生成的观察的内电阻之间的差别的指示。该建模的内电阻是该电池的充电状态和温度的函数。该建模的内电阻从新鲜电池的放电周期推导得,同时该校准放电周期是该电池由于老化的放电行为的指示。该偏移应用于该选择的前一个放电周期以补偿该建模的内电阻和观察的内电阻间的差别。

[0066] 在 310,该方法 300 包括计算下一个电池放电周期的偏移校正的放电结束充电状态预测。该放电结束充电状态通过反转解决放电结束充电状态的内电阻模型来预测。特别地,该放电结束充电状态是放电结束内电阻和偏移的差别和电池的温度的函数。

[0067] 在 312,该方法 300 包括基于该偏移校正的内电阻和该用户定义的输入,来输出电池功率传输性能预测。该偏移校正的内电阻是基于来自该当前放电周期的多个电池操作参数的建模的内电阻和该偏移间差别的指示。该功率传输性能预测可包括运行时间、距离或健康状态的一个或多个。

[0068] 在 314,该方法 300 包括接收用户调整的输入。该用户调整的输入可包括功率级和最小运行时间阈值。该用户调整的输入不同于该用户定义的输入。

[0069] 在 316,该方法 300 包括基于该偏移校正的内电阻和该用户调整的输入,来输出电池功率传输性能预测。

[0070] 上述方法可用来预测电池放电周期(即,在线)时电池功率传输性能或预测下一个电池放电周期(即,离线)时的电池功率传输性能。在两个方法中,通过更新描述电池内电阻和带有来自该电池的最近观察操作参数的偏移的充电状态之间的关系的模型,该功率传输性能预测的精确性即使在该电池老化时也被保持。此外通过基于用户定义的输入调整该电池功率传输性能预测,该预测调谐为特定应用和用户需要。

[0071] 图 4 是选择校准电池功率传输性能预测模型的放电周期的方法 400 的一个实施例的流程图。例如该方法 400 可通过图 1 的电池管理系统 100 来执行。在 402,该方法 400 包括对当前放电周期检索观察操作参数。该观察操作参数从电池传感器中以传感器信号的形式检索。该电池操作参数包括操作电流、操作温度、观察的内电阻和充电状态。

[0072] 在 404,该方法 400 包括基于该操作参数确定该当前放电周期是否是全放电周期。例如,该确定基于该内电阻是否达到放电结束内电阻来作出。如果当前放电周期确定为全放电周期,该方法移到 406。否则,该方法移到 410。

[0073] 在 406,该方法 400 包括基于当前周期校准模型偏移。换句话说,当前周期选择为用来推导偏移的校准周期,因为当前周期是全放电周期。该电池的全放电提供该内电阻对充电状态的关系的更多完整映射,其结果是电池行为更精确预测。

[0074] 在 408,该方法 400 包括使周期计数等于零。该周期计数跟踪发生在全电池放电周期之间的放电周期数。

[0075] 在 410,该方法 400 包括确定该周期计数是否小于周期计数阈值。该周期计数阈值可设定为在该模型生成与观察预测相差特定容限的功率传输性能预测前的任何合适的放电周期数。例如,周期计数阈值可设定为 200 放电周期。如果该周期计数确定为小于该周期计数阈值,该方法移到 412。否则,该方法移到 416。

[0076] 在 412,该方法 400 包括忽略当前周期作为校准周期。换句话说该当前周期仅为部分放电周期和不提供内电阻和充电状态之间当前关系的最完整映射,故当前周期被忽略而支持以前存储的放电周期。

[0077] 在 414, 该方法 400 包括增加该周期计数和返回 402。

[0078] 在 416, 该方法 400 包括基于当前放电周期校准模型偏移。该当前放电周期可用来生成该偏移, 尽管它是部分放电周期, 因为该模型需要更新以跟踪电池的当前行为。尽管该部分放电周期提供小于操作参数的全映射。可使用操作参数来提供如下偏移, 其将在电池行为相对未提供偏移以补偿电池行为中的变化的模型发生变化时, 提高预测准确性。

