

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 31/36 (2006.01)

B60L 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710143406.5

[43] 公开日 2009年2月4日

[11] 公开号 CN 101359036A

[22] 申请日 2007.7.31

[21] 申请号 200710143406.5

[71] 申请人 比亚迪股份有限公司

地址 518119 广东省深圳市龙岗区葵涌镇延安路比亚迪工业园

[72] 发明人 张 健

[74] 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司

代理人 王凤桐 魏振华

权利要求书2页 说明书7页

[54] 发明名称

电池荷电状态的测定方法

[57] 摘要

一种测定电池荷电状态 SOC 的方法包括采用修正安时积分法（如图）测定 t 时刻的电池荷电状态 SOC 值，修正函数 $\Phi(t)$ 的测定方法包括以下步骤：采用 SOC 理论值计算公式计算多个时刻的电池荷电状态 SOC 理论值 $SOC_{理}$ ；测得在该多个时刻的电池荷电状态 SOC 实际值 $SOC_{实}$ ；采用最小二乘法计算得到用于表达 $SOC_{理}$ 和 $SOC_{实}$ 的差值与所述多个时刻之间的关系的修正函数 $\Phi(t)$ ；其中，步骤 a) 中的 SOC 理论值计算公式为基本安时积分法（见上式），x 为多个时刻中的一个时刻。采用本发明提供的方法可以得到准确的修正函数，从而得出比较精确的电池荷电状态 SOC 值以充分发挥电池性能，保证整车系统的安全性。

$$SOC(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)$$

$$SOC_{理} = \frac{C_0 - \int_0^x i(\tau) d\tau}{C_n}$$

1. 一种测定电池荷电状态 SOC 的方法, 该方法包括采用修正安时积分

法 $SOC(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)$ 测定 t 时刻的电池荷电状态 SOC 值, 其中 C_0 为

电池初始电量, C_n 为电池额定容量, $\Phi(t)$ 为修正函数, $i(\tau)$ 为电流 i 随时间 τ 变化的函数, 其特征在于, 所述修正函数 $\Phi(t)$ 的测定方法包括以下步骤:

a) 采用 SOC 理论值计算公式计算多个时刻的电池荷电状态 SOC 理论值 $SOC_{理}$;

b) 测得在该多个时刻的电池荷电状态 SOC 实际值 $SOC_{实}$;

c) 采用最小二乘法计算得到用于表达所述 $SOC_{理}$ 和所述 $SOC_{实}$ 的差值与所述多个时刻之间的关系的修正函数 $\Phi(t)$;

其中, 步骤 a) 中的 SOC 理论值计算公式为基本安时积分法 $SOC_{理}$

$$= \frac{C_0 - \int_0^x i(\tau) d\tau}{C_n}, \quad x \text{ 为所述多个时刻中的一个时刻。}$$

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述多个时刻至少为 500 个时刻。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述步骤 b) 中的 SOC 实际值 $SOC_{实}$ 通过以下方式中的一种得到:

测量电池从零时刻到所述时刻的电量变化量 ΔC , 并根据公式 $SOC_{实} = \frac{C_0 - \Delta C}{C_n}$ 得出 SOC 实际值 $SOC_{实}$; 或

测量在所述时刻时电池剩余电量 C_r , 并根据公式 $SOC_{实} = \frac{C_r}{C_n}$ 得出 SOC

实际值 $SOC_{实}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述修正函数 $\Phi(t)$ 的测定方法还包括:

d) 以神经网络法循环步骤 a) 至 c) 多次, 每次循环的步骤 a) 中的 SOC 理论值计算公式为修正安时积分法 $\text{SOC}_{\text{理}m} = \frac{C_0 - \int_0^x i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)_{m-1}$, 并将循环

m 次得到的 $\Phi(t)_m$ 作为用于测定 t 时刻的电池荷电状态 SOC 值的修正安时积分法 $\text{SOC}(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)$ 中的修正函数 $\Phi(t)$; 其中, $m \geq 2$, 为循环

次数, $\text{SOC}_{\text{理}m}$ 为第 m 次循环计算得到的 SOC 理, $\Phi(t)_{m-1}$ 为第 $m-1$ 次循环得到的修正函数 $\Phi(t)$, $\Phi(t)_m$ 为第 m 次循环得到的修正函数 $\Phi(t)$, x 为所述多个时刻中的一个时刻。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 循环步骤 a) 至 c) 的次数至一次循环中 SOC 理论值 $\text{SOC}_{\text{理}m}$ 与 SOC 实际值 $\text{SOC}_{\text{实}}$ 对比所得的差值在误差范围内时, 停止循环, 并将最后一次循环中步骤 c) 得到的修正函数 $\Phi(t)_m$ 作为用于测定 t 时刻的电池荷电状态 SOC 值的修正安时积分法

