



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102540096 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201210013565. 4

DE 102007044798 A1, 2009. 02. 19, 全文 .

(22) 申请日 2012. 01. 17

CN 101411033 A, 2009. 04. 15, 全文 .

(73) 专利权人 浙江大学

US 7109685 B2, 2006. 09. 19, 全文 .

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

审查员 刘俊杰

(72) 发明人 宋晨路 张松通 刘涌 韩高荣
翁文剑 杜丕一 程逵

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公
司 33200

代理人 杜军

(51) Int. Cl.

G01R 31/36 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102230953 A, 2011. 11. 02, 全文 .

CN 102074757 A, 2011. 05. 25, 全文 .

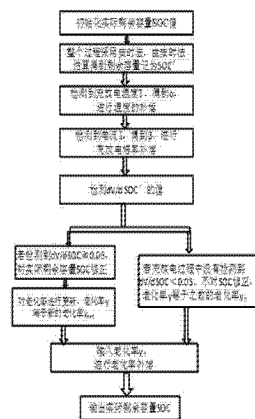
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于磷酸铁锂动力电池剩余容量估算自修正的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于磷酸铁锂动力电池剩余容量估算自修正的方法。现有的方法不能很好的满足国家标准。本发明方法在使用安时法估算磷酸铁锂动力电池剩余容量的基础上进行补偿和修正,根据磷酸铁锂动力电池在充放电末期电压急剧变化这一特征,当检测到 $dV/dSOC' \geq 0.05$ 时对实际剩余容量 SOC 进行修正,减小了单独使用安时法估算而存在的累计误差。本发明方法基于安时法,简单易行,更容易得到应用和推广。同时又提出了一种老化率 γ 的计算方法,通过不断地对老化率进行更新,再次缩小了安时法估算的误差。



1. 一种用于磷酸铁锂动力电池剩余容量估算自修正的方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤(1). 整个充放电过程采用安时法对磷酸铁锂动力电池进行剩余容量的估算,由安时法估算出的参考剩余容量记为 SOC' ;

步骤(2). 根据磷酸铁锂动力电池在某时刻 t 检测得到的温度 T ,对照温度与容量的关系曲线,计算出当前的温度影响因子 α ,进行温度补偿;

步骤(3). 根据磷酸铁锂动力电池在某时刻 t 检测得到的电流 I ,带入公式(1),计算出充放电倍率影响因子 β ,进行充放电倍率的补偿;

$$\beta = \left(\frac{I_0}{I} \right)^n \quad (1)$$

其中, n 是与磷酸铁锂动力电池类型相关的常数, I_0 是磷酸铁锂动力电池额定电流;

步骤(4). 在充放电过程中,若检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$,实施步骤(5)~(7);若检测到的 $dV/dSOC' < 0.05$,则实施步骤(8);其中 $dV/dSOC'$ 是路端电压相对于安时法估算的参考剩余容量的变化率;

步骤(5). 当磷酸铁锂动力电池充电过程中检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$,且由安时法得到 $SOC' > 10\%$ 时,该 t_1 状态下对实际剩余容量 SOC 进行一次如下修正:

$$SOH = \alpha \times \beta \times \gamma \quad (2)$$

$$SOC = SOC_1 = SOH_1 \times 98\% \quad (3)$$

此时 SOC_1 替代由安时法计算出的参考剩余容量 SOC' ,同时记录此时 SOC' 的值,记为 SOC'_0 ,其中 SOH 是磷酸铁锂动力电池健康状态, SOC_1 是 t_1 状态下对应磷酸铁锂动力电池的剩余容量, SOH_1 是 t_1 状态下磷酸铁锂动力电池的健康状态;

