



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109856550 B

(45) 授权公告日 2021.04.16

(21) 申请号 201711226360.3

CN 106654421 A, 2017.05.10

(22) 申请日 2017.11.29

US 2014234753 A1, 2014.08.21

WO 2016007555 A1, 2016.01.14

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109856550 A

吴红斌. 典型蓄电池的建模与荷电状态估算的对比研究.《电子测量与仪器学报》.2014, 第717-722页.

(43) 申请公布日 2019.06.07

(73) 专利权人 上海电气集团股份有限公司

地址 200336 上海市长宁区兴义路8号30层

Tao Du. Research on Flow Control of all Vanadium Flow Battery Energy Storage Based on Fuzzy Algorithm.《2016 8th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)》.2016, 全文.

(72) 发明人 廖文俊 汪保国 王少鹏 周禹

(74) 专利代理机构 上海弼兴律师事务所 31283

代理人 薛琦 邓忠红

审查员 陈豆豆

(51) Int. Cl.

G01R 31/3832 (2019.01)

(56) 对比文件

CN 103492891 A, 2014.01.01

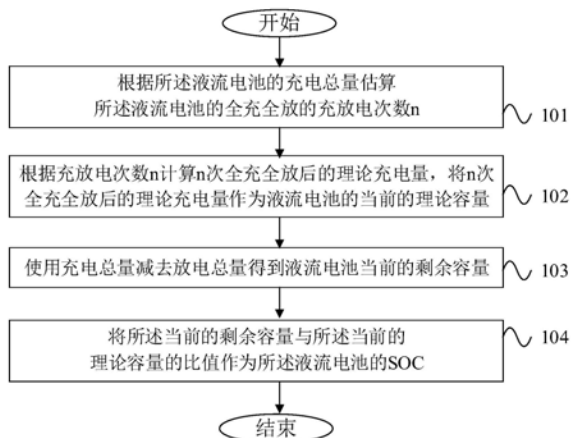
权利要求书7页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

液流电池的SOC的估算方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了液流电池的SOC的估算方法及系统,估算方法包括以下步骤:S₁、根据所述液流电池的充电总量Q_{charge}估算所述液流电池的全充全放的充放电次数n;S₂、根据所述充放电次数n计算n次全充全放后的理论充电量,将所述n次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;S₃、根据所述充电总量Q_{charge}、所述液流电池的放电总量Q_{discharge}以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC。本发明通过算法获得相当于额定电流全充全放条件下电池的充放电次数n,并最终求得SOC值,算法简单且估算结果的准确性高。



1. 一种液流电池的SOC的估算方法,其特征在于,包括以下步骤:

S₁、根据所述液流电池的充电总量Q_{charge}估算所述液流电池的全充全放的充放电次数n;

S₂、根据所述充放电次数n计算n次全充全放后的理论充电量,将所述n次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

S₃、根据所述充电总量Q_{charge}、所述液流电池的放电总量Q_{discharge}以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC;

步骤S₁采用如下公式估算所述充放电次数n:

$$n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}, Q_1 \text{ 表示初始充电容量, } k_{charge} \text{ 表示充电容量衰减}$$

率;

所述液流电池为全钒液流电池;

步骤S₃采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$SOC = \lambda \frac{Q_{charge}*CE - Q_{discharge}}{Q_1' + n*k'_{discharge}} + \eta,$$

Q₁'表示初始放电容量, k'_{discharge}表示放电容量衰减率, λ和η为修正系数, CE为额定状态下的电流效率;

或, 步骤S₃采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$SOC = \lambda \frac{Q_{charge}*CE*[1 + \alpha*\psi_1(I)] - Q_{discharge}}{Q_1' + n*k'_{discharge}} + \eta,$$

Q₁'表示初始放电容量, k'_{discharge}表示放电容量衰减率, λ和η为修正系数, CE为额定状态下的电流效率, α为电流影响因子修正系数, ψ₁(I)表示电流大小对电流效率影响的因子函数。