$\text{SOC}(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)$ 中的修正函数 $\Phi(t)$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 步骤 e) 中的误差范围为 $\pm 2\%$ 。

电池荷电状态的测定方法

技术领域

本发明关于一种电池荷电状态的测定方法。

背景技术

电池组作为电动汽车和混合动力汽车的主要或辅助动力源，是电动汽车和混合动力汽车的关键组成部分。如何合理使用电池、充分利用电池中的能量、以及延长电池的使用寿命是电动汽车和混合动力汽车进一步发展所必须解决的问题。

电池荷电状态 SOC (State Of Charge) 用于描述电池的剩余电量，是电池使用过程中的重要参数，它不仅关系到汽车行驶里程的估算，而且关系到动力电池的安全。汽车在运行时，大的电流很可能会造成电池过充或深放，因此一定要对电池的 SOC 状态进行监测，对电池组中每块电池的端电压、温度及充放电电流进行实时采集，随时预报汽车蓄电池的剩余能量或荷电状态，当蓄电池电量过低需要充电时，及时报警，从而提高蓄电池的使用寿命和整车的运行性能。同时，SOC 的准确估计也是进行能量管理策略研究的基础，是电动汽车和混合动力汽车的关键技术之一。

电池荷电状态 (SOC) 通过对电池外特性—电池电压，电池电流、电池内阻、电池温度等参数的检测来推断。以上这些参数与 SOC 的关系随电池老化的过程而改变，这中间含有很多不确定因素，而且动力电池的工作状态及环境随电动汽车和混合动力汽车的行驶而随机改变，因此电池 SOC 的估计已成为电动车和混合动力汽车领域的一个难题。

目前常见的研究方法是通过研究电池复杂的外特性，如开路电压、恒流放电时电压的变化规律、电池内阻特性等来获得 SOC，由此产生了一些剩余

电量 SOC 的基本计算方法，如恒定电流电压法、开路电压法、安时（Ah）积分法、内阻法、比重法等等。

目前运用较多，也比较准确的是修正安时积分法，即采用实时电流积分的安培小时算法进行基本计算，然后通过对影响电池 SOC 的温度、自放电以及老化参数等进行修正，通过修正函数得出比较精确的 SOC 值。然而以上的修正只是理论的情况，实际上还同时存在着影响电池 SOC 的其它许多因素，并且在实际试验和应用中很难得出修正函数。因此到目前为止，采用修正的安时积分算法仍然难以得出 SOC 值达到较高的精度，与实际值仍存在着很大的偏差。

发明内容

本发明的目的是针对现有的测定电动汽车和混合动力汽车的 SOC 值的方法不够准确的问题，提供一种基于修正安时积分算法的能够比较精确的测定 SOC 值的方法。

本发明提供的测定电池 SOC 值的方法包括采用修正安时积分法

$$\text{SOC}(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)$$

测定 t 时刻的电池荷电状态 SOC 值，其中 C_0 为

电池初始电量， C_n 为电池额定容量， $\Phi(t)$ 为修正函数， $i(\tau)$ 为电流 i 随时间 τ 变化的函数，所述修正函数 $\Phi(t)$ 的测定方法包括以下步骤：

- a) 采用 SOC 理论值计算公式计算多个时刻的电池荷电状态 SOC 理论值 $\text{SOC}_{\text{理}}$ ；
- b) 测得在该多个时刻的电池荷电状态 SOC 实际值 $\text{SOC}_{\text{实}}$ ；
- c) 采用最小二乘法计算得到用于表达所述 $\text{SOC}_{\text{理}}$ 与所述 $\text{SOC}_{\text{实}}$ 的差值与所述多个时刻之间的关系的修正函数 $\Phi(t)$ ；

其中，步骤 a) 中的 SOC 理论值计算公式为基本安时积分法 $\text{SOC}_{\text{理}}$

$$= \frac{C_0 - \int_0^x i(\tau) d\tau}{C_n}, \quad x \text{ 为所述多个时刻中的一个时刻。}$$

本发明采用的方法引入了电池 SOC 的实际值，通过 SOC 实际值与计算得到的 SOC 理论值之间的差值来测定用于修正 SOC 理论值的修正函数，以使经过修正函数修正后的 SOC 理论值与 SOC 实际值更加接近。由于此 SOC 实际值是经过多次对电池的实时测量而得到，最能体现电池的状态，比目前将电池老化因素、自放电现象及温度变化等单个因素或某几个因素作为修正函数用于修正 SOC 理论值更加接近实际，并且不需要考虑过多的因素，因此，采用本发明提供的方法可以得到准确的修正函数，采用该准确的修正函数进行修正能够得出比较精确的电池荷电状态 SOC 值，从而能够充分发挥电池性能，对整车系统的安全性提供了一个重要的屏障。