步骤(6). 当磷酸铁锂动力电池放电过程中检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$,且由安时法得到 $SOC' < 10\%$ 时,该 t_2 状态下对实际剩余容量 SOC 进行一次如下修正:

$$SOC = SOC_2 = SOH_2 \times 5\% \quad (4)$$

此时 SOC_2 替代由安时法计算出的参考剩余容量 SOC' ,同时记录此时 SOC' 的值,记为 SOC'_0 ,其中, SOC_2 是 t_2 状态下对应磷酸铁锂动力电池的剩余容量, SOH_2 是 t_2 状态下磷酸铁锂动力电池的健康状态;

步骤(7). 在磷酸铁锂动力电池的使用过程中,当步骤(5)或步骤(6)发生时,即进行第 n 次修正后磷酸铁锂动力电池的实际剩余容量为 SOC_n ,结合上一次对剩余容量 SOC_{n-1} 的修正,即可对老化率进行如下更新:

$$SOC_n \times \gamma_{n+1} / \gamma_n - SOC_{n-1} \times \gamma_n / \gamma_{n-1} = SOC'_0 \quad (5)$$

$$\text{即 } \gamma = \gamma_{n+1} = \frac{SOC_{n-1} \times \gamma_n \times \gamma_n}{SOC_n \times \gamma_{n-1}} + \frac{SOC'_0 \times \gamma_n}{SOC_n} \quad (6)$$

由此计算出更新后的老化率 γ_{n+1} ,并代替之前的老化率 γ_n ,跳至步骤(9);老化率的初始值 γ_0 、 γ_1 为 100%;

步骤(8). 磷酸铁锂动力电池的老化率不更新,继续沿用之前的老化率;

步骤(9). 确定老化率 γ 的值,进行老化率的补偿;

步骤(10). 输出修正后的实际剩余容量值 SOC。

一种用于磷酸铁锂动力电池剩余容量估算自修正的方法

技术领域

[0001] 本发明属于化学能源应用技术领域,具体涉及一种用于磷酸铁锂动力电池剩余容量估算自修正的方法。

背景技术

[0002] 随着全球环保意识的增强和能源问题的突出,电动汽车已成为绿色车辆最主要的发展方向。目前应用于电动汽车的动力电池主要有铅酸电池、镍氢电池和锂离子电池,各有优缺点。磷酸铁锂动力电池由于具有寿命长,使用安全,可大电流快速充放电,耐高温,大容量,无记忆效应等优点能更好的满足电动汽车对车载电池的要求,而迅速得到应用和推广。

[0003] 电池剩余电量又称电池的荷电状态(State of Charge,即SOC)是电池状态的主要参数之一,为电动汽车整车的控制策略提供了依据。保证SOC维持在合理的范围内,防止由于过充电或过放电对电池的损伤,从而随时预报电动汽车储能电池还剩余多少能量或者储能电池的荷电状态,为我们合理利用电池,提高电池使用寿命,降低维护成本提供了技术方向。如何准确又可靠地获得电池剩余容量是电池智能管理系统中最基本也是最重要的任务。

[0004] 目前国内外在对电池剩余容量的准确估算方面已做了不少的研究,常用的方法主要有:安时积分法、开路电压法、模糊神经网络法和卡尔曼滤波法等。

[0005] 安时积分法是通过计算电池在充电或放电时的累积电量来估计电池的SOC。安时法是目前应用最广泛,最简单易行的剩余电量估计方法。但该方法得到的SOC估计存在较大的累计误差。

[0006] 开路电压法是利用电池的开路电压与电池的SOC的单调对应关系,建立剩余容量(SOC)—开路电压(OCV)之间的关系曲线,通过测量电池的开路电压来估计SOC值。该方法对SOC—OCV关系测量较严格,只适用与SOC随OCV变化明显的电池。

[0007] 模糊神经网络法是依靠大量的样本数据来训练建好的模糊神经网络模型,这种方法对训练方法和训练数据的依赖性较大,目前国内外绝大多数成果停留在计算机仿真阶段,离具体实际应用还有一定的距离。