2. 如权利要求1所述的液流电池的SOC的估算方法,其特征在于,步骤S₃包括以下步骤:

S₃₁、使用所述充电总量Q_{charge}减去所述放电总量Q_{discharge}得到所述液流电池的当前的剩余容量;

S₃₂、将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

3. 一种液流电池的SOC的估算方法,其特征在于,包括以下步骤:

S₁、根据所述液流电池的充电总量Q_{charge}估算所述液流电池的全充全放的充放电次数n;

S₂、根据所述充放电次数n计算n次全充全放后的理论充电量,将所述n次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

S₃、根据所述充电总量Q_{charge}、所述液流电池的放电总量Q_{discharge}以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC;

步骤S₁采用如下公式估算所述充放电次数n:

$$n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}, Q_1 \text{ 表示初始充电容量, } k_{charge} \text{ 表示充电容量衰减}$$

率;

所述液流电池为全钒液流电池;

步骤S₃采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] * [1 + \beta * \psi_2(T)] - Q_{discharge}}{q'_1 + n * k'_{discharge} + \gamma * \Delta q' * \psi_3(T)} + \eta,$$

q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数, CE 为额定状态下的电流效率, $\Delta q'$ 表示放电容量随温度的变化率, α 为电流影响因子修正系数, β 为温度影响因子修正系数, γ 为容量变化修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数, $\psi_2(T)$ 表示温度高低对电流效率影响的因子函数, $\psi_3(T)$ 表示温度高低对电池容量变化的影响因子函数。

4.如权利要求3所述的液流电池的SOC的估算方法,其特征在于, λ 的取值范围为[0.9, 1.1], η 的取值范围为[-0.1, 0.1], α 的取值范围为[0.9, 1.1], β 的取值范围为[0.9, 1.1], γ 的取值范围为[0.9, 1.1]。

5.如权利要求4所述的液流电池的SOC的估算方法,其特征在于,

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间(0, 0.75),并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间(0, 0.75)时, $\psi_1(I)$ 的取值为-0.004;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间(0, 0.75),并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间[0.75, 1.25]时, $\psi_1(I)$ 的取值为-0.002;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间(0, 0.75),并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间(1.25, 3)时, $\psi_1(I)$ 的取值为0;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间[0.75, 1.25],并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间(0, 0.75)时, $\psi_1(I)$ 的取值为-0.002;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间[0.75, 1.25],并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间[0.75, 1.25]时, $\psi_1(I)$ 的取值为0;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间[0.75, 1.25],并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间(1.25, 3)时, $\psi_1(I)$ 的取值为0.002;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间(1.25, 3),并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间(0, 0.75)时, $\psi_1(I)$ 的取值为0;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间(1.25, 3),并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间[0.75, 1.25]时, $\psi_1(I)$ 的取值为0.002;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间(1.25, 3),并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间(1.25, 3)时, $\psi_1(I)$ 的取值为0.004;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间(0,1],并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间(0,1]时, $\psi_2(T)$ 的取值为0;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间(0,1],并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间(1,1.03)时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.01;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间(0,1],并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间[1.03,1.23)时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.015;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间(1,1.03),并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间(0,1]时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.01;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间(1,1.03),并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间(1,1.03)时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.015;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间(1,1.03),并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间[1.03,1.23)时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.02;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间[1.03,1.23),并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间(0,1]时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.015;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间[1.03,1.23),并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间(1,1.03)时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.02;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间[1.03,1.23),并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间[1.03,1.23)时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.025;

其中, $\psi_2(T)$ 的温度单位为K;

当温度区间为(40°C,60°C)时, $\psi_3(T)$ 的取值为1;

当温度区间为[30°C,40°C]时, $\psi_3(T)$ 的取值为0.1;

当温度区间为[20°C,30°C)时, $\psi_3(T)$ 的取值为-1;

