

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 10/44 (2006.01)

H01M 10/48 (2006.01)

G01R 31/36 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710105481.2

[45] 授权公告日 2009年10月7日

[11] 授权公告号 CN 100547849C

[22] 申请日 2007.6.1

[21] 申请号 200710105481.2

[30] 优先权

[32] 2006.6.26 [33] KR [31] 10-2006-0057521

[73] 专利权人 三星 SDI 株式会社

地址 韩国京畿道水原市

[72] 发明人 尹韩硕 李永兆 崔水石 南完龙
赵普衡

[56] 参考文献

US2002/036481A1 2002.3.28

US2005/0057255A1 2005.3.17

审查员 王维佳

[74] 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

代理人 韩明星 刘奕晴

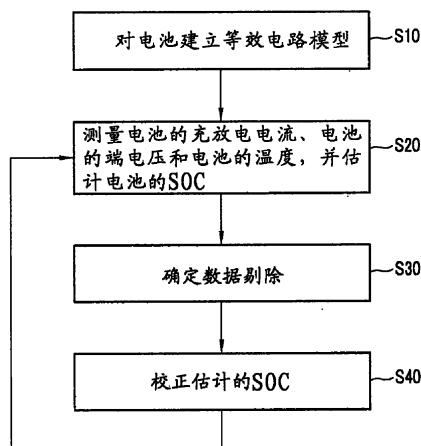
权利要求书 8 页 说明书 17 页 附图 7 页

[54] 发明名称

估计电池充电状态的方法、电池管理系统及其驱动方法

[57] 摘要

本发明提供了一种利用测量模型对电池建立模型，并估计电池的 SOC(充电状态)的电池管理系统及其驱动方法。该系统包括传感器、预测器、数据剔除单元和测量单元。传感器感测流经电池的充放电电流、电池温度和电池端电压。预测器累计充放电电流，并估计电池的 SOC。数据剔除单元根据电池温度、充放电电流、SOC 以及充放电电流的动态中的至少一个的函数，产生与由测量模型产生的误差相关的信息。测量单元利用测量模型和与误差相关的信息，对估计的电池的 SOC 进行校正。



1、一种电池管理系统，所述系统采用对电池建立模型的测量模型，并估计所述电池的充电状态，所述系统包括：

传感器，用于感测流经所述电池的充放电电流、所述电池的温度和所述电池的端电压；

预测器，用于累计所述充放电电流，并用于估计所述电池的充电状态；

数据剔除单元，根据所述电池温度、所述充放电电流、所述充电状态及充放电电流的动态中的至少一个的函数，产生由所述测量模型造成的误差的方差；

测量单元，用于利用所述测量模型和所述误差的方差，对所述估计的电池的充电状态进行校正。

2、如权利要求1所述的系统，所述测量模型包括内阻、扩散阻抗和开路电压，

其中，所述预测器将所述充电状态设置为第一状态变量，将施加于所述扩散阻抗的扩散阻抗电压设置为第二状态变量，并通过利用所述充放电电流基于每常数时间来预测所述第一状态变量和所述第二状态变量。

3、如权利要求2所述的系统，其中，所述预测器累计一定时间内的先前状态的充放电电流，以预测目前状态的第一状态变量和第二状态变量。

4、如权利要求2所述的系统，其中，所述数据剔除单元产生所述误差的方差作为第一增益，

其中，所述测量单元通过利用与在所述预测器中估计的充电状态相关的开路电压、施加于所述测量模型的内阻的电压和所述扩散阻抗电压，来预测电池端电压，并利用所述第一增益以及将所述预测的电池端电压与测得的端电压进行比较的结果来产生第二增益。

5、如权利要求4所述的系统，其中，所述测量单元通过利用所述第二增益对所述预测器中预测的第一状态变量和第二状态变量进行校正，并向所述预测器传输校正的第一状态变量和第二状态变量。

6、如权利要求4所述的系统，其中，当所述充电状态处于第一区域时，所述数据剔除单元将所述第一增益固定为恒定值，当所述充电状态处于第二区域时，所述数据剔除单元根据所述充电状态的函数控制所述第一增益，并

且根据所述充电状态的函数区分所述第一区域和所述第二区域。

7、如权利要求 6 所述的系统，其中，所述第一区域为充电状态大于 20% 的区域，所述第二区域为充电状态为 20% 或小于 20% 的区域，

其中，当所述充电状态处于所述第二区域时，根据 $R_k = R_{k-1} (1 + G_{SOC} (0.2 - SOC))$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中，SOC 为充电状态， $SOC \leq 0.2$ 且 G_{SOC} 为比例常数。

8、如权利要求 4 所述的系统，其中，当所述充放电电流的绝对值小于参考值时，所述数据剔除单元将所述第一增益固定为恒定值，当所述充放电电流的绝对值等于或大于所述参考值时，所述数据剔除单元根据所述充放电电流的绝对值的函数控制所述第一增益。

9、如权利要求 8 所述的系统，其中，所述参考值等于 5 安培，当所述充放电电流的绝对值等于或大于所述参考值时，根据 $R_k = R_{k-1} (1 + G_i (|i| - 5))$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中， $|i| \geq 5$ 且 G_i 为常数。

10、如权利要求 4 所述的系统，其中，当没有感测到所述充放电电流的动态时，所述数据剔除单元将所述第一增益固定为恒定值，当感测到所述充放电电流的动态时，所述数据剔除单元对应于产生所述充放电电流的动态的时间段来控制所述第一增益。

11、如权利要求 10 所述的系统，其中，当感测到所述充放电电流的动态时，根据 $R_k = R_{k-1} (1 + G_{step} \cdot T_{steptime})$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中， $T_{steptime}$ 为用于改变电流的时间段， G_{step} 为常数。

12、如权利要求 7 所述的系统，其中，所述预测器根据状态方程的函数预测所述第一状态变量 SOC_K 和所述第二状态变量 V_{diff_K} ：

$$\begin{bmatrix} SOC_K \\ V_{diff_K} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{C_{diff} \cdot R_{diff}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} SOC_{K-1} \\ V_{diff_K-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{C_n} \\ \frac{\Delta t}{C_{diff}} \end{bmatrix} \cdot i_{K-1},$$

其中，

SOC_K 为目前状态下预测的充电状态，

SOC_{K-1} 为先前状态下校正的充电状态，

V_{diff_K} 为目前状态下施加于扩散阻抗的电压，

V_{diff_K-1} 为先前状态下校正的施加于扩散阻抗的电压，

C_{diff} 为扩散阻抗的电容，

R_{diff} 为扩散阻抗的电阻,

Δt 为目前状态和先前状态之间的时间间隔,

i_{K-1} 为先前状态下流经电池的电流,

C_n 为电池的额定电容。

13、如权利要求 12 所述的系统, 其中, 所述测量单元预测所述电池端电压, 并根据输出方程的函数, 产生测得的电池端电压 V_t 和预测的电池端电压 V_p 之间的差:

$$V_t = OCV - V_{diff} - V_r$$

其中,

OCV 为开路电压,

V_p 为预测的电池端电压,

V_{diff} 为扩散阻抗的电压,

V_r 为内阻的电压。

14、如权利要求 13 所述的系统, 其中, 所述测量单元利用下面的方程产生所述第二增益 \bar{K}_k :

$$\bar{K}_k = P_k(-)H_k^{[1]T} [H_k^{[1]}P_k(-)H_k^{[1]T} + R_k]^{-1}$$

其中,

$H_k^{[1]}$ 为通过由所述状态变量对所述输出方程进行微分而产生的线性矩阵,

$H_k^{[1]T}$ 为所述线性矩阵的逆矩阵,

$P_k(-)$ 为用于估计状态变量的误差的预测协方差。

15、如权利要求 9 所述的系统, 其中, 所述预测器根据状态方程的函数预测所述第一状态变量 SOC_K 和所述第二状态变量 V_{diff_K} :

$$\begin{bmatrix} SOC_K \\ V_{diff_K} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{C_{diff} \cdot R_{diff}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} SOC_{K-1} \\ V_{diff_K-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{C_n} \\ \frac{\Delta t}{C_{diff}} \end{bmatrix} \cdot i_{K-1}$$

其中,

SOC_K 为目前状态下预测的充电状态,

SOC_{K-1} 为先前状态下校正的充电状态,

V_{diff_K} 为目前状态下施加于扩散阻抗的电压,

V_{diff_K-1} 为先前状态下校正的施加于扩散阻抗的电压,

C_{diff} 为扩散阻抗的电容,

R_{diff} 为扩散阻抗的电阻,

Δt 为目前状态和先前状态之间的时间间隔,

i_{K-1} 为先前状态下流经所述电池的电流,

C_n 为所述电池的额定电容。

16、如权利要求 15 所述的系统, 其中, 所述测量单元预测所述电池端电压, 并根据输出方程的函数, 产生测得的电池端电压 V_t 和预测的电池端电压 V_i 之间的差:

$$V_t = OCV - V_{diff} - V_r$$

其中,

OCV 为开路电压,

V_i 为预测的电池端电压,

V_{diff} 为扩散阻抗的电压,

V_r 为内阻的电压。

17、如权利要求 16 所述的系统, 其中, 所述测量单元利用下面的方程产生所述第二增益 \bar{K}_k :

$$\bar{K}_k = P_k(-)H_k^{[1]r} [H_k^{[1]}P_k(-)H_k^{[1]r} + R_k]^{-1}$$

其中,

$H_k^{[1]}$ 为通过由所述状态变量对所述输出方程进行微分而产生的线性矩阵,

$H_k^{[1]r}$ 为所述线性矩阵的逆矩阵,

$P_k(-)$ 为用于估计状态变量的误差的预测协方差。

18、如权利要求 11 所述的系统, 其中, 所述预测器根据状态方程的函数预测所述第一状态变量 SOC_K 和所述第二状态变量 V_{diff_K} :

$$\begin{bmatrix} SOC_K \\ V_{diff_K} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{C_{diff} \cdot R_{diff}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} SOC_{K-1} \\ V_{diff_K-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{C_n} \\ \frac{\Delta t}{C_{diff}} \end{bmatrix} \cdot i_{K-1}$$