[0008] 卡尔曼滤波法是对动力系统的状态做出最小方差意义上的最优估计,但是该方法需要大量的计算。

[0009] 磷酸铁锂动力电池由于具有很平坦的充放电平台,而电池管理系统的SOC需要精度高,而且是实时的在线估计,那么与开路电压法有关的剩余容量计算方法就不再适用于磷酸铁锂动力电池。而电动汽车的控制策略是根据电池组的SOC随时调整的,在任何时刻都必须准确的提供当前的SOC值,这就需要不能存在累积误差,目前国家标准要求误差不超过8%,而现有技术的估计方法不容易满足。

发明内容

[0010] 本发明的目的是针对现有技术存在的不足,提供一种可以更准确的估算磷酸铁

锂动力电池剩余容量的方法。

[0011] 本发明方法,由外部电路检测得到磷酸铁锂动力电池在某时刻 t 的温度 T 、电流 I 和电压值 V ,结合由安时法得到的参考剩余容量 SOC' ,当检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$ 时,对实际剩余容量 SOC 进行修正,同时在进行剩余容量的修正过程中完成对老化率 Y 的更新。

[0012] 本发明方法具体实施步骤如下:

[0013] 步骤(1). 整个充放电过程采用安时法对磷酸铁锂动力电池进行剩余容量的估算,由安时法估算出的参考剩余容量记为 SOC' ;

[0014] 步骤(2). 根据磷酸铁锂动力电池在某时刻 t 检测得到的温度 T ,对照温度与容量的关系曲线,计算出当前的温度影响因子 α ,进行温度补偿;

[0015] 步骤(3). 根据磷酸铁锂动力电池在某时刻 t 检测得到的电流 I ,带入公式(1),计算出充放电倍率影响因子 β ,进行充放电倍率的补偿。

$$[0016] \quad \beta = \left(\frac{I_0}{I} \right)^n \quad (1)$$

[0017] 其中, n 是与磷酸铁锂动力电池类型相关的常数, I_0 是磷酸铁锂动力电池额定电流;

[0018] 步骤(4). 在充放电过程中,若检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$,实施步骤(5)~(7);若检测到的 $dV/dSOC' < 0.05$,则实施步骤(8);其中 $dV/dSOC'$ 是路端电压相对于安时法估算的参考剩余容量的变化率;

[0019] 步骤(5). 当磷酸铁锂动力电池充电过程中检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$,且由安时法得到 $SOC' > 10\%$ 时,该 t_1 状态下对实际剩余容量 SOC 进行一次如下修正:

$$[0020] \quad SOH = \alpha \times \beta \times \gamma \quad (2)$$

$$[0021] \quad SOC = SOC_1 = SOH_1 \times 98\% \quad (3)$$

[0022] 此时 SOC_1 替代由安时法计算出的参考剩余容量 SOC' ,同时记录此时 SOC' 的值,记为 SOC'_0 ,其中 SOH 是磷酸铁锂动力电池健康状态, SOC_1 是 t_1 状态下对应磷酸铁锂动力电池的剩余容量, SOH_1 是 t_1 状态下磷酸铁锂动力电池的健康状态;

[0023] 步骤(6). 当磷酸铁锂动力电池放电过程中检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$,且由安时法得到 $SOC' < 10\%$ 时,该 t_2 状态下对实际剩余容量 SOC 进行一次如下修正:

$$[0024] \quad SOC = SOC_2 = SOH_2 \times 5\% \quad (4)$$

[0025] 此时 SOC_2 替代由安时法计算出的参考剩余容量 SOC' ,同时记录此时 SOC' 的值,记为 SOC'_0 ,其中, SOC_2 是 t_2 状态下对应磷酸铁锂动力电池的剩余容量, SOH_2 是 t_2 状态下磷酸铁锂动力电池的健康状态;

