



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102540089 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201110386847. 4

(22) 申请日 2011. 11. 29

(30) 优先权数据

12/955, 288 2010. 11. 29 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 X. 唐 Y. 张 A.C. 鲍赫曼

B.J. 科克 J. 林 D.R. 福里什

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 葛青

(51) Int. Cl.

G01R 31/36(2006. 01)

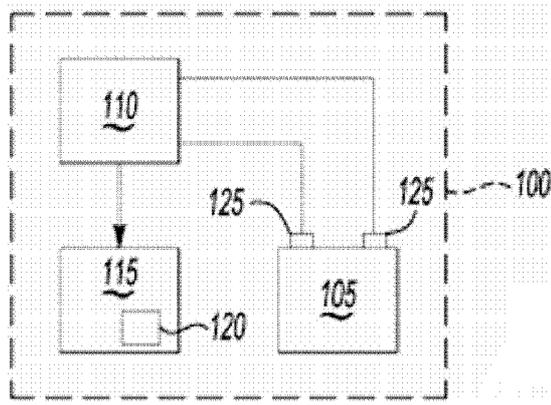
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

动态电池容量估计

(57) 摘要

一种实时确定电池的健康状态的方法, 包括估计与电池的健康状态相关联的参数值和确定电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个。该方法进一步包括至少部分地基于估计的参数值和电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个经由计算设备确定电池的储备容量。



1. 一种实时确定电池的健康状态的方法,该方法包括:  
估计与电池的健康状态相关联的参数值;  
确定电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个;和  
至少部分地基于估计的参数值和电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个,经由计算设备实时确定电池的储备容量。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述确定储备容量包括:  
确定开路电压随时间的改变,其中该开路电压从端子电压导出;  
确定电池的充电状态随时间的改变;和  
至少部分地基于开路电压中的改变、充电状态中的改变和所述参数值来确定储备容量。
3. 如权利要求 2 所述的方法,其中所述确定储备容量包括识别开路电压中的改变和电池的充电状态中的改变之间的关系。
4. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:  
基于电池的端子电压、端子电流、充电状态和温度中的一个或多个确定信号激励水平;  
将该信号激励水平与预定阈值比较;和  
如果该信号激励水平高于预定阈值,更新参数值。
5. 如权利要求 4 所述的方法,还包括储存估计的参数值和更新的参数值中的至少一个于储存装置中。
6. 如权利要求 4 所述的方法,其中所述更新参数值包括:  
设定初始参数值;和  
经由计算设备应用递归最小二乘法至初始参数值。
7. 一种车辆,包括:  
电池;  
至少一个传感器,其被配置为测量电池的端子电压、端子电流、和温度中的至少一个;  
和  
计算设备,其与该至少一个传感器通讯且被配置为确定电池的累计充电、充电状态、和与电池的健康状态相关联的参数值;  
其中计算设备被进一步配置为至少部分地基于所述参数值和电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个,实时确定电池的储备容量。
8. 如权利要求 7 所述的车辆,其中计算设备被配置为根据端子电压确定开路电压随时间的改变,确定电池的充电状态随时间的改变,和至少部分地基于开路电压中的改变、充电状态中的改变和所述参数值来确定储备容量。
9. 如权利要求 7 所述的车辆,其中计算设备被配置为基于电池的被测端子电压、被测端子电流、被确定的充电状态和被测温度中的一个或多个来确定信号激励水平,且其中计算设备进一步被配置为将该信号激励水平与预定阈值比较,和如果该信号激励水平高于预定阈值则更新参数值。
10. 如权利要求 7 所述的车辆,其中计算设备被配置为通过设定初始参数值和应用递归最小二乘法至该初始参数值来估计所述参数值。

## 动态电池容量估计

### 技术领域

[0001] 本披露内容涉及动态电池容量估计过程。

### 背景技术

[0002] 一些乘客和商用车辆使用电池来给电子部件供电。在混合动力车辆中,一个或多个电池可被用于提供电能至马达,该马达提供推动车辆的扭矩。车辆中的各个控制模块的运行可依赖于电池充电状态(例如,电池相对于储备容量的残留容量)。而且,车辆的驾驶员可能希望知道在电池必须被在充电前车辆可被使用多长时间。