其中,

SOC_K 为目前状态下预测的充电状态,

SOC_{K-1} 为先前状态下校正的充电状态,

V_{diff_K} 为目前状态下施加于扩散阻抗的电压,

V_{diff_K-1} 为先前状态下校正的施加于扩散阻抗的电压,

C_{diff} 为扩散阻抗的电容,

R_{diff} 为扩散阻抗的电阻,

Δt 为目前状态和先前状态之间的时间间隔,

i_{k-1} 为先前状态下流经所述电池的电流,

C_n 为所述电池的额定电容。

19、如权利要求 18 所述的系统, 其中, 所述测量单元预测所述电池端电压, 并根据输出方程的函数, 产生测得的电池端电压 V_i 和预测的电池端电压 V_r 之间的差:

$$V_i = OCV - V_{diff} - V_r$$

其中,

OCV 为开路电压,

V_i 为预测的电池端电压,

V_{diff} 为扩散阻抗的电压,

V_r 为内阻的电压。

20、如权利要求 19 所述的系统, 其中, 所述测量单元利用下面的方程产生所述第二增益 \bar{K}_k :

$$\bar{K}_k = P_k(-)H_k^{[1]r} [H_k^{[1]}P_k(-)H_k^{[1]r} + R_k]^{-1}$$

其中,

$H_k^{[1]}$ 为通过由所述状态变量对所述输出方程进行微分而产生的线性矩阵,

$H_k^{[1]r}$ 为所述线性矩阵的逆矩阵,

$P_k(-)$ 为用于估计状态变量的误差的预测协方差。

21、一种利用对电池建立模型的测量模型估计电池的充电状态的方法, 所述方法包括以下步骤:

测量流经所述电池的充放电电流、所述电池的温度和所述电池的端电压;

累计所述充放电电流, 估计所述电池的充电状态;

根据所述电池温度、所述充放电电流、所述充电状态及充放电电流的动态中的至少一个的函数, 产生由所述电池的测量模型导致的误差的方差;

利用所述测量模型和所述误差的方差来校正所述估计的电池的充电状态。

22、如权利要求 21 所述的方法, 其中, 所述测量模型包括内阻、扩散阻抗和开路电压,

其中, 所述累计和估计的步骤还包括通过利用所述充放电电流基于每常

数时间来估计所述充电状态和施加于所述扩散阻抗的扩散阻抗电压。

23、如权利要求 22 所述的方法，其中，所述产生信息的步骤还包括产生所述误差的方差作为第一增益，

其中，对所述充电状态进行校正的步骤还包括利用与所述估计的充电状态相关的开路电压、施加于所述测量模型的内阻的电压和所述扩散阻抗电压来预测所述电池的端电压，并利用所述第一增益以及将所述预测的电池端电压与测得的端电压进行比较的结果来产生第二增益。

24、如权利要求 23 所述的方法，其中，对所述充电状态进行校正的步骤还包括利用所述第二增益同时对所述估计的充电状态和所述扩散阻抗电压进行校正，

其中，所述累计和估计的步骤还包括将校正的充电状态和扩散阻抗电压设置为初始值，在一定时间内累计充放电电流，估计充电状态和扩散阻抗电压。

25、如权利要求 24 所述的方法，其中，所述产生信息的步骤还包括当所述充电状态处于第一区域时将所述第一增益固定为恒定值，当所述充电状态处于第二区域时，根据所述充电状态的函数控制所述第一增益，并根据所述充电状态的函数区分所述第一区域和所述第二区域。

26、如权利要求 25 所述的方法，其中，所述第一区域为充电状态超过 20% 的区域，所述第二区域为充电状态为 20% 或小于 20% 的区域，

当所述充电状态处于所述第二区域时，根据 $R_k = R_{k-1}(1 + G_{SOC}(0.2 - SOC))$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中，SOC 为充电状态， $SOC \leq 0.2$ 且 G_{SOC} 为比例常数。

27、如权利要求 24 所述的方法，其中，所述产生信息的步骤还包括当所述充放电电流的绝对值小于参考值时，将所述第一增益固定为恒定值，当所述充放电电流的绝对值等于或大于所述参考值时，根据所述充放电电流的绝对值的函数控制所述第一增益。

28、如权利要求 27 所述的方法，其中，所述参考值等于 5 安培，当所述充放电电流的绝对值等于或大于所述参考值时，根据 $R_k = R_{k-1}(1 + G_i(|i| - 5))$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中， $|i| \geq 5$ 且 G_i 为常数。

29、如权利要求 24 所述的方法，其中，所述产生信息的步骤还包括当没有感测到所述充放电电流的动态时，将所述第一增益固定为恒定值，当感测

到所述充放电电流的动态时，对应于用于产生所述充放电电流的动态的时间段来控制所述第一增益。

30、如权利要求 29 所述的方法，其中，当感测到所述充放电电流的动态时，根据 $R_k = R_{k-1}(1 + G_{step} \cdot T_{step\ time})$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中， $T_{step\ time}$ 为用于改变电流的时间段， G_{step} 为常数。

31、一种利用对电池建立模型的测量模型并估计电池的充电状态的电池管理系统的驱动方法，所述方法包括以下步骤：

测量流经所述电池的充放电电流、所述电池的温度和所述电池的端电压；
累计所述充放电电流，估计所述电池的充电状态；

根据所述电池温度、所述充放电电流、所述充电状态及充放电电流的动态中的至少一个的函数，产生由所述测量模型产生的误差的方差；

利用所述测量模型和所述误差的方差来校正所述估计的电池的充电状态。

32、如权利要求 31 所述的方法，其中，所述测量模型包括内阻、扩散阻抗和开路电压，

所述累计和估计的步骤还包括将所述充电状态设置为第一状态变量，将施加于所述扩散阻抗的扩散阻抗电压设置为第二状态变量，通过利用所述充放电电流基于每常数时间来估计所述第一状态变量和所述第二状态变量。

33、如权利要求 32 所述的方法，其中，所述产生信息的步骤还包括产生所述误差的方差，作为第一增益，

其中，对所述充电状态进行校正的步骤还包括通过利用与所述估计的充电状态相关的开路电压、施加于所述测量模型的内阻的电压和所述扩散阻抗电压来预测所述电池的端电压，并利用所述第一增益以及将所述预测的电池端电压与测得的端电压进行比较的结果来产生第二增益。

34、如权利要求 33 所述的方法，其中，所述产生信息的步骤还包括当所述充电状态处于第一区域时将所述第一增益固定为恒定值，当所述充电状态处于第二区域时，根据所述充电状态的函数控制所述第一增益，并根据所述充电状态的函数区分所述第一区域和所述第二区域。

35、如权利要求 34 所述的方法，其中，所述第一区域为充电状态大于 20% 的区域，所述第二区域为充电状态为 20% 或小于 20% 的区域，

其中，当所述充电状态处于所述第二区域时，根据

$R_k = R_{k-1}(1 + G_{SOC}(0.2 - SOC))$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中，SOC 为充电状态， $SOC \leq 0.2$ 且 G_{SOC} 为比例常数。

36、如权利要求 33 所述的方法，所述产生信息的步骤还包括当所述充放电电流的绝对值小于参考值时，将所述第一增益固定为恒定值，当所述充放电电流的绝对值等于或大于所述参考值时，根据所述充放电电流的绝对值的函数控制所述第一增益。

37、如权利要求 36 所述的方法，其中，所述参考值等于 5 安培，当所述充放电电流的绝对值等于或大于所述参考值时，根据 $R_k = R_{k-1}(1 + G_i(|i| - 5))$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中， $|i| \geq 5$ 且 G_i 为常数。

38、如权利要求 33 所述的方法，所述产生信息的步骤还包括当没有感测到所述充放电电流的动态时，将所述第一增益固定为恒定值，当感测到所述充放电电流的动态时，对应于用于产生所述充放电电流的动态的时间段来控制所述第一增益。

39、如权利要求 38 所述的方法，其中，当感测到所述充放电电流的动态时，根据 $R_k = R_{k-1}(1 + G_{step} \cdot T_{step\ time})$ 函数控制所述第一增益 R_k ，其中， $T_{step\ time}$ 为用于改变电流的时间段， G_{step} 为常数。

估计电池充电状态的方法、电池管理系统及其驱动方法

技术领域

本发明涉及一种用于确定电池 (battery) 充电状态 (SOC) 的装置和方法。更具体地讲, 本发明涉及一种利用自适应滤波器 (adaptive filter) 估计诸如 SOC 的状态的电池管理系统及其驱动方法。

背景技术

利用采用汽油或重油 (heavy oil) 作为其基本燃料的内燃机的交通工具对发生诸如空气污染的环境污染有着严重的影响。近年来, 在开发电动交通工具 (electric vehicle) 或混合交通工具 (hybrid vehicle) 方面做出了许多努力以减少环境污染的产生。

电动交通工具是指采用通过由电池输出的电能来运转的电池发动机的交通工具。电动交通工具采用电池作为电动交通工具的主要的动力源 (power source), 其中, 在所述电池中提供多个可充电的二次电池单元 (rechargeable secondary cells) 来作为一个电池包 (one pack)。因此, 电动交通工具具有无气体排放和其噪音非常小的优点。

混合交通工具是指处于采用内燃机的交通工具和电动交通工具之间的中间型交通工具 (intermediary vehicle)。混合交通工具采用两种或两种以上动力源, 例如内燃机和电池发动机。目前正在开发采用内燃机和燃料电池的混合交通工具, 其中, 燃料电池持续地供应氢和氧同时引发化学反应以直接获得电能。