[0026] 步骤(7). 在磷酸铁锂动力电池的使用过程中,当步骤(5)或步骤(6)发生时,即进行第 n 次修正后磷酸铁锂动力电池的实际剩余容量为 SOC_n ,结合上一次对剩余容量 SOC_{n-1} 的修正,即可对老化率进行如下更新:

$$[0027] \quad \frac{SOC_n \times \gamma_{n+1}}{\gamma_n} - \frac{SOC_{n-1} \times \gamma_n}{\gamma_{n-1}} = SOC'_0 \quad (5)$$

[0028] 即

$$[0029] \quad \gamma = \gamma_{n+1} = \frac{SOC_{n-1} \times \gamma_n \times \gamma_n}{SOC_n \times \gamma_{n-1}} + \frac{SOC'_0 \times \gamma_n}{SOC_n} \quad (6)$$

[0030] 由此计算出更新后的老化率 γ_{n+1} ，并代替之前的老化率 γ_n ，跳至步骤(9)；老化率的初始值 γ_0 、 γ_1 为 100%；

[0031] 步骤(8). 磷酸铁锂动力电池的老化率不更新，继续沿用之前的老化率；

[0032] 步骤(9). 确定老化率 γ 的值，进行老化率的补偿；

[0033] 步骤(10). 输出修正后的实际剩余容量值 SOC。

[0034] 相比现有的估算方法，本发明方法有益效果如下：

[0035] 1、本发明方法基于安时法，简单易行，更容易得到应用和推广。

[0036] 2、本发明方法在电池的充放电过程中，当检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$ 时，对剩余容量 SOC 进行修正，所以因单独使用安时法存在的不断增大的 SOC 累计误差，在本方法中几乎可以忽略不计。

[0037] 3、本发明方法提出了一种新的老化率计算方法，避免了循环次数难以界定的难题，通过不断地对老化率进行更新，再次缩小了安时法估算存在的误差。

附图说明

[0038] 图 1 是室温下某磷酸铁锂动力电池不同放电倍率下的放电曲线；

[0039] 图 2 是室温下某磷酸铁锂动力电池的某倍率下的充放电曲线；

[0040] 图 3 是室温下某磷酸铁锂动力电池不同放电倍率下电压相对与剩余容量变化率的图像；

[0041] 图 4 是室温下某磷酸铁锂动力电池充电时电压相对与剩余容量变化率的图像；

[0042] 图 5 本发明方法估算磷酸铁锂动力电池剩余容量的流程图。

具体实施方式

[0043] 下面将结合附图对本发明方法作进一步说明。

[0044] 如图 5 所示本发明方法包括如下步骤：

[0045] 步骤(1). 对实际剩余容量 SOC 的值初始化：以磷酸铁锂动力电池的额定容量 C 为参考值；

[0046] 步骤(2). 整个充放电过程采用安时法对磷酸铁锂动力电池进行剩余容量的估算，由安时法估算出的参考剩余容量记为 SOC' ；

[0047] 步骤(3). 在不同温度下对磷酸铁锂动力电池进行充放电测试，构造出磷酸铁锂动力电池温度与容量的关系曲线，根据磷酸铁锂动力电池在某时刻 t 检测得到的温度 T，对照温度与容量的关系曲线，计算出当前的温度影响因子 α ，进行温度补偿；

[0048] 步骤(4). 根据磷酸铁锂动力电池在某时刻 t 检测得到的电流 I，带入公式(1)，计算出充放电倍率影响因子 β ，进行充放电倍率的补偿；

$$[0049] \quad \beta = \left(\frac{I_0}{I} \right)^n \quad (1)$$

[0050] 其中，n 是与磷酸铁锂动力电池类型相关的常数，可根据公式 $I^n t = K$

计算得出, K 是与活性物质质量有关的常数, 根据两种电流下电池放完电所需要的时间, 计算出 n 的值, I_0 是磷酸铁锂动力电池额定电流, 进而计算出某时刻 t 电流 I 下的充放电倍率影响因子 β , 如图 1 所示为室温下某磷酸铁锂动力电池在几种不同放电倍率下的放电曲线;