### 发明内容

[0003] 一种实时确定电池的健康状态的示例性方法包括估计与电池的健康状态相关联的参数值和确定电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个。该方法进一步包括至少部分地基于估计的参数值和电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个经由计算设备实时确定电池的储备容量。该方法可被例如车辆中的计算设备执行。

[0004] 示例性车辆包括电池、至少一个传感器、和计算设备。该传感器被配置为测量电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个。计算设备被配置为确定电池的充电状态和与电池的健康状态相关联的参数值,以及至少部分地基于参数值和电池的端子电压、累计充电、充电状态和温度中的一个或多个实时地确定电池的储备容量。

### 附图说明

[0005] 图 1 是车辆的示意图,其具有配置为确定电池储备容量的计算设备;

[0006] 图 2 示出了示例性电池的典型电路,其可被用于图 1 的车辆中;

[0007] 图 3 示出了可被图 1 的计算设备使用以产生表示电池的储备容量的的信号的过程的示例性流程图;

[0008] 图 4 示出了可被计算设备在图 3 中示出的过程中使用以确定储备容量的过程的示例性流程图;

[0009] 图 5 示出了可被计算设备在图 3 中示出的过程中使用以更新参数值的过程的示例性流程图。

### 具体实施方式

[0010] 图 1 示出了车辆 100,其具有配置为实时预测电池的储备容量的计算设备。车辆 100 可采取许多不同形式且包括多个和/或替换的部件和设备。虽然车辆 100 被示出于附图中,但是这些附图中示出的部件不是限制性的。实际上,附加的或替换的部件和/或应用可被使用。

[0011] 如图 1 所示,车辆 100 可包括电池 105,一个或多个传感器 110,计算设备 115 和储

存装置 120。车辆 100 可以是任意乘客或商用汽车,例如混合动力车辆,其包括插入式混合动力车辆 (PHEV) 或增程式混合动力车辆 (EREV),燃气动力车辆、电池混合动力车辆 (BEV) 等。

[0012] 电池 105 可包括任意设备,其被配置为储存和提供电能至车辆 100 中的一个或多个电子部件。例如,电池 105 可包括一个或多个电芯,其将储存的化学能转换为电能。电池 105 的电芯可通过施加电流 (其将电芯中的化学反应逆转,所述化学反应在电池 105 提供电能时发生) 而被充电。在一个可能的方案中,电池 105 可包括锂离子电池组。而且,电池 105 可包括多个端子,以提供电能至车辆 100 中的一个或多个电子部件。

[0013] 如下详述,电池 105 可具有一个或多个与电池 105 的健康状态相关联的参数值。健康状态可包括表示电池 105 相对于电池 105 的理想运行状况的状况的量。由此,健康状态可被用于确定电池 105 的剩余寿命。参数值可以是一些量,其被用于估计或导出健康状态。另一量,称为充电状态,可指示电池 105 的相对于电池 105 的储备容量的残留 (例如剩余) 容量。由此,充电状态可指示在电池 105 必须被再充电前还可提供多少电能。

[0014] 传感器 110 可包括任意设备,其配置为测量电池 105 的端子电压、累计充电、或温度,以及产生表示这些被测量特性的一个或多个信号。虽然仅一个传感器 110 被示出,车辆 100 可包括任意数量的传感器 110。例如,一个传感器可被用于测量端子电压,另一个传感器可被用于测量累计充电,且不同的传感器可被用于测量温度。

[0015] 为了测量端子电压,传感器 110 可包括数字或模拟电压计,其被配置为测量跨电池 105 的端子 125 的电势的差异。可替换地,传感器 110 可被配置为基于一些因素估计或导出跨端子 125 的电压,该因素例如是电池 105 的电流输出、电池 105 的温度、和电池 105 中的部件的电阻。电压计可被配置为产生和输出信号,该信号代表跨端子 125 的电势 (例如端子电压)。为了测量累计充电,传感器 110 可包括任意设备,其被配置为测量电流 (例如直流) 和产生代表被测量电流的大小的信号。累计充电可被从测量的端子电压导出。为了测量电池 105 的温度,传感器 110 可包括任意设备,其被配置为测量电池 105 的一个或多个位置处的热量的量 (所述位置包括电池 105 周围的环境空气),和产生代表被测量温度的最高、最低、平均和 / 或中位温度的一个或多个信号。