在采用电能的交通工具中, 电池的性能直接影响交通工具的性能。因此, 每个电池单元应该不仅具有良好的性能, 而且还具有用于测量每个电池单元的电压及整个电池的电压和电流的电池管理系统 (BMS)。因此, 迫切需要有对每个电池单元的充电和放电进行管理。

当前电池管理系统采用通过安培计数 (ampere counting) 估计充电状态 (SOC) 的方法。另外, 当前电池管理系统采用如下的方法: 先识别 SOC 和诸如开路电压 (OCV)、放电电压、内阻、温度或放电电流的要素 (element)

之间的关系，检测至少两个要素，然后基于识别的 SOC 和被测要素之间的关系来检测与被测要素相关的 SOC。

在当前 SOC 估计方法中，会产生由安培计数导致的误差。即使识别了 OCV 和 SOC 之间的关系，但由于每个电池的特性之间存在差异，所以也应该利用复杂的实验方法 (complex experimental method) 对每个电池计算 OCV 和 SOC 之间的关系。因此，当前方法造成了误差或需要复杂的实验方法。

在该背景部分中公开的上述信息仅为了加强对本发明背景的理解，因此上述信息可包含现有技术中不存在的信息，其中，对于本领域技术人员来说现有技术在本国是已知的。

发明内容

因此，本发明的目的是提供一种改进的电动交通工具系统和一种改进的用于估计电池充电状态的方法。

另一目的是提供一种用于估计电池充电状态的方法、采用该方法的电池管理系统及其驱动方法，其中，优势在于采用简单电池模型减少计算，所述简单电池模型利用数据剔除能够更精确地估计 SOC。

本发明的示例性实施例提供了一种利用测量模型对电池建立模型，并估计电池的 SOC (充电状态) 的电池管理系统。该系统包括传感器、预测器、数据剔除单元和测量单元。传感器感测流经电池的充放电电流、电池的温度和电池的端电压。预测器累计充放电电流，并估计电池的 SOC。数据剔除单元根据电池温度、充放电电流、SOC 以及充放电电流的动态 (dynamic) 中的至少一个的函数，产生与由测量模型产生的误差相关的信息。测量单元通过利用测量模型和与误差相关的信息来校正估计的电池的 SOC。

测量模型可包括内阻、扩散阻抗和开路电压 (OCV)。预测器可将 SOC 设置为第一状态变量，将施加于扩散阻抗的扩散阻抗电压设置为第二状态变量，并通过利用充放电电流基于每常数时间 (per-constant time) 来预测第一状态变量和第二状态变量。预测器可累计一定时间内的先前状态的充放电电流以预测目前状态的第一状态变量和第二状态变量。

数据剔除单元可产生与误差相关的信息，作为第一增益。测量单元可利用与在预测器中估计的 SOC 相关的 OCV、施加于测量模型的内阻的电压和扩散阻抗电压来预测电池的端电压，并利用第一增益以及将预测的电池端电

压与测得的电池端电压进行比较的结果来产生第二增益。测量单元可利用第二增益对预测器中预测的第一状态变量和第二状态变量进行校正，并向预测器传输校正的第一状态变量和第二状态变量。

当 SOC 处于第一区域 (a first region) 时，数据剔除单元可将第一增益固定为恒定值。当 SOC 处于第二区域时，数据剔除单元可根据 SOC 的函数控制第一增益。可根据 SOC 的函数区分第一区域和第二区域。第一区域可为 SOC 大于 20% 的区域。第二区域可为 SOC 为 20% 或小于 20% 的区域。当 SOC 处于第二区域时，可根据下面的函数控制第一增益 R_k ：

$$R_k = R_{k-1}(1 + G_{SOC}(0.2 - SOC)), \quad (1)$$

其中， $SOC \leq 0.2$ 且 G_{SOC} 为比例常数 (proportional constant)。

当充放电电流的绝对值小于参考值时，数据剔除单元可将第一增益固定为恒定值。当充放电电流的绝对值等于或大于参考值时，数据剔除单元可根据充放电电流的绝对值的函数控制第一增益。参考值可等于 5 安培 (A)。当充放电电流的绝对值等于或大于参考值时，可根据下面的函数控制第一增益 R_k ：

$$R_k = R_{k-1}(1 + G_i(|i| - 5)), \quad (2)$$

其中， $|i| \geq 5$ 且 G_i 为常数。

当没有感测到充放电电流的动态时，数据剔除单元可将第一增益固定为恒定值。当感测到充放电电流的动态时，数据剔除单元可对应于用于产生充放电电流的动态的时间段来控制第一增益。当感测到充放电电流的动态时，可根据下面的函数控制第一增益 R_k ：

$$R_k = R_{k-1}(1 + G_{step} \cdot T_{step\ time}), \quad (3)$$

其中， $T_{step\ time}$ 为用于改变电流的时间段， G_{step} 为常数。

预测器根据状态方程的函数预测第一状态变量 SOC_K 和第二状态变量 V_{diff_K} ：

$$\begin{bmatrix} SOC_K \\ V_{diff_K} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{C_{diff} \cdot R_{diff}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} SOC_{K-1} \\ V_{diff_K-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{C_n} \\ \frac{\Delta t}{C_{diff}} \end{bmatrix} \cdot i_{K-1}, \quad (4)$$

其中， SOC_K 为目前状态下预测的 SOC， SOC_{K-1} 为先前状态下校正的 SOC， V_{diff_K} 为目前状态下施加于扩散阻抗的电压， V_{diff_K-1} 为先前状态下校正的施加于扩散阻抗的电压， C_{diff} 为扩散阻抗的电容， R_{diff} 为扩散阻抗的电阻， Δt 为

目前状态和先前状态之间的时间间隔, i_{k-1} 为先前状态下流经电池的电流, C_n 为电池的额定电容。

测量单元可预测电池的端电压, 并可根椐输出方程的函数, 产生测量的电池的端电压 V_t 和预测的电池的端电压 V_p 之间的差:

$$V_t = OCV - V_{diff} - V_r \quad (5)$$

其中, V_t 为预测的电池的端电压, V_{diff} 为扩散阻抗的电压, V_r 为内阻电压。

测量单元可利用如下方程得到第二增益 \bar{K}_k :

$$\bar{K}_k = P_k(-)H_k^{[1]T} [H_k^{[1]}P_k(-)H_k^{[1]T} + R_k]^{-1} \quad (6)$$

其中, $H_k^{[1]}$ 为通过由状态变量对输出方程进行微分而产生的线性矩阵, $H_k^{[1]T}$ 为线性矩阵的逆矩阵, $P_k(-)$ 为用于估计状态变量的误差的预测协方差。

本发明的另一实施例提供了一种通过利用用于电池的测量模型来估计电池的 SOC (充电状态) 的方法。该方法包括以下步骤: 测量流经电池的充放电电流、电池的温度和电池的端电压; 累计充放电电流, 估计电池的 SOC; 根据电池温度、充放电电流、SOC 及充放电电流的动态中的至少一个的函数, 产生与由测量模型产生的误差相关的信息; 利用测量模型和与误差相关的信息来校正估计的电池的 SOC。测量模型可包括内阻、扩散阻抗和开路电压 (OCV)。累计和估计的步骤还可包括通过利用充放电电流基于每常数时间来估计 SOC 和施加于扩散阻抗的扩散阻抗电压。产生信息的步骤还可包括产生与误差相关的信息作为第一增益。对 SOC 进行校正的步骤也可包括利用与估计的 SOC 相关的 OCV、施加于测量模型的内阻的电压和扩散阻抗电压来预测电池的端电压, 并利用第一增益以及将预测的电池的端电压与测得的电池的端电压进行比较的结果来产生第二增益。

产生信息的步骤还可包括: 当 SOC 处于第一区域时, 将第一增益固定为恒定值, 当 SOC 处于第二区域时, 根据 SOC 的函数控制第一增益, 并根据 SOC 的函数区分第一区域和第二区域。

产生信息的步骤还可包括: 当充放电电流的绝对值小于参考值时, 将第一增益固定为恒定值, 当充放电电流的绝对值等于或大于参考值时, 根据充放电电流的绝对值的函数控制第一增益。

产生信息的步骤还可包括: 当没有感测到充放电电流的动态时, 将第一增益固定为恒定值, 当感测到充放电电流的动态时, 对应于用于产生充放电电流的动态的时间段来控制第一增益。

附图说明

结合附图通过参照下面详细的描述，对本发明的更为完整的理解和本发明的许多所附的优点将变得容易明了，同时变得更好理解，在附图中相同的标号表示相同或相似的元件，其中：

图 1 是示出了根据本发明原理的示例性实施例的用于估计电池充电状态 (SOC) 的方法的流程图；

图 2 是示出了采用根据本发明原理的示例性实施例的用于估计电池 SOC 的方法的电动交通工具系统的框图；

图 3 是根据本发明原理的示例性实施例的电池的等效电路；

图 4 是示出了根据本发明原理的示例性实施例的主控单元 (MCU) 的框图；

图 5 是示出了根据本发明原理的示例性实施例的电池管理系统 (BMS) 的驱动方法的流程图；

图 6 是示出了基于每 SOC 区域 (per-SOC region) 的测量模型的阻抗的曲线图；

图 7 是示出了根据电池放电电流强度的函数的 SOC 和电池的总电阻之间的关系曲线图；

图 8 是示出了根据电流的动态的函数产生的误差程度的曲线图。

具体实施方式

本发明在于提供一种用于更精确地估计电池的充电状态 (SOC) 的方法、一种电池管理系统及其驱动方法。

在下面详细的描述中，简单通过图解的方式仅示出和描述了本发明的一些示例性实施例。如本领域技术人员会了解的，在不脱离本发明的精神或范围的所有情况下，可采用各种不同的方式对所描述的实施例进行修改。因此，附图和描述实际上被认为是示出性的，而不是限制性的。贯穿说明书，相同的标号表示相同的元件。