[0051] 步骤 (5). 在充放电过程中, 若检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$, 实施步骤 (6) ~ (8), 若检测到的 $dV/dSOC' < 0.05$, 则实施步骤 (9), 其中 $dV/dSOC'$ 是路端电压 V 相对于安时法估算的参考剩余容量 SOC' 的变化率;

[0052] 图 2 是室温下某磷酸铁锂动力电池充放电流为 7.5A 的充放电曲线, $dV/dSOC' = 0.05$ 时, t_1 状态和 t_2 状态所对应位置如图 2 所示。图 3 和图 4 为室温下某磷酸铁锂动力电池放电曲线的导函数(电压 V 相对与剩余容量 SOC' 的变化率)图像和充电曲线的导函数图像, 在充电末期和放电末期 $dV/dSOC'$ 剧增, 本发明方法正是基于磷酸铁锂动力电池的这种特征来进行剩余容量的估算。

[0053] 步骤 (6). 当磷酸铁锂动力电池充电过程中检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$, 且由安时法得到 $SOC' > 10\%$ 时, 该时刻 t_1 状态下对实际剩余容量 SOC 进行一次如下修正:

$$[0054] \quad SOH = \alpha \times \beta \times \gamma \quad (2)$$

$$[0055] \quad SOC = SOC_1 = SOH_1 \times 98\% \quad (3)$$

[0056] 此时 SOC_1 替代由安时法估算的参考剩余容量 SOC' , 同时记录此时 SOC' 的值, 记为 SOC'_0 , 其中 SOH 是磷酸铁锂动力电池健康状态, SOC_1 是状态 t_1 下对应磷酸铁锂动力电池的剩余容量, SOH_1 是状态 t_1 下磷酸铁锂动力电池的健康状态;

[0057] 步骤 (7). 当磷酸铁锂动力电池放电过程中检测到的 $dV/dSOC' \geq 0.05$, 且由安时法得到 $SOC' < 10\%$ 时, 该时刻 t_2 状态下对实际剩余容量 SOC 进行一次如下修正:

$$[0058] \quad SOC = SOC_2 = SOH_2 \times 5\% \quad (4)$$

[0059] 此时 SOC_2 替代由安时法计算出的参考剩余容量 SOC' , 同时记录此时 SOC' 的值, 记为 SOC'_0 , 其中, SOC_2 是状态 t_2 下对应磷酸铁锂动力电池的剩余容量, SOH_2 是状态 t_2 下磷酸铁锂动力电池的健康状态;

[0060] 步骤 (8). 在磷酸铁锂动力电池的使用过程中, 当步骤 (6) 或步骤 (7) 发生时, 即进行第 n 次修正后磷酸铁锂动力电池的实际剩余容量为 SOC_n , 结合上一次对剩余容量 SOC_{n-1} 的修正, 即可对老化率进行如下更新:

$$[0061] \quad \frac{SOC_n \times \gamma_{n+1}}{\gamma_n} - \frac{SOC_{n-1} \times \gamma_n}{\gamma_{n-1}} = SOC'_0 \quad (5)$$

[0062] 即

$$[0063] \quad \gamma = \gamma_{n+1} = \frac{SOC_{n-1} \times \gamma_n \times \gamma_n}{SOC_n \times \gamma_{n-1}} + \frac{SOC'_0 \times \gamma_n}{SOC_n} \quad (6)$$

[0064] 由此计算出当前的老化率 γ_{n+1} , 并代替之前的老化率 γ_n , 跳至步骤 (10); 老化率 γ 的初始值 γ_0 、 γ_1 为 100%;

[0065] 步骤 (9). 磷酸铁锂动力电池的老化率不更新, 继续沿用之前的老化率;

[0066] 步骤 (10). 确定老化率 γ 的值, 进行老化率的补偿;