[0079] 在 418, 该方法包括设定该周期计数等于零和返回 402。

[0080] 本书面描述使用示例来公开包括最佳模式的本发明, 并且还使相关领域普通技术人员能实践本发明, 包括制作和使用任何装置或系统及执行任何结合的方法。本发明可取得专利的范围由权利要求定义, 且可包括本领域普通技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例具有与权利要求字面语言无不同的结构要素, 或者如果它们包括与权利要求字面语言无实质不同的等效结构要素, 则它们规定为在权利要求的范围之内。

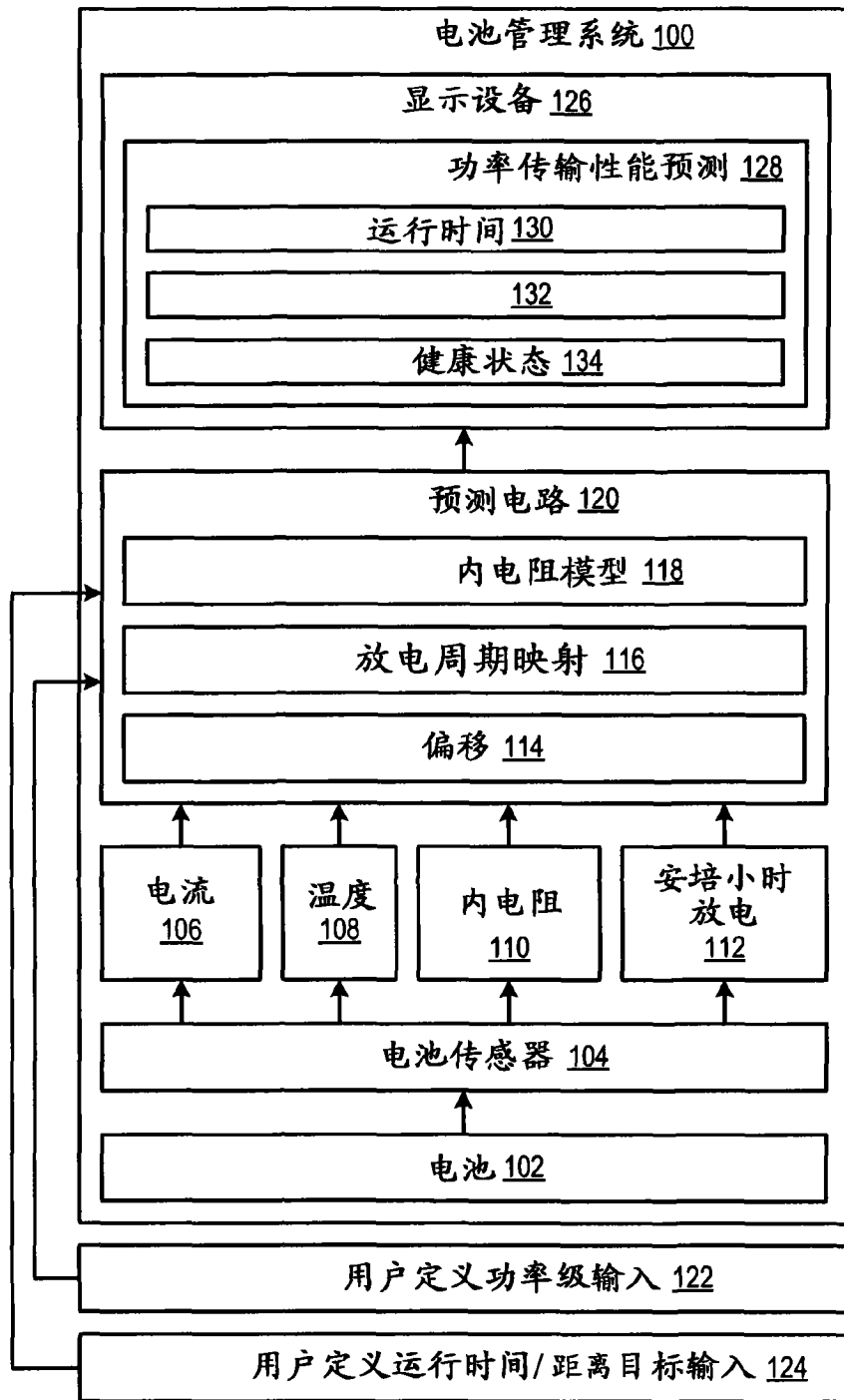


图 1

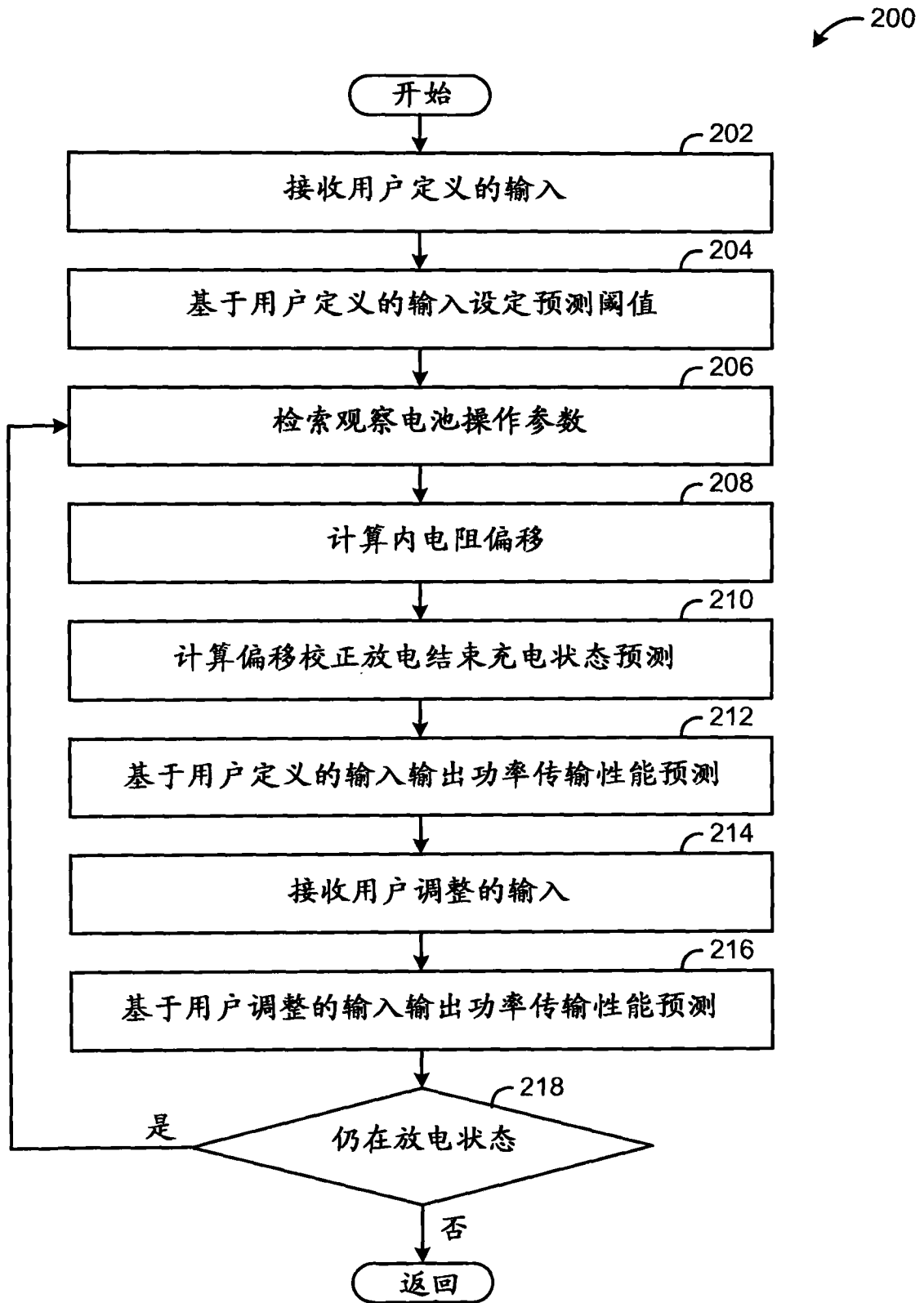