当温度区间为[10°C,20°C)时, $\psi_3(T)$ 的取值为-2.3;

当温度区间为[0°C,10°C)时, $\psi_3(T)$ 的取值为-4.9;

当温度区间为[-10°C,0°C)时, $\psi_3(T)$ 的取值为-8.4;

其中,

$$\text{所述平均充电电流 } I_{charge}^o = \frac{Q_{charge}}{t},$$

$$\text{所述平均放电电流 } I_{discharge}^o = \frac{Q_{discharge}}{t},$$

所述充电过程平均温度 $T_{charge}^o = \frac{\int_0^t T_{charge} \cdot dt}{t}$, T_{charge} 表示充电温度,

所述放电过程平均温度 $T_{discharge}^o = \frac{\int_0^t T_{discharge} \cdot dt}{t}$, $T_{discharge}$ 表示放电温度。

6. 如权利要求3所述的液流电池的SOC的估算方法,其特征在于,步骤 S_3 包括以下步骤:

S_{31} 、使用所述充电总量 Q_{charge} 减去所述放电总量 $Q_{discharge}$ 得到所述液流电池的当前的剩余容量;

S_{32} 、将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

7. 一种液流电池的SOC的估算系统,其特征在于,包括充放电次数估算模块、理论容量计算模块和SOC计算模块;

所述充放电次数估算模块,用于根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述液流电池的全充全放的充放电次数 n ;

所述理论容量计算模块,用于根据所述充放电次数 n 计算 n 次全充全放后的理论充电量,将所述 n 次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

所述SOC计算模块,用于根据所述充电总量 Q_{charge} 、所述液流电池的放电总量 $Q_{discharge}$ 以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC;

所述充放电次数估算模块用于采用如下公式估算所述充放电次数 n :

$$n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}, Q_1 \text{ 表示初始充电容量, } k_{charge} \text{ 表示充电容量衰减}$$

率;

所述液流电池为全钒液流电池;

所述SOC计算模块用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE - Q_{discharge}}{Q_1' + n * k_{discharge}'} + \eta,$$

Q_1' 表示初始放电容量, $k_{discharge}'$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数, CE 为额定状态下的电流效率;

或,所述SOC计算模块用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] - Q_{discharge}}{Q_1' + n * k_{discharge}'} + \eta,$$

Q_1' 表示初始放电容量, $k_{discharge}'$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数, CE 为额定状态下的电流效率, α 为电流影响因子修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数。

8. 如权利要求7所述的液流电池的SOC的估算系统,其特征在于,所述SOC计算模块包括剩余容量计算模块和比值计算模块;

所述剩余容量计算模块,用于使用所述充电总量 Q_{charge} 减去所述放电总量 $Q_{discharge}$ 得到所述液流电池的当前的剩余容量;

所述比值计算模块,用于将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

9. 一种液流电池的SOC的估算系统,其特征在于,包括充放电次数估算模块、理论容量计算模块和SOC计算模块;

所述充放电次数估算模块,用于根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述液流电池的全充全放的充放电次数 n ;

所述理论容量计算模块,用于根据所述充放电次数 n 计算 n 次全充全放后的理论充电量,将所述 n 次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

所述SOC计算模块,用于根据所述充电总量 Q_{charge} 、所述液流电池的放电总量 $Q_{discharge}$ 以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC;

所述充放电次数估算模块用于采用如下公式估算所述充放电次数 n :

$$n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}, Q_1 \text{ 表示初始充电容量, } k_{charge} \text{ 表示充电容量衰减}$$

率;

所述液流电池为全钒液流电池;

所述SOC计算模块用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] * [1 + \beta * \psi_2(T)] - Q_{discharge}}{Q_1' + n * k_{discharge}' + \gamma * \Delta Q' * \psi_3(T)} + \eta,$$