[0067] 步骤 (11). 输出修正后的实际剩余容量值 SOC 。

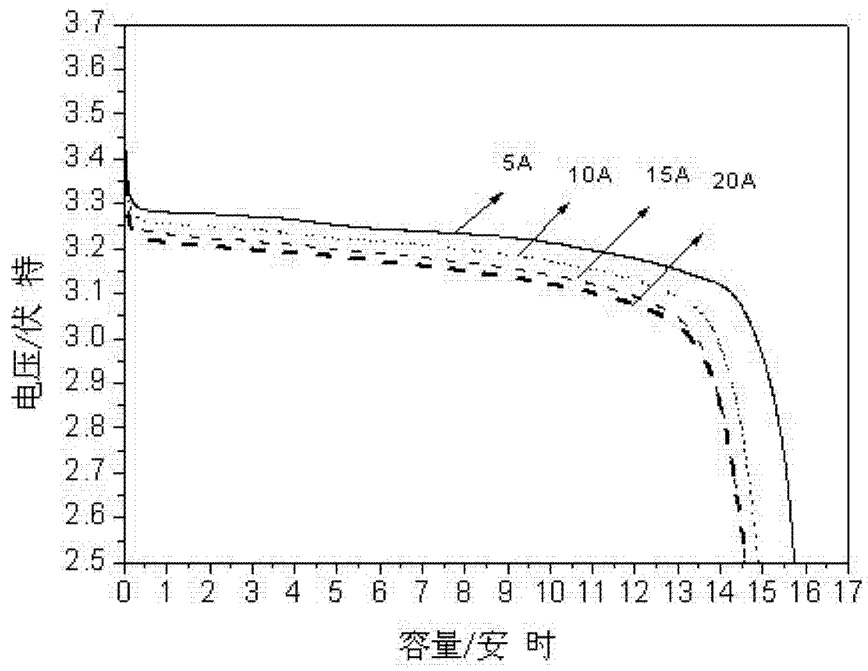


图 1