在说明书中，将任一部分与另一部分“连接”不仅包括“直接连接”，还包括与设置于这两个部分之间的不同的组成元件进行“电连接”。另外，如果没有与此相反地特别说明，则在一部分中“包括”组成元件表示还包括另一

组成元件，而不是排除另一组成元件。

下面将参照附图描述本发明原理的示例性实施例。

图 1 是示出了根据本发明原理的示例性实施例的用于估计电池充电状态 (SOC) 的方法的流程图。

根据本发明原理的示例性实施例的估计电池的 SOC 的方法采用了自适应滤波器和数据剔除方法 (data rejection method)。

如图 1 中所示，利用等效电路对电池建立模型 (S10)，其中，该电池包括至少两个具有多个电池单元 (cell) 的电池包。

测量电池的充放电电流、电池的端电压和电池的温度，并估计电池的 SOC (S20)。

利用测得的电池的充放电电流及估计的电池的 SOC 来确定数据剔除 (S30)。在确定数据剔除的过程中，将在 S10 中被建立模型的电池的等效电路设置为测量模型，并产生对应于由测量模型产生的误差的方差的增益 (gain)。

利用在 S30 中产生的对应于测量模型的误差的方差的增益来对 S20 中估计的 SOC 进行校正 (S40)。利用自适应滤波器，具体地讲，利用卡尔曼滤波器 (Kalman filter)，来执行对估计的 SOC 的校正。利用在 S30 中产生的对应于测量模型的误差的方差的增益来产生卡尔曼增益 (kalman gain)，并利用产生的卡尔曼增益来对 S20 中的估计的 SOC 进行校正。

在 S20 中，利用校正的 SOC 和电池的充放电电流再次估计电池的 SOC。

下面将详细描述采用用于估计电池的 SOC 的方法的电动交通工具系统。

图 2 是示出了采用根据本发明原理的示例性实施例的用于估计电池的 SOC 的方法的电动交通工具系统的示意图。

如图 2 中所示，电动交通工具系统包括电池管理系统 (BMS) 1、电池 2、电流传感器 3、冷却风扇 4、保险丝 5、主开关 6、发动机控制器单元 (ECU) 7、逆变器 (inverter) 8 和电动发电机 (motor generator) 9。

电池 2 包括：多个子电池包 (sub-pack) 2a 至 2h，其中，在所述子电池包中，多个电池单元串联连接；输出端 2_out1 和 2_out2；安全开关 2_sw，设置在子电池包 2d 和子电池包 2e 之间。示例性地提供了 8 个子电池包 2a 至 2h，示例性示出的每个子电池包仅用一个组表示多个电池单元，而不意图限制本发明的范围。安全开关 2_sw 是指在子电池包 2d 和子电池包 2e 之间设置的开

关。当对电池进行替换或使电池执行一项工作时，为了工作人员的安全起见，可手动地将安全开关 2_sw 转换为接通/断开。在本发明的示例性实施例中，在子电池包 2d 和子电池包 2e 之间提供了安全开关 2_sw，但是这并不意图限制本发明的范围。输出端 2_out1 和输出端 2_out2 均与逆变器 8 连接。

电流传感器 3 测量由电池 2 输出的电流量，并向 BMS 1 中的传感器 10 输出测得的电流量。电流传感器 3 可为霍尔电流互感器 (Hall current transformer, CT)，用于通过利用霍尔器件 (Hall device) 测量电流，并输出与测得的电流相关的模拟电流信号。

基于 BMS 1 的控制信号，冷却风扇 4 驱散在电池 2 的充放电过程中产生的热，由此防止由于温度的升高而引起的电池 2 的退化 (degenerated)，并防止充电和放电的效率的降低。

保险丝 5 或者断开与电池 2 的连接，或者与电池 2 连接，由此防止过电流 (overcurrent) 被传输到电池 2。换言之，当产生过电流时，保险丝 5 断开与电池 2 的连接，由此防止过电流被传输到电池 2。

当发生异常的过电压、过电流或高温时，主开关 6 基于交通工具的 BMS 1 或 ECU 7 的控制信号而切断电池 2。

BMS 1 包括传感器 10、主控单元 (MCU) 20、内部电源供给单元 (internal power supplying unit) 30、电池单元平衡单元 40、存储单元 50、通信单元 (communication unit) 60、保护电路单元 70、通电重设单元 (power-on reset unit) 80 和外部接口 90。

传感器 10 感测电池的充放电电流、电池的端电压、每个电池单元两端的电压、电池单元的温度和外围温度 (peripheral temperature)，并将它们传输到 MCU 20。

基于从传感器 10 接收的电池的充放电电流、电池的端电压、每个电池单元的电压、电池单元的温度和外围温度，MCU 20 产生用于估计电池 2 的 SOC 和健康状态 (state of health, SOH) 和用于告知电池 2 的状态的信息，将产生的信息传输到交通工具的 ECU 7。

基于从 MCU 20 接收的 SOC 和 SOH，交通工具的 ECU 7 对电池 2 进行充电和放电。在本发明的示例性实施例中，MCU 20 采用通过等效电路对电池建立模型、预测将被估计的 SOC 并校正预测的 SOC 的方法。将对电池建立模型的等效电路设置为测量模型，并鉴于由测量模型产生的误差的方差而

利用数据剔除的方法来校正预测的 SOC。下面将参照图 3 至图 5 做出详细的描述。

内部电源供给单元 30 利用子电池 (sub battery) 向 BMS 1 供给电源。电池单元平衡单元 40 平衡每个电池单元的充电状态。换言之, 电池单元平衡单元 40 可以使具有相对高的充电状态的电池单元进行放电, 并可以对具有相对低的充电状态的电池单元进行充电。当 BMS 1 断开时, 存储单元 50 存储 SOC 和 SOH 的数据。存储单元 50 可以是电可擦可编程只读存储器 (EEPROM) 的非易失性存储单元。通信单元 60 与交通工具的 ECU 7 进行通信。保护电路单元 70 利用固件 (firmware) 保护电池 2 使其免受外部撞击、过电流和低电压的影响。当 BMS 1 接通时, 通电重设单元 80 重设整个系统。外部接口 90 将诸如冷却风扇 4 和主开关 6 的 BMS 1 的子器件连接到 MCU 20。在图 2 中所示的本发明的示例性实施例中, 仅示出了冷却风扇 4 和主开关 6, 但这并不意图限制本发明的范围。

ECU 7 基于交通工具的诸如加速器 (accelerator)、制动器 (brake) 的组件的信息和交通工具的速度的信息, 确定交通工具的扭矩 (torque) 的程度, 并控制电动发电机 9 基于扭矩信息进行输出。换言之, ECU 7 控制逆变器 8 的切换, 并控制电动发电机 9 基于扭矩信息进行输出。ECU 7 通过 BMS 1 的通信单元 60 从 MCU 20 接收电池 2 的 SOC, 并控制电池 2 的 SOC 以达到目标值 (比如 55%)。例如, 如果 ECU 7 从 MCU 20 接收到为 55% 或小于 55% 的 SOC, 则 ECU 7 控制逆变器 8 的切换以向电池 2 输出电源, 由此对电池 2 进行充电; 如果 ECU 7 接收到为 55% 或大于 55% 的 SOC, 则 ECU 7 控制逆变器 8 的切换以向电动发电机 9 输出电源, 由此使电池 2 进行放电。

逆变器 8 基于 ECU 7 的控制信号能对电池 2 进行充电或放电。

电动发电机 9 利用电池 2 的电, 基于从 ECU 7 接收的扭矩信息来驱动交通工具。

结果, ECU 7 基于 SOC, 像可充电电源一样, 对电池 2 进行充电和放电, 由此防止电池 2 的过充电和过放电, 并能够长期有效地使用电池 2。然而, 当将电池 2 安装在交通工具中时, 难以测量电池 2 的实际的 SOC。因此, BMS 1 应该利用传感器 10 感测到的电池包的电流和电池包的电压来精确地估计 SOC, 并向 ECU 7 传输估计的 SOC。

下面将参照图 3 至图 5 来描述根据本发明的示例性实施例的 BMS 1。

图3是根据本发明的示例性实施例的电池的等效电路。

如图3中所示,电池的等效电路包括扩散阻抗、内阻 R_i 和OCV。根据本发明的示例性实施例,可用电阻 R_{diff} 和电容 C_{diff} 来表示扩散阻抗,可用SOC的函数来表示OCV。根据本发明的示例性实施例,设置电阻 R_{diff} 和电容 C_{diff} 不根据诸如SOC、温度、流经电池的充放电电流 i 的内部要素的函数而变化。内阻 R_i 根据诸如电池单元的温度或电池单元的环境温度的电池温度的函数而变化。通过实验的方法建立内阻与温度之间的关系。可利用基于误差方差的数据剔除方法对由电阻 R_{diff} 和电容 C_{diff} 的变化而产生的误差进行校正。后面将详细描述数据剔除方法。下面将通过测量模型来简要地描述根据本发明的示例性实施例的电池的等效电路。

下面将参照图4详细地描述根据本发明的示例性实施例的MCU 20。

图4是示出了根据本发明的示例性实施例的MCU 20的框图。MCU 20包括预测器21、测量单元22和数据剔除单元23。

预测器21利用安培计数方法来预测用于表明电池的状态的参数。在参照图3描述的测量模型中,SOC和扩散阻抗 Z_{diff} 的电容 C_{diff} 被设为用于表明状态的参数。预测器21从传感器10接收流经电池的充放电电流 i ,利用安培计数方法进行测量,并预测电池目前状态的SOC。预测器21通过利用流经电池的充放电电流 i 来预测施加于扩散阻抗 Z_{diff} 的两端之间的电压 V_{diff} 。