Q_1' 表示初始放电容量, $k_{discharge}'$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数, CE 为额定状态下的电流效率, $\Delta Q'$ 表示放电容量随温度的变化率, α 为电流影响因子修正系数, β 为温度影响因子修正系数, γ 为容量变化修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数, $\psi_2(T)$ 表示温度高低对电流效率影响的因子函数, $\psi_3(T)$ 表示温度高低对电池容量变化的影响因子函数。

10. 如权利要求9所述的液流电池的SOC的估算系统,其特征在于, λ 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, η 的取值范围为 $[-0.1, 0.1]$, α 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, β 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, γ 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$ 。

11. 如权利要求10所述的液流电池的SOC的估算系统,其特征在于,

当平均放电电流 $I_{discharge}^0$ 与额定电流的比值处于区间 $(0, 0.75)$,并且平均充电电流 I_{charge}^0 与额定电流的比值处于区间 $(0, 0.75)$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为 -0.004 ;

当平均放电电流 $I_{discharge}^0$ 与额定电流的比值处于区间 $(0, 0.75)$,并且平均充电电流 I_{charge}^0 与额定电流的比值处于区间 $[0.75, 1.25]$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为 -0.002 ;

当平均放电电流 $I_{discharge}^0$ 与额定电流的比值处于区间 $(0, 0.75)$,并且平均充电电流 I_{charge}^0 与额定电流的比值处于区间 $(1.25, 3)$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为 0 ;

当平均放电电流 $I_{discharge}^0$ 与额定电流的比值处于区间 $[0.75, 1.25]$,并且平均充电电流 I_{charge}^0 与额定电流的比值处于区间 $(0, 0.75)$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为 -0.002 ;

当平均放电电流 $I_{discharge}^0$ 与额定电流的比值处于区间 $[0.75, 1.25]$,并且平均充电电

流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间 $[0.75, 1.25]$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为0;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间 $[0.75, 1.25]$,并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间 $(1.25, 3)$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为0.002;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间 $(1.25, 3)$,并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间 $(0, 0.75)$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为0;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间 $(1.25, 3)$,并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间 $[0.75, 1.25]$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为0.002;

当平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值处于区间 $(1.25, 3)$,并且平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值处于区间 $(1.25, 3)$ 时, $\psi_1(I)$ 的取值为0.004;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $(0, 1]$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $(0, 1]$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为0;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $(0, 1]$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $(1, 1.03)$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.01;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $(0, 1]$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $[1.03, 1.23)$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.015;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $(1, 1.03)$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $(0, 1]$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.01;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $(1, 1.03)$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $(1, 1.03)$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.015;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $(1, 1.03)$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $[1.03, 1.23)$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.02;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $[1.03, 1.23)$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $(0, 1]$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.015;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $[1.03, 1.23)$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $(1, 1.03)$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.02;

当放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值处于区间 $[1.03, 1.23)$,并且充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值处于区间 $[1.03, 1.23)$ 时, $\psi_2(T)$ 的取值为-0.025;

其中, $\psi_2(T)$ 的温度单位为K;

当温度区间为 $(40^{\circ}\text{C}, 60^{\circ}\text{C})$ 时, $\psi_3(T)$ 的取值为1;

当温度区间为 $[30^{\circ}\text{C}, 40^{\circ}\text{C}]$ 时, $\psi_3(T)$ 的取值为0.1;

当温度区间为 $[20^{\circ}\text{C}, 30^{\circ}\text{C})$ 时, $\psi_3(T)$ 的取值为-1;

当温度区间为 $[10^{\circ}\text{C}, 20^{\circ}\text{C})$ 时, $\psi_3(T)$ 的取值为-2.3;

当温度区间为 $[0^{\circ}\text{C}, 10^{\circ}\text{C})$ 时, $\psi_3(T)$ 的取值为-4.9;

当温度区间为 $[-10^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C})$ 时, $\psi_3(T)$ 的取值为-8.4;