[0016] 计算设备 115 可包括任意一个或多个设备,其被配置为基于端子电压、累计充电、温度、充电状态与参数值之间的关系来确定储备容量。例如,计算设备 115 可被配置为利用和 / 或访问定义电池 105 的电压的表达式:用于示例目的的示例性表达式可如下:

$$[0017] \quad \Delta V(k) = \theta_1 I(k-1) \Delta t + \theta_2 \Delta V(k-1) + \theta_3 \Delta V(k-2) + \theta_4 \Delta I(k) + \theta_5 \Delta I(k-1) + \theta_6 \Delta I(k-2) \quad (1)$$

[0018] 其中  $V$  是端子电压,  $I$  是端子电流,  $k$  表示当前时间步骤,  $\Delta t$  是取样时间间隔,且  $V(k) = V(k) - V(k-1)$ ,  $I(k) = I(k) - I(k-1)$ ,且  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 、 $\theta_4$ 、 $\theta_5$  和  $\theta_6$  是模型参数,其可为温度、充电状态、包括储备容量的电池 105 的健康状态中的一个或多个的函数。

[0019] 计算设备 115 可被配置为估计或导出与电池 105 的健康状态相关联的一个或多个参数值,以及确定电池 105 的充电状态。在一个可能实施例中,计算设备 115 可被配置为由参数值、充电状态、端子电压、累计充电、温度或这些的组合来确定电池 105 的储备容量。

[0020] 例如,为了确定储备容量,计算设备 115 可被配置为确定开路电压在时间上的改变 (例如其可从端子电压在时间上的变化导出) 和电池 105 中的充电状态在时间上的改变。计算设备 115 可被配置为识别开路电压中的改变和充电状态中的改变之间的关系,或

该关系可被提前确定和储存于例如储存装置 120 中的查找表中。在一个可能方案中,开路电压中的改变和充电状态中的改变之间的关系可以是电池 105 的这些特性之间的比率。计算设备 115 可从查找表中访问开路电压中的改变对充电状态中的改变的比率,并结合参数值来确定储备容量。

[0021] 计算设备 115 可被配置为识别参数值可随电池 105 的状况的变化而变化。例如,参数值可随电池 105 老化而改变。这样,计算设备 115 可被配置为通过设定初始参数值(其可与最近使用的参数值相同),和通过应用车载估计/复原过程(例如至该初始参数值的递归最小二乘法(Recursive Least Squares procedure)),以更新参数值。其一实例在下面关于图 5 中示出的过程 500 进行描述。

[0022] 而且,计算设备 115 可被配置为识别电池 105 的运行条件可影响储备容量确定。因此,计算设备 115 可基于被测端子电压、导出的累积充电(例如从端子电流导出)、被测温度、充电状态等的任意组合来确定电池 105 的信号激励水平,和在确定电池 105 的储备容量之前将该信号激励水平与预定的值进行比较。如果信号激励水平低于预定值,计算设备 115 可被配置为在确定储备容量之前等待信号激励水平。一旦信号激励水平超过了预定值,计算设备 115 可被配置为继续以更新参数值和确定储备容量。

[0023] 一旦计算设备 115 已经确定电池 105 的储备容量,该计算设备 115 可进一步被配置为产生代表储备容量的信号和输出该信号至车辆 100 中的其他部件,例如控制模块。

[0024] 通常,计算设备 115 可使用任意数量的计算机操作系统且通常包括计算机可执行指令。计算机可执行指令可被计算设备 115 使用的处理器执行。计算机可执行指令可由利用各个编程语言和/或技术(包括但不限于 Java™, C, C++, Visual Basic, Java Script, Perl 等中的一个或其组合)建立的计算机程序汇编或翻译。通常,处理器(例如微处理器)接收指令,例如从储存器、计算机可读介质等,且执行这些指令,由此进行一个或多个过程,包括这里所述的一个或多个过程。这些指令和其他数据可被利用各种已知的计算机可读介质储存和传输。