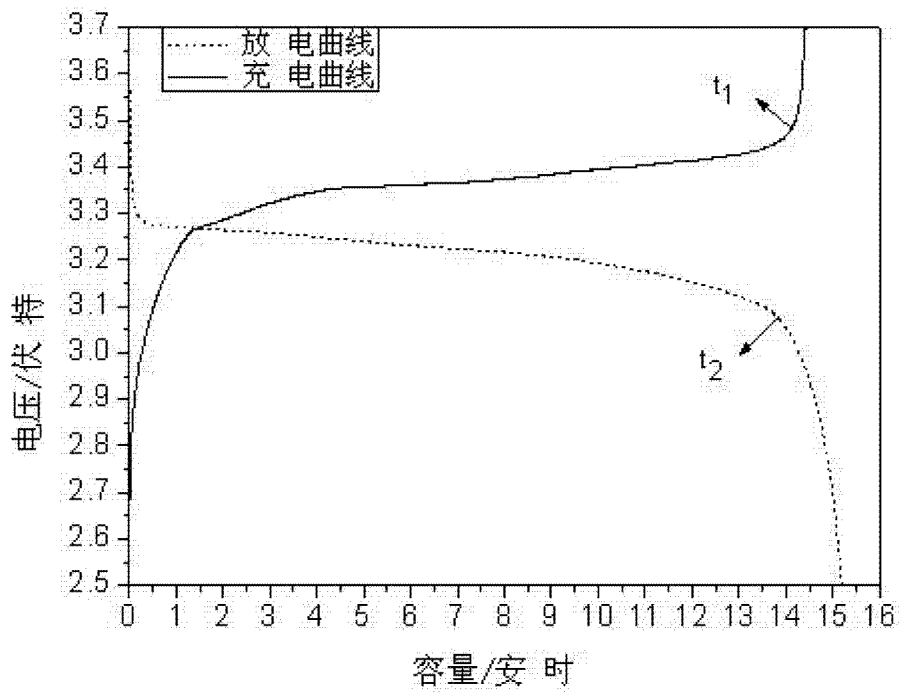


图 2

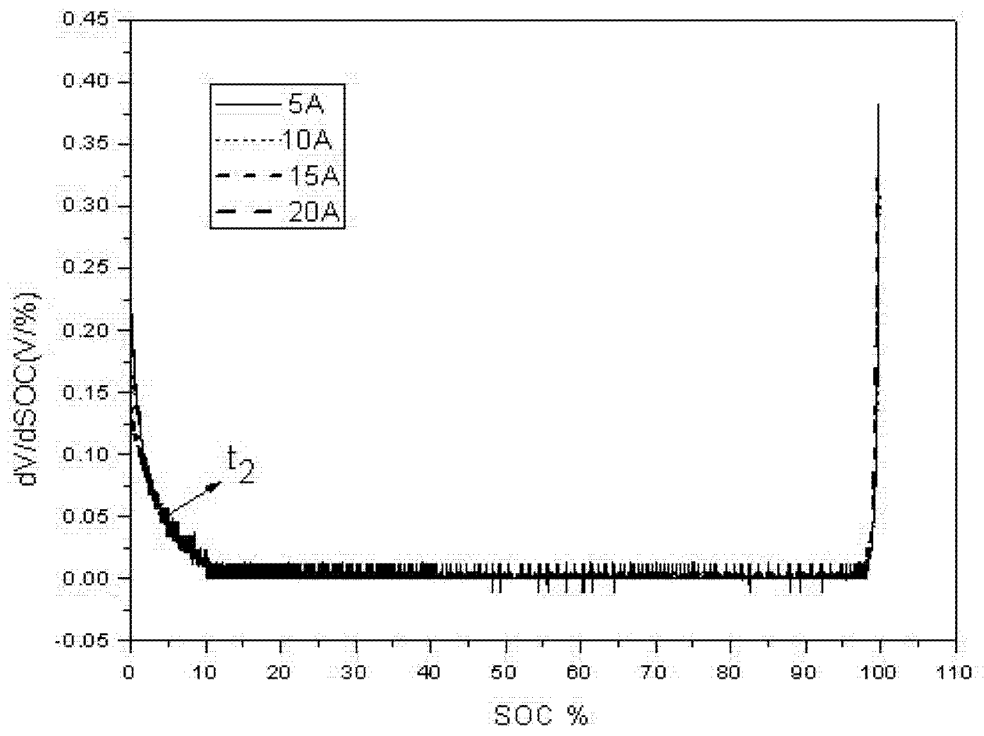


图 3