在测量模型中,测量单元22通过利用与将被估计的状态相关的可测量的参数来校正预测的参数以表明电池的状态。测量单元22接收由测量模型中的传感器10测得的电池的端电压 V_i ,对预测器21中预测的SOC和与从传感器10接收的温度T相关的OCV进行计算,通过利用内阻和从传感器10接收的充放电电流 i 对施加于内阻 R_i 两端的电压 V_r 进行计算,通过利用计算得到的OCV和电压 V_r 以及预测器21中预测的扩散阻抗电压 V_{diff} 对电池的端电压 V_i 进行估计,将估计的电池端电压 V_i 与测得的电池的端电压 V_i 进行比较,并基于比较的结果对预测的SOC等进行校正。

考虑到由测量模型产生的误差的方差,数据剔除单元23控制测量单元22以对预测的电池的参数进行校正。MCU 20根据电池的SOC、流经电池的充放电电流、温度和电流的动态的函数,存储由测量模型产生的误差的方差的信息。MCU 20还可包括用于通过数据表来建立并存储信息的数据库(未示出)。所述信息可在实验方法中产生。数据剔除单元23通过利用数据表检

测来自数据表的根据目前状态的函数的测量误差的方差，并向测量单元 22 传输检测到的误差方差。测量单元 22 根据检测到的误差方差的函数确定预测的电池的参数的校正程度。

下面将描述电池管理系统，在该系统中，执行预测、利用自适应滤波器校正预测误差、估计电池的 SOC、利用数据剔除方法防止在实际的电池和电池的测量模型之间产生的误差。

MCU 20 的预测器 21 和估计器 (estimator) (即测量单元) 22 采用与扩展卡尔曼滤波器 (EKF) 相似的算法 (algorithm)，其中，EKF 为一种自适应滤波器。将 EKF 扩展并应用到非线性系统中，用于将通用的卡尔曼滤波器部分线性化。预测器 21 利用方程 1 中的状态方程 (a) 来预测状态变量 x ，其中，状态变量 x 为电池的 SOC 和施加于扩散阻抗的电压 V_{diff} 。预测器 21 采用非线性矩阵方程 (b) 作为方程 1 中的状态方程 (a)。在方程 (b) 中，在一段时间内进行安培计数，离散地预测 SOC 和电压 V_{diff} 。

方程 1

(a)

$$x_k(-) = f_{k-1}(x_{k-1}, u_{k-1}) + w_{k-1}$$

(b)

$$\begin{bmatrix} SOC_K \\ V_{diff_K} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{C_{diff} \cdot R_{diff}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} SOC_{K-1} \\ V_{diff_K-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{C_n} \\ \frac{\Delta t}{C_{diff}} \end{bmatrix} \cdot i_{K-1}$$

在方程 1 (b) 中， SOC_K 和 V_{diff_K} 对应于状态变量 $x_k(-)$ 。 SOC_K 表示在目前状态下预测的 SOC， SOC_{K-1} 表示通过对先前状态下预测的 SOC 进行校正和对测量单元 22 中的误差进行校正而得到的值。 V_{diff_K} 表示施加于目前状态的扩散阻抗的电压 V_{diff} ， V_{diff_K-1} 表示通过对先前状态的预测的施加于扩散阻抗的电压 V_{diff} 进行校正和对测量单元 22 中的误差进行校正而得到的值。 C_{diff} 和 R_{diff} 分别表示扩散阻抗的电容和电阻。预测器 21 按离散时间估计 SOC， Δt 为目前状态和先前状态之间的时间间隔。 i_{K-1} 表示先前状态下流经电池的电流。 C_n 表示对应于电池的额定电容的恒定值，且不根据状态的函数而变化。

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{C_{diff} \cdot R_{diff}} \end{bmatrix} \text{ 对应于方程 1 (a) 中的 } f_{k-1} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{C_n} \\ \frac{\Delta t}{C_{diff}} \end{bmatrix} \cdot i_{K-1} \text{ 对应于方程 1 (a) 中}$$

的 w_{k-1} ，并将其输入每个状态中。

预测器 21 利用方程 2 基于每离散时间（per-discrete time）对用于状态变量 x 的估计的误差的协方差 $P_k(-)$ 进行预测，并向测量单元 22 传输预测的协方差 $P_k(-)$ 。

方程 2

$$P_k(-) = A_{k-1}^{[1]} P_{k-1}(+) A_{k-1}^{[1]T} + Q_{k-1}, \quad A_{k-1}^{[1]} \approx \left. \frac{\partial f_k}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k-1}(-)}$$

$A_{k-1}^{[1]}$ 表示通过由状态变量对非线性矩阵方程 f_{k-1} 进行微分和线性化而得到的值， Q_k 表示基于每个状态的状态变量的方差值。

预测器 21 产生预测的状态变量 $\hat{x}_k(-)$ 和对于状态变量的估计的误差的协方差 $P_k(-)$ ，并将它们传输到测量单元 22。

测量单元 22 利用测量模型对预测的 SOC 和电压 V_{diff} 进行校正。测量单元 22 对利用在预测器 21 中预测的 SOC 和电压 V_{diff} 可进行测量的值进行预测，即利用如同方程 3 的输出方程来预测电池端电压 V_t 。

方程 3

$$V_t = OCV - V_{diff} - V_r$$

V_r 表示当电流 i 流经内阻 R_i 时发生的电压降。测量单元 22 利用如同方程 4 的微分方程，用于产生卡尔曼增益，以解决 SOC 和 OCV 之间的非线性并利用卡尔曼滤波器。

方程 4

$$\frac{\partial h_k}{\partial x_k} = \begin{bmatrix} \frac{\partial h_{SOC}(SOC)}{\partial SOC} & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad \text{其中, } OCV = h_{SOC}(SOC), \quad h_{SOC} = f_{OCV}^{-1}$$

方程 4 可根据 SOC 的函数定义 OCV，方程 4 为在其中由状态变量(SOC)对输出方程进行微分的一类方程。

测量单元 22 产生卡尔曼增益 \bar{K}_k 以对预测的 SOC 和电压 V_{diff} 进行校正。方程 5 用于计算卡尔曼增益。

方程 5

$$\bar{K}_k = P_k(-) H_k^{[1]T} [H_k^{[1]} P_k(-) H_k^{[1]T} + R_k]^{-1}, \quad H_k^{[1]} \approx \left. \frac{\partial h_k}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_k(-)}$$

\bar{K}_k 表示卡尔曼增益。确定卡尔曼增益为具有使协方差最小化的值。 $H_k^{[1]}$ 表

示方程 4, 方程 4 示出了对预测的状态变量 x 和输出变量 y 的函数进行线性化的微分矩阵。 $H_k^{[1]}$ 表示 $H_k^{[1]}$ 的逆矩阵, R_k 表示由测量模型产生的误差的方差。如上所述, 可根据 SOC、电流强度、温度和电流的动态的函数设置 R_k 。测量单元 22 可检测和利用对应于 SOC、电流强度、温度和电流的动态中的至少两个要素的 R_k 。测量单元 22 利用产生的卡尔曼增益对预测的状态变量 x 进行校正, 如方程 6 中所示。

方程 6

$$\hat{x}_k(+)=\hat{x}_k(-)+\bar{K}_k(z_k-\hat{z}_k)$$

变量 x 对应于 SOC 和电压 V_{diff} , 变量 z 对应于电池的端电压 V_l 。 $\hat{x}_k(+)$ 表示通过利用卡尔曼增益对预测的 SOC 进行误差校正而得到的变量 x , $\hat{x}_k(-)$ 表示预测器 21 中预测的变量 x 。 z_k 表示电池端电压 V_l 的平均值, \hat{z}_k 表示测量模型中当前测量的电池端电压 V_l 。测量单元 22 利用卡尔曼增益产生用于估计校正的状态变量 $\hat{x}_k(+)$ 的误差的协方差 $P_k(+)$, 如方程 7 中所示。

方程 7

$$P_k(+)=\{I-\bar{K}_k H_k^{[1]}\}P_k(-)$$

$P_k(+)$ 表示校正的 SOC 和校正的电压 V_{diff} 中的每个的估计的误差的协方差, 其中, 校正的 SOC 和校正的电压 V_{diff} 为状态变量 $\hat{x}_k(+)$ 。

测量单元 22 利用卡尔曼增益对预测的 SOC (即 $\hat{x}_k(-)$) 和协方差 $P_k(-)$ 进行校正, 并产生 SOC (即 $\hat{x}_k(+)$) 和协方差 $P_k(+)$ 。向预测器 21 传输 SOC (即 $\hat{x}_k(+)$) 和协方差 $P_k(+)$, 并将它们设为用于预测下一状态的初始值。

在这种方法中, 测量单元 22 产生校正的电压 V_{diff} 和对于预测的电压 V_{diff} 的协方差, 并将它们传输到预测器 21。然后, 将它们设为用于预测下一状态的初始值。

数据剔除单元 23 检测来自数据表的对应于目前状态的测量模型的误差的方差 R_k , 根据目前状态的函数校正该误差方差 R_k , 并向测量单元 22 传输校正的方差 R_k 。在本发明的示例性实施例中, 数据剔除单元 23 利用由于测量模型在利用测量模型对预测的状态进行校正的程度方面的不准确性而导致的误差的方差。在方程 5 中, 卡尔曼增益根据误差方差 R_k 的函数而变化, 根据测量模型的误差的函数确定误差方差 R_k 。因此, 根据由测量模型产生的误差的函数确定卡尔曼增益, 并如方程 6 中对预测的 SOC 进行校正。

例如, 当误差方差 R_k 为无穷大的值时, 卡尔曼增益等于零, 如方程 5 中

所示。然后，在测量单元 22 中由测量模型校正并产生的 SOC（即 $\hat{x}_k(+)$ ）变得与预测的 SOC（即 $\hat{x}_k(-)$ ）相同。