其中,

$$\text{所述平均充电电流 } I_{charge}^o = \frac{Q_{charge}}{t},$$

$$\text{所述平均放电电流 } I_{discharge}^o = \frac{Q_{discharge}}{t},$$

$$\text{所述充电过程平均温度 } T_{charge}^o = \frac{\int_0^t T_{charge} \cdot dt}{t}, T_{charge} \text{ 表示充电温度,}$$

$$\text{所述放电过程平均温度 } T_{discharge}^o = \frac{\int_0^t T_{discharge} \cdot dt}{t}, T_{discharge} \text{ 表示放电温度。}$$

12. 如权利要求9所述的液流电池的SOC的估算系统,其特征在于,所述SOC计算模块包括剩余容量计算模块和比值计算模块;

所述剩余容量计算模块,用于使用所述充电总量 Q_{charge} 减去所述放电总量 $Q_{discharge}$ 得到所述液流电池的当前的剩余容量;

所述比值计算模块,用于将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

液流电池的SOC的估算方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于液流电池电源管理领域,特别涉及一种液流电池的SOC的估算方法及系统。

背景技术

[0002] SOC(state of charge)指的是电池的荷电状态,其取值范围在0%~100%之间,当SOC是100%时,表示电池处于完全充电状态,当SOC是0%时,表示电池处于完全放电状态,其值越大,表示电池所存储的电量越多,因此SOC是电池当前状态的一个重要参数。

[0003] 当外部电源或者负荷对电池发出充电或者放电指令时,电源管理模块需要根据SOC值作出是否响应指令的判断,因此SOC是电源管理逻辑判断的重要参比对象。SOC测算一直是电源管理的重点和难点,目前国内外对SOC的判断误差范围会在±10%左右。

[0004] 现有的国内专利所披露的全钒液流电池的SOC的测算方法,主要是通过对钒电解液价态的在线分析,以及电解液浓度、体积的测量,综合计算电池的SOC值,具体实现方法是在正负极电解液放置电位采集装置,电解液的价态比和温度与电极电位之间存在对应关系,获知电位和温度后,反推溶液价态比,有了价态比和总浓度便可计算得出SOC值。也有通过多参量数据计算,包括电流I、电压U、内阻R、温度T和充放电容量Q信号,获得SOC值。

[0005] 中国专利公开号CN104345278A的专利申请文件公开了一种全钒液流电池SOC检测方法及其系统,其方法是分别采集正极电解液的电位和负极电解液的电位,将所得信号进行处理,得到正负极电解液各自的SOC。此方法存在三个问题,一是电位采集点单一,数据片面可能导致数据失真,二是正负极电解液各自的SOC与系统的SOC之间存在差异,电源管理调用数据时会出现矛盾现象,三是电位采集装置得到的电位值是价态比的表现,不是价态浓度的表现。从原理来说,同一价态比存在无数可能性的价态浓度,而价态浓度才是SOC的决定因素,因此该方法存在一个假设前提,即假设正负极总钒浓度不变,然而电池的充放电过程是一个复杂的电化学过程,存在离子的迁移和渗透,所以总钒浓度不可能不变。

[0006] 中国专利公开号CN105572594A的专利申请文件公开了一种液流电池系统荷电状态监测方法及其系统,其方法是在多处采集电位信号,包括正负极电解液储罐、电堆电解液进出口,综合处理不同位置测算得到的SOC值,从而得到系统的SOC值,该申请解决了前述第一件申请中的前两个问题,但是第三个问题仍然没有解决,因为此类方法的先天属性便是只能获得钒离子价态比,不能获得钒离子准确的价态浓度。

[0007] 中国专利公开号CN105911476A的专利申请文件公开了一种基于数据挖掘的电池储能系统SOC预测方法,其方法是采集电流I、电压U、内阻R、温度T和充放电容量Q信号,使用邻域粗糙集-神经网络理论建立(I、U、R、T、Q)与SOC之间的关系,该方法存在的问题是由于电池内阻R测试采集存在不准确性,进而会导致后续数据处理的不准确性。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是为了克服现有技术中由于液流电池的电解液价态浓