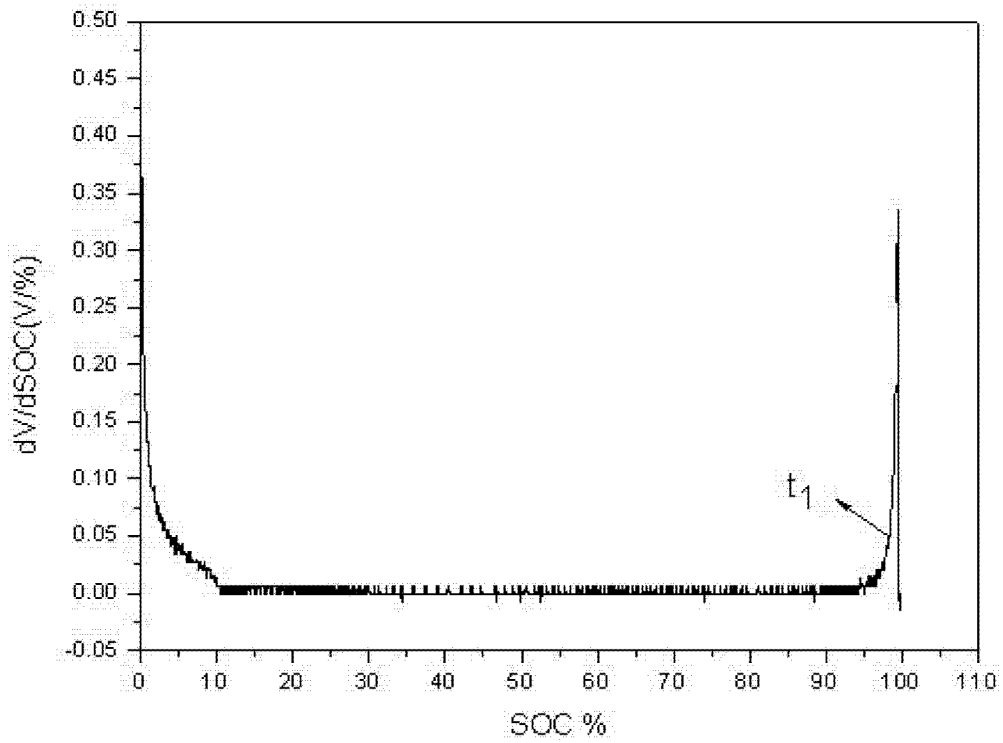


图 4

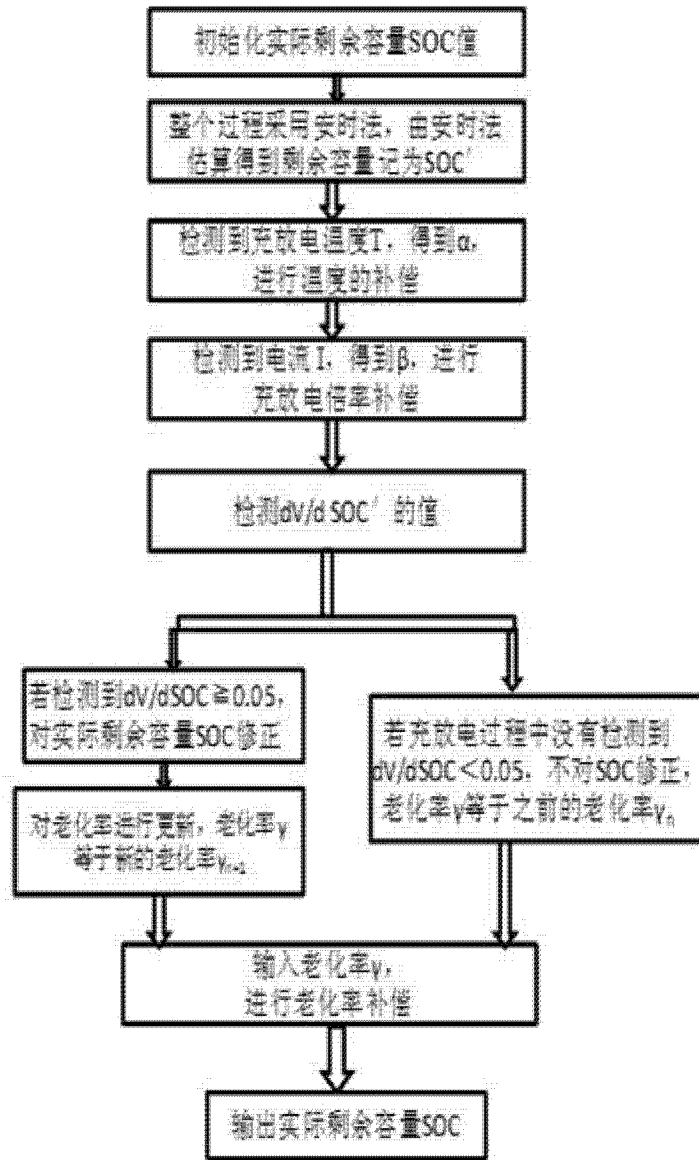


图 5