下面将描述用于根据测量模型的误差的函数确定数据剔除单元 23 中误差方差 R_k 的方法。

在本发明的示例性实施例中，数据剔除单元 23 对温度 T、SOC、电流的动态和电流强度设置了可靠区间（reliable section）和不可靠区间（un-reliable section），且根据区间的函数来控制误差方差 R_k 。可从传感器接收温度 T，SOC 可利用从预测器 21 接收的信息。然而，这并不意图限制本发明的范围。在可靠区间将方差 R_k 固定为预置的恒定值，在不可靠区间数据剔除单元 23 使方差 R_k 发生变化。

换言之，检测电池单元的温度或电池单元的外围温度。当检测到的温度位于可靠区间时，则将误差方差 R_k 固定为预置值，并产生卡尔曼增益。相反地，当检测到的温度位于不可靠区间时，则利用通过实验的温度和误差方差 R_k 之间的关系来改变误差方差 R_k ，并产生卡尔曼增益。

将详细描述根据 SOC 的函数来控制误差方差 R_k 的方法。由于在 SOC 的两端的扩散和其他复杂的要素，所以电池具有复杂的测量模型。因此，也可基于每 SOC 区域，建立不同的测量模型。然而，这使得估计 SOC 的过程变得复杂。因此，如上所述，MCU 20 利用具有图 3 的等效电路的测量模型，并利用由测量模型产生的误差，由此确定数据剔除的程度并估计 SOC。

图 6 显示示出了基于每 SOC 区域的测量模型的阻抗的曲线图。

如图 6 中所示，在低 SOC 区域内（为 20% 或小于 20% 的 SOC），阻抗的阻抗曲线与其他 SOC 区域的阻抗曲线不同，尽管这种不同取决于 OCV。

数据剔除单元 23 将为 20% 或小于 20% 的 SOC 的区域归类为不可靠区间。在 SOC 大于 20% 的可靠区间，数据剔除单元 23 向测量单元 22 传输为预置值的、由测量模型产生的测量误差的方差 R_k 。相反地，在 SOC 为 20% 或小于 20% 的不可靠区间，由测量模型产生的测量误差的方差 R_k 发生变化，并被传输到测量单元 22。测量单元 22 利用误差方差 R_k 产生卡尔曼增益。当根据 SOC 区域的函数控制误差方差 R_k 时，则误差方差 R_k 如方程 8 所示。

方程 8

$$R_k = R_{k-1}(1 + G_{SOC}(0.2 - SOC)), \text{ 其中, } SOC \leq 0.2$$

在方程 8 中， R_k 表示根据目前状态的函数被控制的误差方差， R_{k-1} 表示

先前状态的误差方差。 G_{SOC} 表示用于确定数据剔除效果的变量，并通过实验进行测量。根据本发明的示例性实施例， G_{SOC} 等于10。

如上所述，在不可靠区间中，误差方差 R_k 增加得超过预置值，卡尔曼增益减小。然后，在预测器21中预测的SOC在通过测量单元22利用测量模型对其进行校正的校正范围内减小。

对电池的SOC进行估计的精确度可根据流经电池的电流的函数（即充放电电流的强度的函数）而变化。这种情况的发生不仅是由于电池的非线性特性，而且是由于由测量模型产生的误差。图7显示示出了根据电池放电电流强度的函数的SOC和电池的总电阻之间的关系的曲线图。

如图7中所示，随着放电电流的增大，电池总电阻比SOC降低。根据这种特性，在将电阻固定为测量模型中的单一常数的情况下，当充放电电流大时，测量模型变得不精确。考虑到上述情况，则在充放电电流的绝对值小于5安培(A)的区域的可靠区间内，采用预置的 R_k 。在充放电电流的绝对值为5A或大于5A的区域的不可靠区间内， R_k 变为如方程9中所示，并利用计算得到的 R_k 来产生卡尔曼增益。

方程9

$$R_k = R_{k-1} [1 + G_i (|i| - 5)], \text{ 其中, } |i| \geq 5$$

R_k 表示根据目前状态的函数被控制的误差方差， R_{k-1} 表示先前状态的误差方差。 G_i 表示通过实验得到的恒定值，在本发明的示例性实施例中 G_i 等于2。

如上所述，在电流强度超出了特定参考值的区域的不可靠区间中， R_k 增长，结果卡尔曼增益减小。然后，在预测器21中预测的SOC在通过测量单元22利用测量模型对其进行校正的校正范围内减小。

对电池的SOC进行估计的精确度可根据充放电电流的动态的函数而变化。电流的动态是指电流根据时间变化的量。换言之，当每单位时间的电流的变化大时，电流的动态大，当每单位时间的电流的变化小时，电流的动态小。在测量模型中，将电容器元件（capacitor component）简化，并对其建立模型，当产生电流的动态时，出现误差。图8中显示示出了根据电流的动态的函数而产生的误差的程度的曲线图。

如图8所示，由于充放电电流的动态小，所以误差小。当不产生充放电电流的动态时，数据剔除单元23确定可靠的充放电电流的区间，并在可靠的充放电电流的区间内，充放电电流保持为恒定值。相反地，当产生充放电电

流根据时间的函数而变化的电流的动态时,数据剔除单元 23 确定不可靠的充放电电流的区间。在不可靠的充放电电流的区间内,数据剔除单元 23 改变误差方差 R_k , 如方程 10。

方程 10

$$R_k = R_{k-1} (1 + G_{step} \cdot T_{step\ time})$$

R_k 表示根据目前状态的函数被控制的误差方差, R_{k-1} 表示先前状态的误差方差。 $T_{step\ time}$ 表示用于改变电流的时间段, G_{step} 表示通过实验得到的常数。

如上所述, 当延长改变电流的时间段时, 误差方差 R_k 增大, 卡尔曼增益减小。然后, 在预测器 21 中预测的 SOC 在通过测量单元 22 利用测量模型对其进行校正的校正范围内减小。

将参照图 5 描述利用根据本发明原理的示例性实施例的用于估计电池的 SOC 的方法的 BMS 的驱动方法。

图 5 是根据本发明的示例性实施例示出了 BMS 的驱动方法的流程图。

传感器 10 测量充放电电流 i 和电池端电压 V_i , 并向 MCU 20 传输测得的充放电电流 i 以及电池端电压 V_i (S100)。

预测器 21 利用从传感器 10 接收的充放电电流, 产生预测的 SOC 和预测的电压 V_{diff} (S200)。

数据剔除单元 23 从预测器 21 接收预测的 SOC, 并确定预测的 SOC 是否处于可靠区间 (S300)。当预测的 SOC 不在可靠区间时, 数据剔除单元 23 利用方程 8 改变误差方差 R_k (S310)。

当在 S300 中确定 SOC 处于可靠区间时, 数据剔除单元 23 暂时存储误差方差 R_k , 当改变误差方差 R_k 时暂时存储改变的方差 R_k (S320)。

接下来, 数据剔除单元 23 确定充放电电流的强度是否处于可靠区间 (S400)。当确定充放电电流的强度不在可靠区间时, 数据剔除单元 23 利用方程 9 改变误差方差 R_k (S410)。数据剔除单元 23 暂时存储误差方差 R_k 。

当在 S400 中确定充放电电流的强度处于可靠区间时, 数据剔除单元 23 暂时存储误差方差 R_k , 并当误差方差 R_k 改变时, 暂时存储改变的方差 R_k (S420)。

数据剔除单元 23 确定是否感测到充放电电流的动态 (S500)。当在 S500 中确定感测到充放电电流的动态时, 数据剔除单元 23 利用方程 10 改变误差方差 R_k (S510)。

当在 S500 中确定没有感测到充放电电流的动态时, 数据剔除单元 23 暂时存储误差方差 R_k , 并当误差方差 R_k 改变时, 暂时存储改变后的方差 R_k (S520)。

数据剔除单元 23 向测量单元 22 传输存储的误差方差 R_k (S600)。

测量单元 22 利用接收的误差方差 R_k 产生卡尔曼增益 (S610)。测量单元 22 根据产生的卡尔曼增益的函数对预测的 SOC、预测的电压 V_{diff} 以及协方差进行校正, 并向预测器 21 传输预测的 SOC、预测的电压 V_{diff} 和协方差 (S620)。

预测器 21 接收并利用校正的 SOC 和电压 V_{diff} 以预测下一状态。预测器 21 利用目前状态下从传感器接收的充放电电流、电池端电压和在先前状态下校正的 SOC 和电压 V_{diff} , 来产生目前状态下预测的 SOC 和电压 V_{diff} 。重复进行上述过程。

如上所述, 在根据本发明的示例性实施例的 BMS 的驱动方法中, 考虑到测量模型的误差, 利用数据剔除方法对电池的状态进行估计。因此, 可较现有技术对电池的状态即 SOC 进行更精确的估计。在利用复杂的模型对电池建立模型并对电池的 SOC 进行估计的情况下, 缺点在于需要复杂的计算。然而, 在本发明的示例性实施例中, 由于采用了简单的电池模型, 所以可减少计算, 并可利用数据剔除方法提高估计的 SOC 的精确度。

描述了在根据本发明的示例性实施例的 BMS 的驱动方法中, 对应于 SOC、电流的动态和电流的强度来设置误差方差 R_k 。然而, 可设置由温度导致的误差的方差 R_k 。可在考虑温度、电流的动态和电流的强度中的至少一个的情况下设置误差方差 R_k 。