[0025] 计算机可读介质(也称为处理器可读介质)包括任意非瞬时性(例如有形的)介质,其参与提供数据(例如指令),该数据可被计算机(例如通过计算机的处理器)读取。这种介质可采取许多形式,包括但不限于非易失性介质和易失性介质。非易失性介质可包括,例如光盘或磁盘和其他永久储存器。易失性介质可包括,例如动态随机访问储存器(DRAM),其可构成主储存器。这种指令可被一个或多个传输介质传输,包括同轴电缆、铜线和光纤,包括构成连接到计算机的处理器器的系统总线的电线。计算机可读介质的通常形式包括,例如软盘、柔性盘、硬盘、磁带、任意其他磁性介质、CD-ROM、DVD、任意其他光学介质、穿孔卡、纸带、任意其他物理介质(具有孔的样式)、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EEPROM、任意其他储存芯片或盒、或计算机可从其读取的其他介质。

[0026] 储存装置 120 可包括任意设备,其被配置为储存电子形式的信息,和提供该信息至车辆 100 中的一个或多个电子设备,包括计算设备 115 和车辆 100 中使用的任意控制模块。如同与计算设备 115 关联的计算机可读介质,储存装置 120 可包括非瞬时性(例如有形的)介质,其可具有非易失性和/或易失性介质。在一个可能方案中,储存装置 120 被包括在计算设备 115 的计算机可读介质中。替换地,储存装置 120 可独立于计算设备 115(例如,嵌入另一电子设备中,未示出)。此外,尽管仅一个储存装置 120 被示出于图 1 中,车辆

100 可包括任意数量的储存装置 120,其储存由计算设备 115 或车辆 100 中的其它控制模块所使用的一些或所有的信息。

[0027] 储存装置 120 可包括一个或多个数据库,其信息可被计算设备 115 或车辆 100 中的其它控制模块访问。这里所述的数据库、数据仓库或其它数据储存可包括各种类型的机构,其用于储存、访问和取回各种类型的数据,包括分级数据库、文件系统中的一组文件、专用格式的应用数据库、相关的数据库管理系统 (RDBMS) 等。每个装置数据储存可被包括在计算设备中 (例如和图 1 中示出的计算设备 115 相同或不同的设备),其使用例如上述的一个或多个计算机操作系统,且经由网络以多种方式中的任意一个或多个而被访问。文件系统可被从计算机操作系统访问,且可包括以各种格式储存的文件。除了用于建立、储存、编辑和执行储存的程序的程序的语言外,RDBMS 可使用结构查询语言 (SQL),例如上述的 PL/SQL 语言。

[0028] 在一个可能方案中,储存在储存装置 120 中的数据库可包括查询表,其具有限定开路电压中的改变相对于充电状态中的改变的关系,其可被计算设备 115 使用,和参数值一起,用于确定储备容量。而且,相同或不同的数据库可包括由传感器 110 测量的和 / 或由计算设备 115 确定的先前值。由此,除了由计算设备 115 确定的先前的和最近的参数值和充电状态值,储存装置 120 可进一步储存由传感器 110 测量的先前的和最近的端子电压、累计充电、和温度。

[0029] 图 2 示出了示例性电池 105 的两电阻电容对 (例如两个 RC 对) 等效电路,其可被用于图 1 的车辆中。图 2 的两 RC 对电路 200 仅是示例,用于示出上述储备容量的实时确定的实施。其它电路模型可被用于确定储备容量,所述电路模型在端子电流作为输入且端子电压作为输出方面来表征电池 105 的动态行为。

[0030] 为了示例的目的,电路 200 包括电压源 205,第一和第二电阻元件 210、215,以及第一和第二电容元件 220、225。电路 200 可具有任意数量的电压源、电阻元件、和电容元件以模拟电池 105。电压源 205 表现为跨电池 105 的端子 125 的开路电压 (例如没有负载)。每个电阻元件 210、215 被布置为与电容元件 220、225 中的相应一个并联,在图 2 的电路 200 中呈现两个 RC 对。跨 RC 对的一个 (例如第一电阻元件 210 和第一电容元件 220) 的电压可表现为电池 105 的双层电压,而跨另一个 RC 对 (例如第二电阻元件 215 和第二电容元件 225) 的电压可表现为电池 105 的扩散电压。