图 2

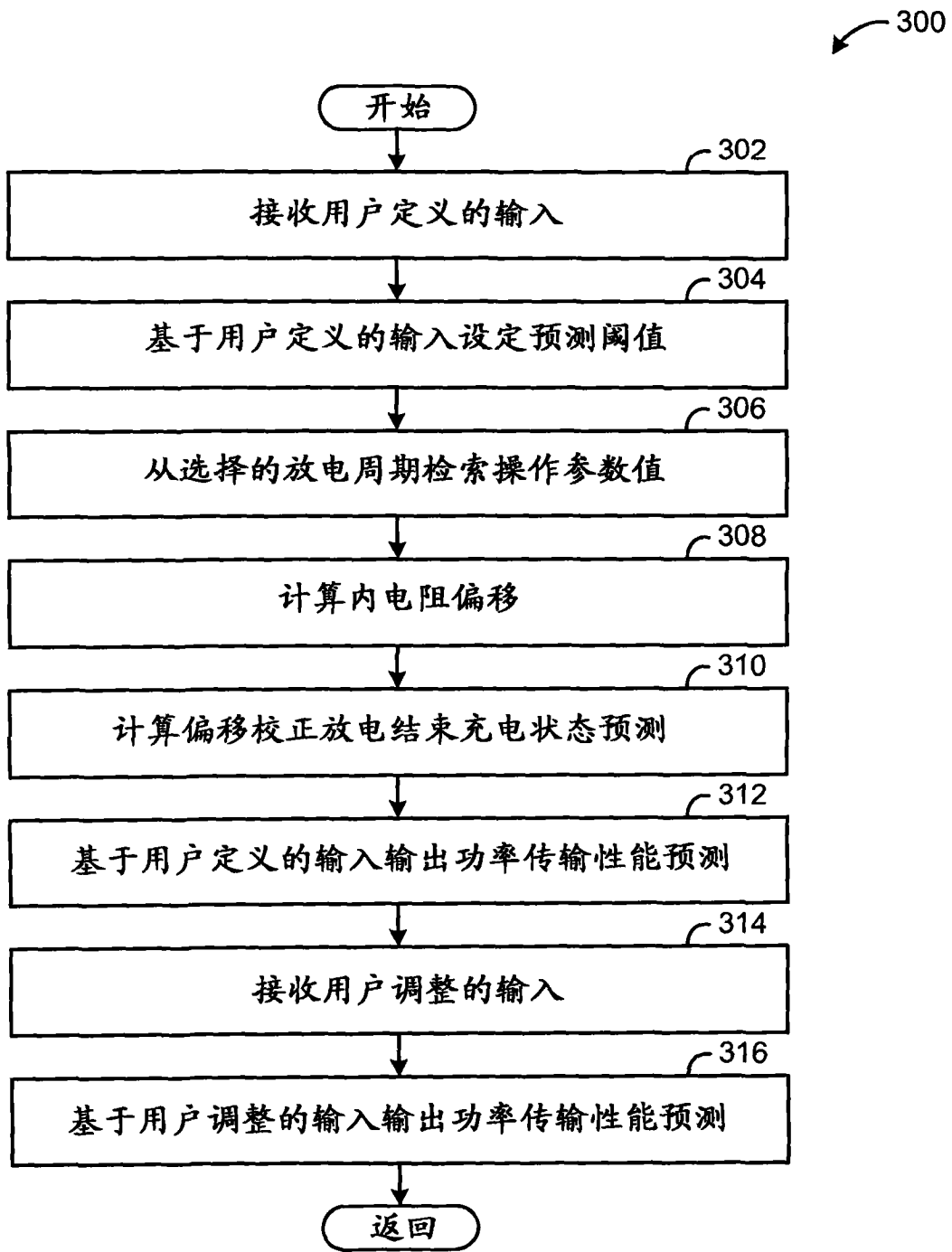


图 3

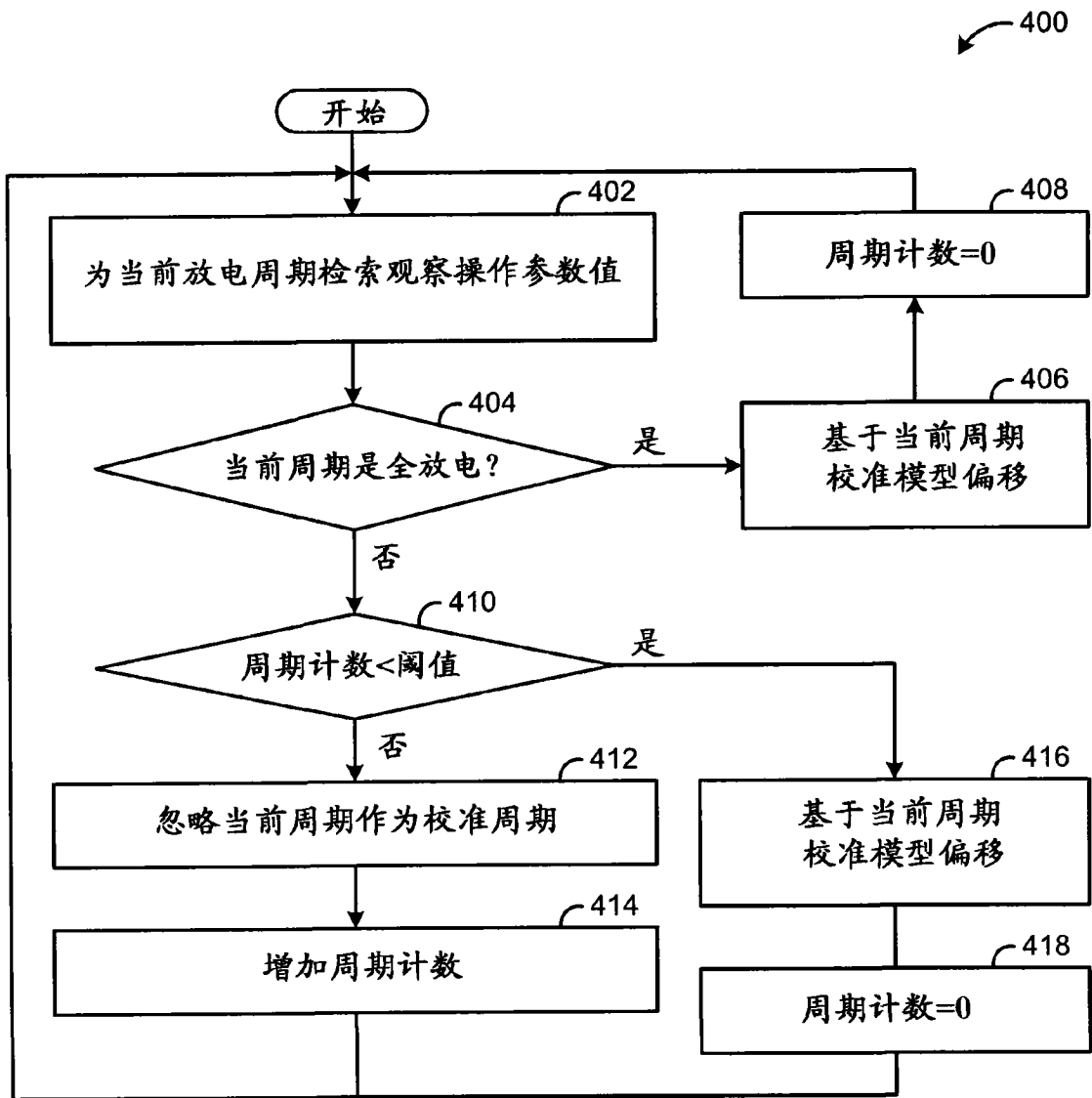


图 4