一方面, 本发明提供了利用数据剔除方法和自适应滤波器用于估计电池的 SOC 的方法。

另一方面, 本发明提供了电池管理系统及其驱动方法, 利用数据剔除方法和自适应滤波器用于估计电池的状态。

本发明提供了用于估计 SOC 的方法、电池管理系统及其驱动方法, 用于利用简单的电池模型减少计算, 并利用数据剔除方法估计更精确的 SOC。

本发明提供了电池管理系统及其驱动方法, 用于在考虑测量模型的误差的方差的情况下估计更精确的 SOC。

虽然已结合目前认为实用的示例性实施例描述了本发明, 但是要明白, 本发明不限于公开的实施例, 而是, 相反地, 本发明意图覆盖包括在权力要

求的精神和范围内的各种修改和等效布置。

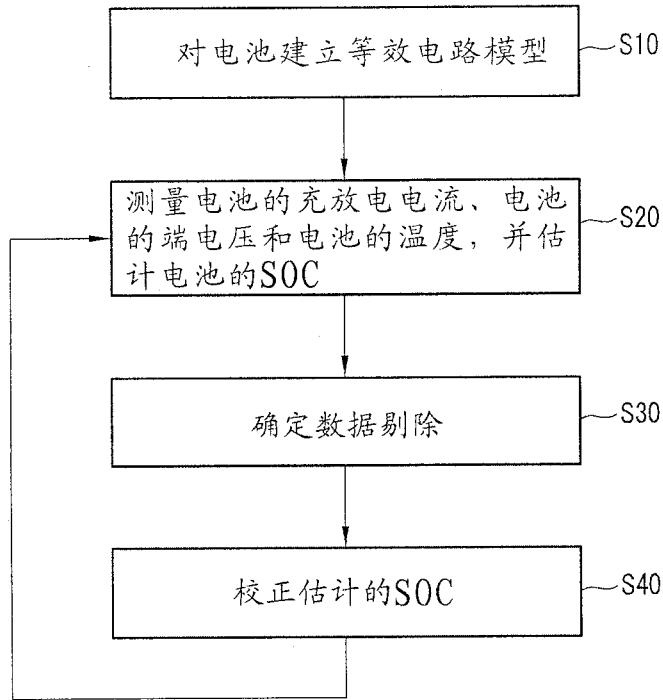