[0031] 电路 200 的端子电压可被表达为 :

$$[0032] \quad V(k) = V_{oc}(k) = I(k)R(k) + V_{dl}(k) + V_{diff}(k) \quad (2)$$

[0033] 其中  $V$  是被测量端子电压, $I$  是被测量端子电流、 $V_{oc}$  是开路电压、 $R$  是欧姆电阻、且  $V_{dl}$  和  $V_{diff}$  (例如跨两个 RC 对的电压) 分别是双层电压和扩散电压。双层电压 ( $V_{dl}$ ) 可由方程 3 动态地描述且扩散电压 ( $V_{diff}$ ) 可由方程 4 动态地描述如下 :

$$[0034] \quad V_{dl}(k) = \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{dl}C_{dl}}\right)V_{dl}(k-1) + R_{dl}\left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{dl}C_{dl}}\right)\right)I(k-1) \quad (3)$$

$$[0035] \quad V_{diff}(k) = \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{diff}C_{diff}}\right)V_{diff}(k-1) + R_{diff}\left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{diff}C_{diff}}\right)\right)I(k-1). \quad (4)$$

[0036] 方程 (2)、(3) 和 (4) 可被组合以使用二阶微分方程来描述等效电路 200。

[0037] 图 2 中所示的等效电路 200 可被进一步用于建立电池 105 的储备容量和方程 (1) 的模型中的参数之间的关系。即, 如果 Q 表示储备容量, 充电状态中的改变 ( $\Delta SOC$ ) 可被如下表达:

$$[0038] \quad \Delta SOC = \Delta s / Q \quad (5)$$

[0039] 其中  $\Delta s$  表示以库仑计量的关于充入电池 105 或从电池 105 放电的安培小时 (AH) 的改变。由此, 储备容量 (Q) 可被表达为:

$$[0040] \quad Q = \frac{\Delta s}{\Delta V_{oc}} \times \frac{\Delta V_{oc}}{\Delta SOC} \quad (6)$$

[0041]  $\Delta V_{oc} / \Delta SOC$  的值可限定开路电压对充电状态的斜率, 且可被储存在储存装置 120 中的查找表中。由于方程 (1) 的电压表达和方程 (6) 中的储备容量表达是关于相同电池 105 的, 因此方程 (2)、(3)、(4) 和 (5) 可被组合以限定储备容量、端子电压、累计充电 ( $I \Delta t$ )、充电状态和方程 (1) 中的模型参数之间的关系, 如下面的方程 (7) 所示:

$$[0042] \quad Q = \frac{I \Delta t}{\Delta V_{oc}} \times \frac{\Delta V_{oc}}{\Delta SOC} = \frac{1 - \theta_2 - \theta_3}{\theta_1} \times \frac{\Delta V_{oc}}{\Delta SOC} \quad (7)$$

[0043] 因此, 计算设备 115 可被配置为用于利用例如类似于方程 (7) 的方程实时地求出任意电池 105 的储备容量 (Q)。

[0044] 图 3 示出了可被图 1 的计算设备 115 使用以产生表示电池 105 的储备容量 (Q) 的信号的过程 300 的示例性流程图。

[0045] 在块 305 处, 计算设备 115 可估计参数值。如上所述, 参数值可被与电池 105 的健康状态相关联。在上面的方程中, 且特别是在方程 (7) 中,  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  和  $\theta_3$  可代表由计算设备 115 估计的参数值。在一个示例性方案中, 计算设备 115 可从储存装置 120 访问先前使用的参数值, 且继续使用相同的参数值, 直至计算设备 115 确定另外的, 例如在下述块 330 处。

[0046] 在块 310 处, 计算设备 115 可读取电池 105 的先前储备容量。即, 计算设备确定当前储备容量的方式可依赖于先前的储备容量, 其可被储存在储存装置 120 中。因此, 计算设备 115 可通过从储存装置 120 访问先前的储备容量来读取先前的储备容量。