具体实施方式

本发明提供的测定电池 SOC 值的方法包括采用修正安时积分法

$$\text{SOC}(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t) \text{ 测定 } t \text{ 时刻的电池荷电状态 SOC 值，其中 } C_0 \text{ 为}$$

电池初始电量， C_n 为电池额定容量， $\Phi(t)$ 为修正函数， $i(\tau)$ 为电流 i 随时间 τ 变化的函数，所述修正函数 $\Phi(t)$ 的测定方法包括以下步骤：

- a) 采用 SOC 理论值计算公式计算多个时刻的电池荷电状态 SOC 理论值 $\text{SOC}_{\text{理}}$ ；
- b) 测得在该多个时刻的电池荷电状态 SOC 实际值 $\text{SOC}_{\text{实}}$ ；
- c) 采用最小二乘法计算得到用于表达所述 $\text{SOC}_{\text{理}}$ 与所述 $\text{SOC}_{\text{实}}$ 的差值与所述多个时刻之间的关系的修正函数 $\Phi(t)$ ；

其中，步骤 a) 中的 SOC 理论值计算公式为基本安时积分法 $\text{SOC}_{\text{理}}$

$$= \frac{C_0 - \int_0^x i(\tau) d\tau}{C_n}, \quad x \text{ 为所述多个时刻中的一个时刻。}$$

在步骤 a) 中, SOC 理论值的计算公式为 $\text{SOC}_{\text{理}} = \frac{C_0 - \int_0^x i(\tau) d\tau}{C_n}$, 其中 C_0 为电池初始电量, C_n 为电池额定容量, $i(\tau)$ 为电流 i 随时间 τ 变化的函数, 可通过测定充电电流或放电电流与时间的关系得到。其中, 充电电流与时间的关系可由充电器设定, 放电电流与时间的关系可以通过测定不同放电时间的放电电流得到, 放电电流可以通过电流传感器测量得到。

首先采用电量测量装置测得电池的初始电量 C_0 , 接着测量电池在多个时刻的放电(充电)电流 i , 所述放电(充电)电流 i 在不同的测量时刻具有不同的电流值, 这里的 x 为多个时刻中的一个时刻, 例如以秒为单位测量, 当规则地每 5 秒测一次, 则 x 为 5 秒的倍数, 即 5 秒、10 秒、15 秒; 当不规则地在任意时刻测量, 则 x 可以为 1 秒、5 秒、7 秒、8 秒等等。将初始电量 C_0 、电池额定容量 C_n 以及在多个时刻测得的放电(充电)电流 i 代入上述公式计算, 可得到在多个时刻的 SOC 理论值 $\text{SOC}_{\text{理}}$ 。

在与上述步骤中相同的时刻通过测量并计算得到电池 SOC 实际值 $\text{SOC}_{\text{实}}$, $\text{SOC}_{\text{实}}$ 可以通过下列方法中的任意一种得到:

1. 测量电池从零时刻到所述时刻的电量变化量 ΔC , 并根据公式 $\text{SOC}_{\text{实}} = \frac{C_0 - \Delta C}{C_n}$ 得出 SOC 实际值 $\text{SOC}_{\text{实}}$; 该公式中的 C_0 、 C_n 均为上文中测得的值, 电量变化量 ΔC 为已放电(充电)电量, 同样在不同的测量时刻有不同的值; 将 C_0 、 C_n 以及在与上述步骤中相同的时刻测得的电量变化量 ΔC 代入所述公式中, 可得出与上文中 SOC 理论值 $\text{SOC}_{\text{理}}$ 对应的 SOC 实际值 $\text{SOC}_{\text{实}}$ 。

2. 测量在所述时刻时电池剩余电量 C_r ，并根据公式 $SOC_{\text{实}} = \frac{C_r}{C_n}$ 得出 SOC 实际值 $SOC_{\text{实}}$ ，该公式中的电池剩余电量 C_r 为放电（充电）之后电池中的剩余电量，同样在不同的时刻具有不同的值，采用此公式也能得到与上文中 SOC 理论值 $SOC_{\text{理}}$ 对应的 SOC 实际值 $SOC_{\text{实}}$ 。

接着，采用最小二乘法计算得到用于表达 $SOC_{\text{理}}$ 和 $SOC_{\text{实}}$ 的差值与多个时刻之间的关系的修正函数 $\Phi(t)$ 。