度实时监测的不准确性和/或电池内阻信号采集的不准确性导致估算出的液流电池的SOC的准确性不高的缺陷,提供一种硬件成本低、算法简单、数据修正灵活且估算结果的准确性高的液流电池的SOC的估算方法及系统。

[0009] 本发明是通过下述技术方案来解决上述技术问题:

[0010] 本发明提供了一种液流电池的SOC的估算方法,其特点在于,包括以下步骤:

[0011] S_1 、根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述液流电池的全充全放的充放电次数 n ;

[0012] S_2 、根据所述充放电次数 n 计算 n 次全充全放后的理论充电量,将所述 n 次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

[0013] S_3 、根据所述充电总量 Q_{charge} 、所述液流电池的放电总量 $Q_{discharge}$ 以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC。

[0014] 电池充放电过程的特征之一是容量在长周期范围内按规律衰减,本方案中以此特征为前提,并且假设电池以不同电流充放电所发生的电量变化可以换算成额定电流充放电时所发生的电量变化,进而推导出电池以额定电流全充全放条件下的充放电次数 n 。推导出充放电次数 n 后,便可以结合容量衰减规律计算出电池当前理论容量值,并最终求得SOC的值。本方案提供的SOC的估算方法算法简单且估算结果的准确性高。

[0015] 较佳地,步骤 S_3 包括以下步骤:

[0016] S_{31} 、使用所述充电总量 Q_{charge} 减去所述放电总量 $Q_{discharge}$ 得到所述液流电池的当前的剩余容量;

[0017] S_{32} 、将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

[0018] 本方案中,通过对充放电电流的检测能够获得电池当前的剩余容量值,剩余容量值与理论容量值的比便是电池当前状态的SOC值。

[0019] 本方案提供的SOC的估算方法仅需测量电流既可以得到较精确的SOC的值,不需要测试电压或内阻等参数,所以硬件实现成本低、算法简单且估算结果的准确性高。

[0020] 较佳地,步骤 S_1 采用如下公式估算所述充放电次数 n :

$$[0021] \quad n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}, \quad Q_1 \text{ 表示初始充电容量, } k_{charge} \text{ 表示充电容量}$$

衰减率。

[0022] 较佳地,所述液流电池为全钒液流电池。

[0023] 较佳地,步骤 S_3 采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0024] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge}*CE - Q_{discharge}}{q'_1 + n*k'_{discharge}} + \eta,$$

[0025] q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数,CE为额定状态下的电流效率。

[0026] 较佳地,步骤 S_3 采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0027] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge}*CE*[1 + \alpha*\psi_1(I)] - Q_{discharge}}{q'_1 + n*k'_{discharge}} + \eta,$$

[0028] q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数, CE 为额定状态下的电流效率, α 为电流影响因子修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数。

[0029] 较佳地, 步骤 S_3 采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0030] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] * [1 + \beta * \psi_2(T)] - Q_{discharge}}{q'_1 + n * k'_{discharge} + \gamma * \Delta q' * \psi_3(T)} + \eta,$$

[0031] q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数, CE 为额定状态下的电流效率, $\Delta q'$ 表示放电容量随温度的变化率, α 为电流影响因子修正系数, β 为温度影响因子修正系数, γ 为容量变化修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数, $\psi_2(T)$ 表示温度高低对电流效率影响的因子函数, $\psi_3(T)$ 表示温度高低对电池容量变化的影响因子函数。

[0032] 本方案中, 剩余容量值与电流效率有关, 而电流效率又和温度、电流大小有关, 通过本方案中的各种参数使得最终得到全钒液流电池的SOC更加准确。

[0033] 本方案提供的SOC的估算方法仅需测量电流和温度既可以得到较精确的SOC的值, 不需要测试电压或内阻等参数, 所以硬件实现成本低、算法简单且估算结果的准确性高。