[0047] 在块 315 处, 计算设备 115 可确定电池 105 的端子电压、累计充电 (例如, 其可被从端子电压导出), 和温度。例如, 一个或多个传感器 110 可测量端子电压、端子电流和 / 或温度, 如上关于图 1 所述。每个传感器 110 可输出一个或多个信号, 其代表被测量电压、电流和 / 或温度。计算设备 115 可从来自传感器 110 的信号确定端子电压、累计充电和温度。

[0048] 在块 320 处, 计算设备 115 可确定电池 105 的充电状态。如上所述, 充电状态由残留容量对储备容量的比率限定。这样, 计算设备 115 可被配置为接收或确定残留容量。利用在块 310 处读取的储备容量和残留容量, 计算设备 115 可确定充电状态。充电状态还可通过开路电压或其它程序而被确定。

[0049] 在块 325 处, 基于例如电池 105 的端子电压、累计充电、充电状态和温度的任意组合, 计算设备 115 可确定电池 105 的信号激励水平。计算设备 115 可被配置为在确定信号激励水平时还考虑其它因素。信号激励水平可提供一指示, 即电池 105 被如计算设备 115 预测的那样运行。

[0050] 在判定块 330 处, 计算设备 115 可将在块 325 处确定的信号激励水平与预定阈值比较。计算设备 115 可被配置为识别出, 当信号激励水平超出预定阈值时, 储备容量可被最

好地确定。如果信号激励水平达到或超过预定阈值,过程 300 可在块 335 处继续。如果信号激励水平没有达到或超过预定阈值,过程 300 可返回至块 315,从而计算设备 115 可继续接收测量到的端子电压、端子电流和温度,直至信号激励水平超过预定阈值。

[0051] 在块 335 处,计算设备 115 可更新参数值,以例如反映电池 105 中的变化,因为参数值先前是估计的。下面图 5 示出了一个过程 500,计算设备 115 可使用其以更新参数值。计算设备 115 可储存更新的参数值于储存装置 120 中,且使用更新的参数值代替在块 305 处估计的参数值。

[0052] 在块 340 处,计算设备 115 可基于一些因素确定储备容量,该因素例如是估计的参数值,其可以是从块 335 更新的参数值、在块 315 处接收的电池 105 的端子电压、累计充电和温度,和在块 320 处确定的充电状态。而且,当确定储备容量时,计算设备 115 可如上述方程 (7) 所给出的那样考虑端子电压中的改变 ( $\Delta V_{oc}$ ) 对充电状态中的改变 ( $\Delta SOC$ ) 的比率。下面图 4 示出了一个示例性过程 400,计算设备 115 可使用其以确定储备容量。

[0053] 在块 345 处,计算设备 115 可产生一个或多个信号,其代表在块 340 处确定的电池 105 的储备容量。信号可被传输至储存装置 120,从而该储备容量可被在过程 300 的后续迭代过程中在块 330 处被储存和访问。而且,该信号可被传输至车辆 100 中的其他控制模块,从而该其他控制模块可确定电池 105 的充电状态。可替换地,计算设备 115 可基于在块 340 处确定的储备容量来确定充电状态,和产生代表充电状态的信号,其可被传输至车辆 100 中的其他控制模块。因此,计算设备 115 或一个控制模块可至少部分地基于该储备容量来确定电池 105 的剩余寿命。

[0054] 在判定块 350 处,计算设备 115 可确定是否执行过程 300 的一个或多个元素的另一迭代。例如,计算设备 115 可执行过程 300 的多个迭代,以在多个时间步骤处确定开路电压 ( $V_{oc}$ ) 和充电状态 (SOC),从而计算设备 115 在确定储备容量时可确定开路电压中的改变 ( $\Delta V_{oc}$ ) 和充电状态中的改变 ( $\Delta SOC$ )。如果计算设备 115 决定执行过程 300 的另一迭代,过程 300 可在块 315 处继续。如果否,过程 300 可在块 355 处继续。

[0055] 在块 355 处,计算设备 115 可储存来自过程 300 的任一迭代的一个或多个值于储存装置 120 中。例如,计算设备 115 可储存估计的参数值或更新的参数值作为最近参数值于储存装置 120 中,从而该最近参数值可被在过程 300 的下一迭代过程中在块 305 处被使用。计算设备 115 还可储存其它值,例如端子电压、累计充电、被测量端子电流、温度、充电状态等于储存装置 120 中。