图1

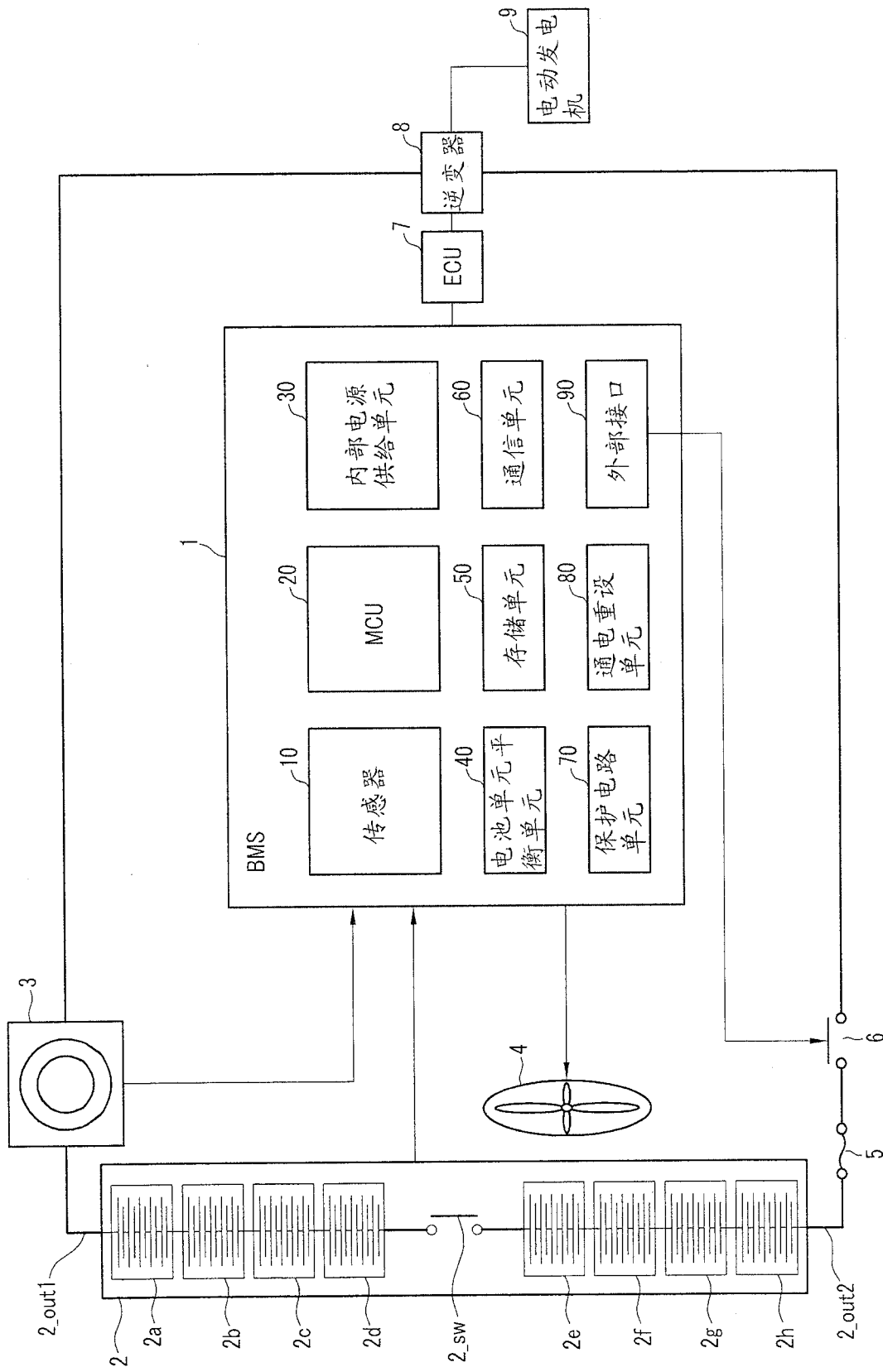


图2

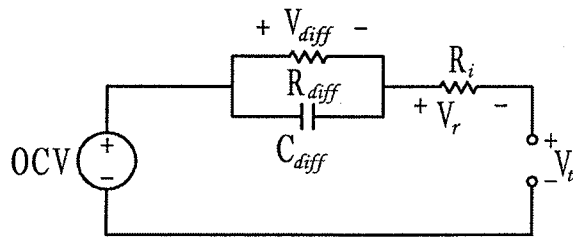


图3

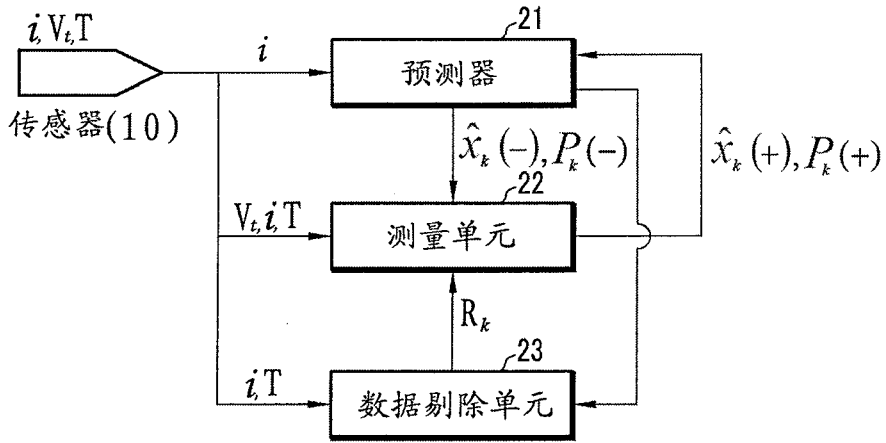


图4

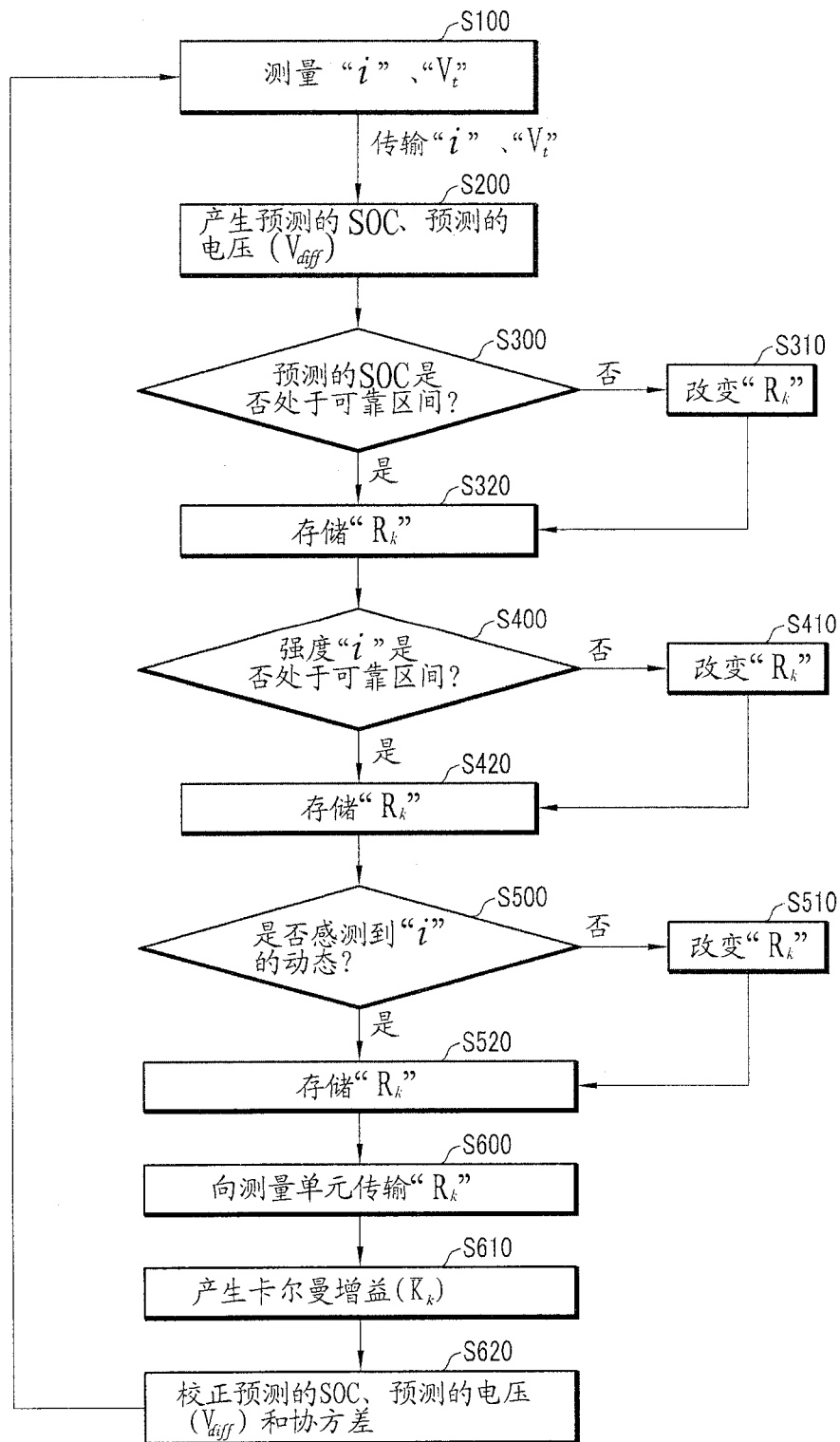


图5

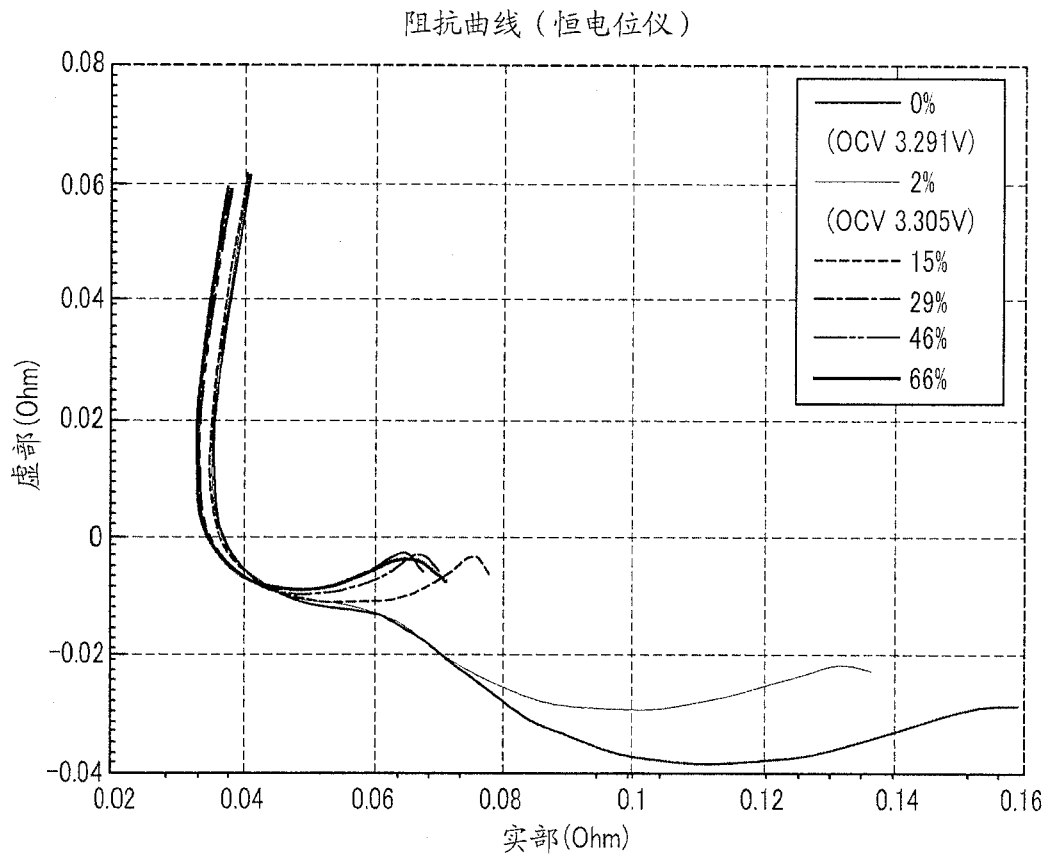


图6

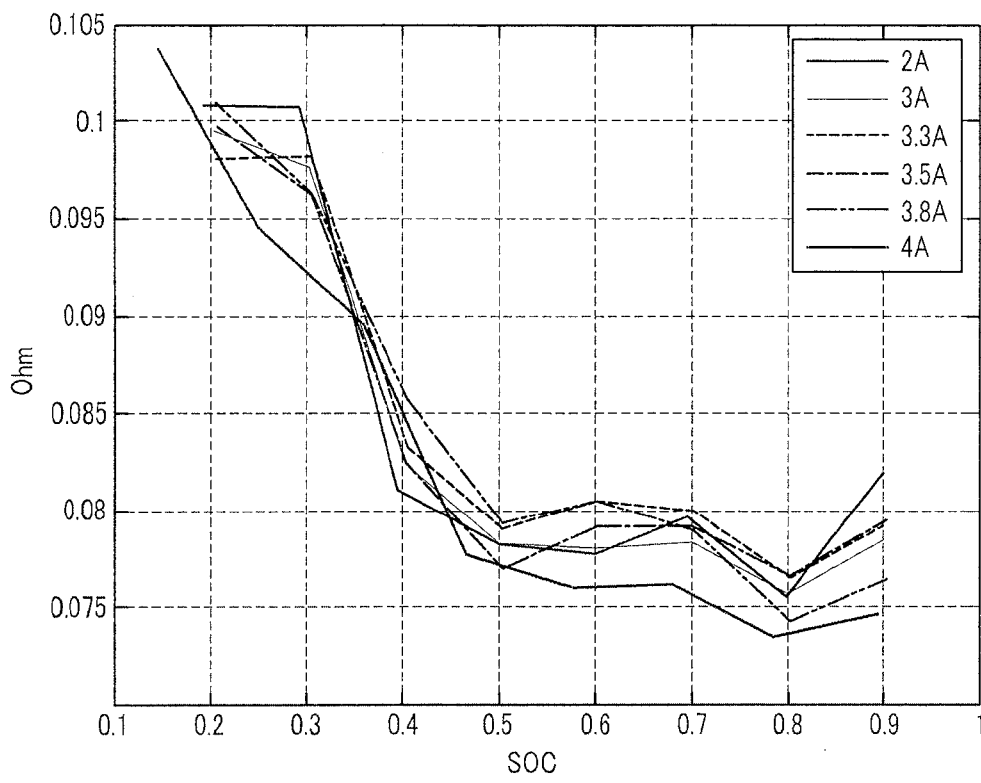


图7

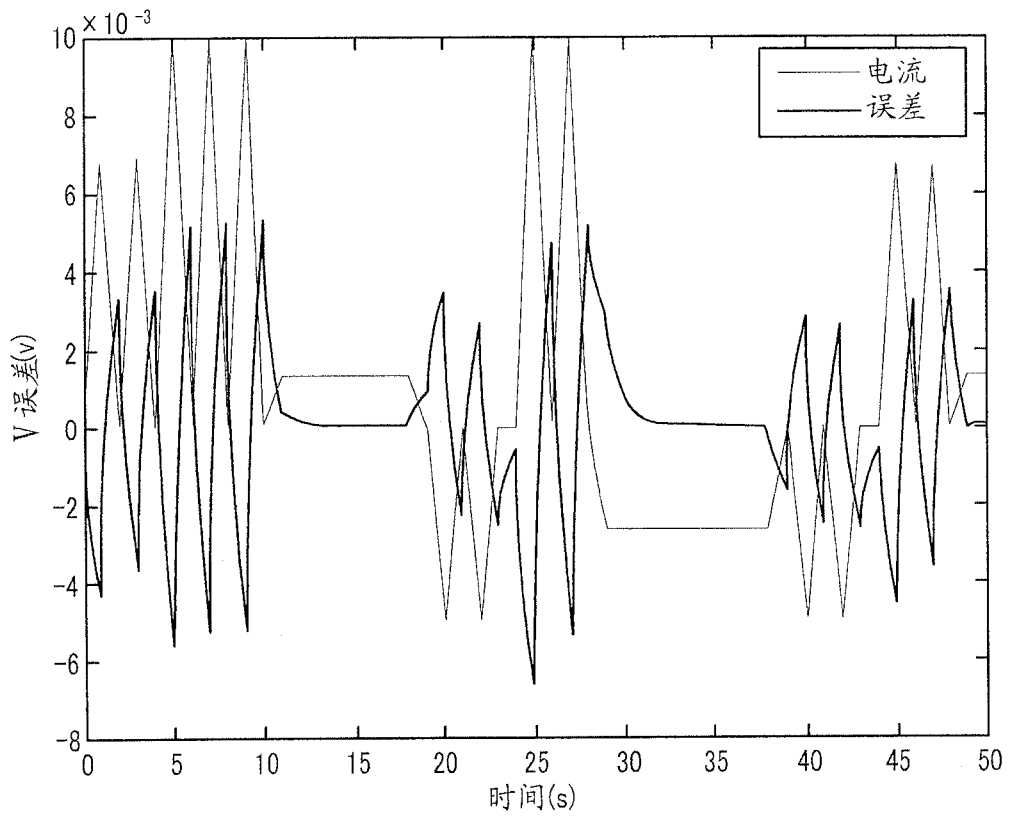


图8