[0034] 较佳地, λ 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, η 的取值范围为 $[-0.1, 0.1]$, α 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, β 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, γ 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$ 。

[0035] 较佳地,

[0036] $\psi_1(I)$ 的取值见下表:

$\psi_1(I)$		平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值		
		(0, 0.75)	[0.75, 1.25]	(1.25, 3)
[0037] 平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值	(0, 0.75)	-0.004	-0.002	0
	[0.75, 1.25]	-0.002	0	0.002
	(1.25, 3)	0	0.002	0.004

[0038] $\psi_2(T)$ 的取值见下表:

$\psi_2(T)$ (温度单位: K)		充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值		
		(0, 1]	(1, 1.03)	[1.03, 1.23)
[0039] 放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值	(0, 1]	0	-0.01	-0.015
	(1, 1.03)	-0.01	-0.015	-0.02
	[1.03, 1.23)	-0.015	-0.02	-0.025

[0040] $\psi_3(T)$ 的取值见下表:

[0041] 温度区间	$\psi_3(T)$
-------------	-------------

(40°C, 60°C)	1
[30°C, 40°C]	0.1
[20°C, 30°C)	-1
[10°C, 20°C)	-2.3
[0°C, 10°C)	-4.9
[-10°C, 0°C)	-8.4

[0042] 其中,

[0043] 所述平均充电电流 $I_{charge}^o = \frac{Q_{charge}}{t}$,

[0044] 所述平均放电电流 $I_{discharge}^o = \frac{Q_{discharge}}{t}$,

[0045] 所述充电过程平均温度 $T_{charge}^o = \frac{\int_0^t T_{charge} \cdot dt}{t}$, T_{charge} 表示充电温度,

[0046] 所述放电过程平均温度 $T_{discharge}^o = \frac{\int_0^t T_{discharge} \cdot dt}{t}$, $T_{discharge}$ 表示放电温度。

[0047] 本发明还提供了一种液流电池的SOC的估算系统,其特点在于,包括充放电次数估算模块、理论容量计算模块和SOC计算模块;

[0048] 所述充放电次数估算模块,用于根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述液流电池的全充全放的充放电次数 n ;

[0049] 所述理论容量计算模块,用于根据所述充放电次数 n 计算 n 次全充全放后的理论充电量,将所述 n 次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

[0050] 所述SOC计算模块,用于根据所述充电总量 Q_{charge} 、所述液流电池的放电总量 $Q_{discharge}$ 以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC。

[0051] 较佳地,所述SOC计算模块包括剩余容量计算模块和比值计算模块;

[0052] 所述剩余容量计算模块,用于使用所述充电总量 Q_{charge} 减去所述放电总量 $Q_{discharge}$ 得到所述液流电池的当前的剩余容量;

[0053] 所述比值计算模块,用于将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

[0054] 较佳地,所述充放电次数估算模块用于采用如下公式估算所述充放电次数 n :

[0055]
$$n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}$$
, Q_1 表示初始充电容量, k_{charge} 表示充电容量

衰减率。

[0056] 较佳地,所述液流电池为全钒液流电池。

[0057] 较佳地,所述SOC计算模块用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

[0058]
$$SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE - Q_{discharge}}{Q_1' + n * k_{discharge}'} + \eta,$$

[0059] Q_1' 表示初始放电容量, $k_{discharge}'$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数, CE 为额定状态下的电流效率。

[0060] 较佳地,所述SOC计算模块用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0061] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] - Q_{discharge}}{q'_1 + n * k'_{discharge}} + \eta,$$

[0062] q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数,CE为额定状态下的电流效率, α 为电流影响因子修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数。

[0063] 较佳地,所述SOC计算模块用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0064] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] * [1 + \beta * \psi_2(T)] - Q_{discharge}}{q'_1 + n * k'_{discharge} + \gamma * \Delta q' * \psi_3(T)} + \eta,$$