[0056] 图 4 示出了可被计算设备 115 在图 3 中示出的过程 300 中使用以确定储备容量的过程 400 的示例性流程图。

[0057] 在块 405 处,计算设备 115 可确定端子电压在时间上的改变。计算设备 115 可例如储存图 3 中所示过程 300 的每个迭代过程中在块 315 处确定的端子电压于储存装置 120 中。而且,计算设备 115 可基于储存在储存装置 120 中的最早的端子电压和最近端子电压之间的差异来确定端子电压中的改变。

[0058] 在块 410 处,计算设备 115 可确定电池 105 的充电状态在时间上的改变。计算设备 115 可例如储存图 3 中所示过程 300 的每个迭代过程中在块 320 处确定的充电状态于储存装置 120 中。而且,计算设备 115 可基于储存在储存装置 120 中的最早的充电状态和最近充电状态之间的差异来确定端子电压中的改变。

[0059] 在块 415 处, 计算设备 115 可至少部分地基于开路电压中的改变、充电状态中的改变和参数值来确定储备容量。例如, 计算设备 115 可通过识别开路电压中的改变、充电状态中的改变和用于电池 105 的参数值之间的关系来确定储备容量。在一个可能的方法中, 计算设备 115 可使用类似于上面方程 (7) 的方程以基于开路电压中的改变 ( $\Delta V_{oc}$ )、充电状态中的改变 ( $\Delta SOC$ ) 和一个或多个参数值 (例如  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ , 在方程 (7) 的背景中) 求出储备容量。

[0060] 如上所述, 计算设备 115 可被配置为通过从例如储存在储存装置 120 中的一个或多个查找表访问信息来求出储备容量。在一个可能的实施例中, 方程 (7) 中给出的  $\Delta V_{oc}/\Delta SOC$  的值可限定开路电压对充电状态的斜率, 且可被储存在储存装置 120 中的查找表中。由此, 代替计算该比率, 计算设备 115 可从查找表访问该比率和基于该被访问的比率来求出储备容量。

[0061] 图 5 示出了过程 500 的示例性流程图, 该过程可被计算设备 115 在图 3 中所示的过程中使用, 以通过应用例如至参数值的递归最小二乘法来更新参数值。

[0062] 在块 505 处, 计算设备 115 可设定电池 105 的每个参数的初始参数值。例如, 初始参数值可与从图 3 所示的过程 300 的块 305 估计的参数值相同。

[0063] 在块 510 处, 计算设备 115 可产生参数矢量, 其包括来自于块 505 的初始参数值。在方程 (1) 的背景中, 其具有六个参数值 (例如  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 、 $\theta_4$ 、 $\theta_5$  和  $\theta_6$ ), 参数矢量可包括  $1 \times 6$  矩阵。

[0064] 在块 515 处, 计算设备 115 可产生协方差矩阵  $P$ 。该协方差矩阵可以是正定矩阵, 其被定义为:

$$P(0) = \mu I_{6 \times 6} \quad (8)$$

[0066] 其中  $I_{6 \times 6}$  是  $6 \times 6$  单位矩阵,  $\mu$  是正数。协方差矩阵的大小可依赖于在块 510 处产生的参数矢量中的参数值的数目。即, 由于在块 510 处产生的参数矢量包括  $1 \times 6$  矢量矩阵中的六个参数, 协方差矩阵是  $6 \times 6$  特征矩阵。但是, 如果参数矢量具有五个或七个参数, 协方差矩阵可分别为  $5 \times 5$  特征矩阵或  $7 \times 7$  特征矩阵。

[0067] 在块 520 处, 计算设备 115 可接收由传感器 110 在多个时间步骤处 (例如上述的方程 (1) 中的变量  $k$ ) 测量的端子电压和端子电流, 和从被测量端子电流导出累计电流。在图 3 示出的过程 300 的迭代过程中, 计算设备 115 可储存每个迭代的端子电压、端子电流和 / 或累计充电。在该示例性方法中, 过程 300 的每个迭代可包括一个时间步骤 (例如  $(k)$ 、 $(k-1)$ 、 $(k-2)$  等)。