$SOC_{\text{理}}$ 和 $SOC_{\text{实}}$ 的差值与多个时刻之间的关系可以以坐标轴上的点来表示，例如 x 轴代表多个时刻，y 轴代表 $SOC_{\text{理}}$ 和 $SOC_{\text{实}}$ 的差值，则每个时刻的 $SOC_{\text{理}}$ 和 $SOC_{\text{实}}$ 的差值都可以用坐标轴上的一个点来表示，则在多个时刻的多个 $SOC_{\text{理}}$ 和 $SOC_{\text{实}}$ 的差值会在坐标轴上形成多个点，经过这些点的图像的函数关系式即为表达 $SOC_{\text{理}}$ 和 $SOC_{\text{实}}$ 的差值与多个时刻之间的关系的修正函数 $\Phi(t)$ 。所述最小二乘法为本领域技术人员公知的数学计算方法，其原理为对这些坐标轴上的点进行比较精确的曲线拟合，以求出其方程式。

根据上述计算方法可知，所述多个时刻越多，计算得出的修正函数 $\Phi(t)$ 越准确。为了得到更准确的结果，优选至少为 500 个时刻，但是，太多时刻需要的工作量非常大，因此，综合准确性和工作量的因素，更优选为 1000-2000 个时刻。

采用上述步骤计算得出的修正函数 $\Phi(t)$ 对电池 SOC 理论值 $SOC_{\text{理}}$ 进行修正，经过修正函数 $\Phi(t)$ 修正之后的电池 SOC 理论值 $SOC_{\text{理}}$ 已经比没有经过修正函数 $\Phi(t)$ 修正的电池的 SOC 理论值 $SOC_{\text{理}}$ 精确。如果将经过修正函数 $\Phi(t)$ 修正后的 SOC 理论值作为下一轮计算中的 $SOC_{\text{理}}$ ，由此再次计算出的修正函数又比第一次计算出的更加精确。因此，优选情况下，所述方法还包括以下步骤：

d) 以神经网络法循环步骤 a) 至 c) 多次，每次循环的步骤 a) 中的 SOC 理

论值计算公式为修正安时积分法 $SOC_{理m} = \frac{C_0 - \int_0^x i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)_{m-1}$ ，并将循环

m 次得到的 $\Phi(t)_m$ 作为用于测定 t 时刻的电池荷电状态 SOC 值的修正安时积

分法 $SOC(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)$ 中的修正函数 $\Phi(t)$ ；其中， $m \geq 2$ ，为循环

次数， $SOC_{理m}$ 为第 m 次循环计算得到的 SOC 理， $\Phi(t)_{m-1}$ 为第 $m-1$ 次循环得到的修正函数 $\Phi(t)$ ， $\Phi(t)_m$ 为第 m 次循环得到的修正函数 $\Phi(t)$ ， x 为所述多个时刻中的一个时刻。

所述神经网络法为本领域技术人员所公知，是一种模仿动物神经网络行为特征，进行分布式并行信息处理的算法数学模型，具有自学习和自适应的能力，可以通过预先提供的一批相互对应的输入和输出数据，分析掌握两者之间潜在的规律，最终根据这些规律，用新的输入数据来推算输出结果。

可以将 $SOC_{理}$ 和 $SOC_{实}$ 的差值以及所述时刻看作是输入数据，得到的修正函数 $\Phi(t)$ 看作是输出数据，经过大量的循环步骤，即网络训练分析和掌握两者之间潜在的规律，最终根据这些规律，只要给出 $SOC_{理}$ 和 $SOC_{实}$ 的差值，就能得到所想要推算的准确的修正函数 $\Phi(t)$ 。

优选情况下，循环步骤 a) 至 c) 的次数至一次循环中 SOC 理论值 $SOC_{理m}$ 与 SOC 实际值 $SOC_{实}$ 对比所得的差值在误差范围内时，停止循环，并将最后一次循环中步骤 c) 得到的修正函数 $\Phi(t)_m$ 作为用于测定 t 时刻的电池荷电

状态 SOC 值的修正安时积分法 $SOC(t) = \frac{C_0 - \int_0^t i(\tau) d\tau}{C_n} + \Phi(t)$ 中的修正函数

$\Phi(t)$ 。这里所述误差范围为 $\pm 2\%$ 。

可以采用任意可以准确测量电流值并可以具有很小的电流采样间隔的电流测量装置对蓄电池的放电（充电）电流 i 进行采样，如电流表。

可以采用任意可以准确记录时间的时间记录装置对蓄电池的放电（充电）时刻 t 进行记录，如记时器。

可以采用任意能够准确测量电池电量的电量测量装置对蓄电池的剩余电量 C_r 或电量变化量 ΔC 进行测量，如电力计。优选情况下采用具有高精度的日置交直流三相电力计 3193。