[0068] 在块 525 处, 计算设备 115 可产生信号矢量, 其包括每个时间段的被测量端子电压和被测量端子电流中的一个或多个, 如在块 520 处被计算设备 115 接收的。

[0069] 在块 530 处, 计算设备 115 可将块 515 处产生的协方差矩阵与块 525 处产生的信号矢量相乘, 以限定卡尔曼 (Kalman) 增益, 其可被用于更准确地估计参数值 (假定每个时间间隔处的端子电压和端子电流为由块 520 所确定的)。

[0070] 在块 535 处, 计算设备 115 可根据块 530 处确定的卡尔曼增益来更新参数值。更新的参数值可在图 3 的块 340 处被使用, 以确定电池 105 的储备容量。

[0071] 虽然用于执行本发明的最佳方式已经被详细描述, 与本发明相关的本领域技术人员应认识到在所附的权利要求的范围内的执行本发明的各种替换设计和实施例。

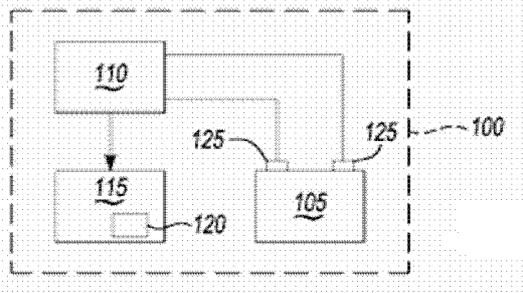


图 1

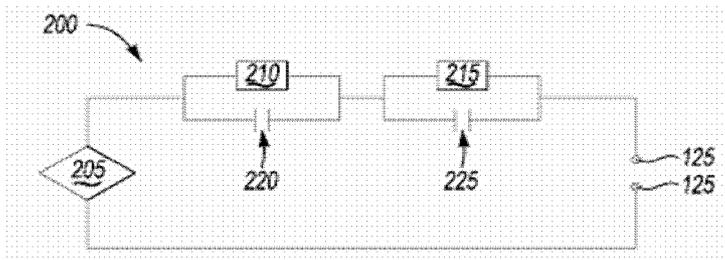


图 2

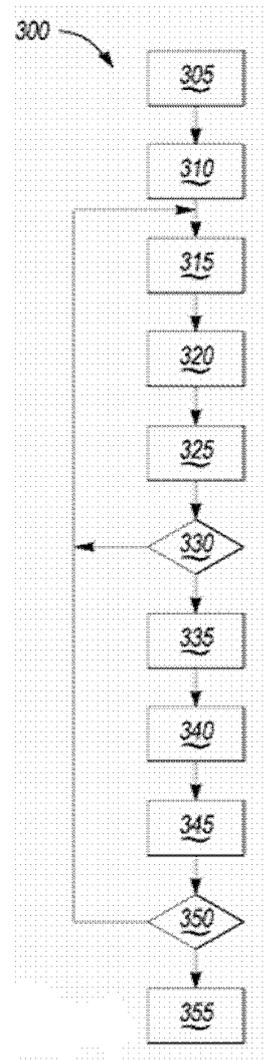


图 3

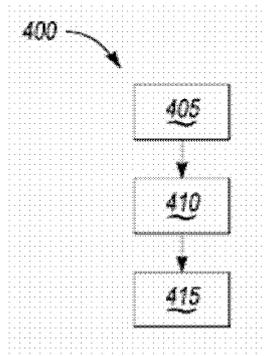


图 4

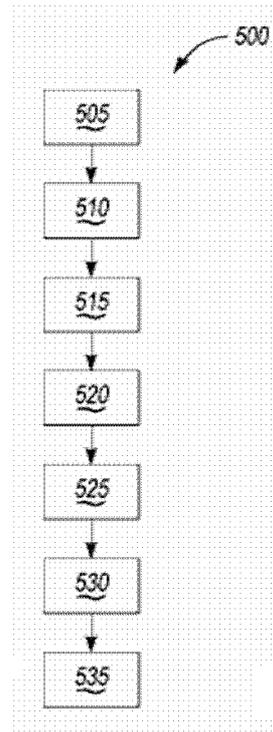


图 5