[0065] q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数,CE为额定状态下的电流效率, $\Delta q'$ 表示放电容量随温度的变化率, α 为电流影响因子修正系数, β 为温度影响因子修正系数, γ 为容量变化修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数, $\psi_2(T)$ 表示温度高低对电流效率影响的因子函数, $\psi_3(T)$ 表示温度高低对电池容量变化的影响因子函数。

[0066] 较佳地, λ 的取值范围为[0.9,1.1], η 的取值范围为[-0.1,0.1], α 的取值范围为[0.9,1.1], β 的取值范围为[0.9,1.1], γ 的取值范围为[0.9,1.1]。

[0067] 较佳地,

[0068] $\psi_1(I)$ 的取值见下表:

$\psi_1(I)$		平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值		
		(0, 0.75)	[0.75, 1.25]	(1.25, 3)
[0069] 平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值	(0, 0.75)	-0.004	-0.002	0
	[0.75, 1.25]	-0.002	0	0.002
	(1.25, 3)	0	0.002	0.004

[0070] $\psi_2(T)$ 的取值见下表:

$\psi_2(T)$ (温度单位: K)	充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值		
-----------------------	----------------------------------	--	--

		(0, 1]	(1, 1.03)	[1.03, 1.23)
[0072] 放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值	(0, 1]	0	-0.01	-0.015
	(1, 1.03)	-0.01	-0.015	-0.02
	[1.03, 1.23)	-0.015	-0.02	-0.025

[0073] $\psi_3(T)$ 的取值见下表:

温度区间	$\psi_3(T)$
------	-------------

(40°C, 60°C)	1
[30°C, 40°C]	0.1
[20°C, 30°C]	-1
[10°C, 20°C]	-2.3
[0°C, 10°C]	-4.9
[-10°C, 0°C]	-8.4

[0075] 其中,

[0076] 所述平均充电电流 $I_{charge}^o = \frac{Q_{charge}}{t}$,

[0077] 所述平均放电电流 $I_{discharge}^o = \frac{Q_{discharge}}{t}$,

[0078] 所述充电过程平均温度 $T_{charge}^o = \frac{\int_0^t T_{charge} \cdot dt}{t}$, T_{charge} 表示充电温度,

[0079] 所述放电过程平均温度 $T_{discharge}^o = \frac{\int_0^t T_{discharge} \cdot dt}{t}$, $T_{discharge}$ 表示放电温度。

[0080] 本发明的积极进步效果在于:本发明提供的液流电池的SOC的估算方法及系统不涉及正负极电解液电位信号采集以及电池内阻信号采集,所采集的信号仅包含电流和温度,上述两个变量均可通过适当的技术获得准确的值,从而降低了后续数据处理的不准确性,且硬件实现成本低。本发明采用的计算方法是基于电流积分法,通过算法获得相当于额定电流全充全放条件下电池的充放电次数n,根据数学模型计算得到当前理论容量,然后根据充放电总量的差除以当前理论容量,再配以电流、温度相关区间函数和修正系数,建立数学模型计算得到SOC值。本发明SOC估算方法避开了充放电曲线首末端的非线性问题,使得结果在任何区域均趋于准确,估算结果准确性高且算法简单。

附图说明

[0081] 图1为本发明实施例1的液流电池的SOC的估算方法的流程图。

[0082] 图2为本发明实施例2的液流电池的SOC的估算方法的流程图。

[0083] 图3本发明实施例3的液流电池的SOC的估算系统的模块示意图。

[0084] 图4本发明实施例4的液流电池的SOC的估算系统的模块示意图。

[0085] 图5为液流电池的温度变化记录曲线。

[0086] 图6为液流电池的充放电电流记录曲线。

具体实施方式

[0087] 下面通过实施例的方式进一步说明本发明,但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。

[0088] 实施例1

[0089] 如图1所示,本实施例提供了一种液流电池的SOC的估算方法,包括以下步骤:

[0090] 步骤101、根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述液流电池的全充全放的充放电次数n,具体公式如下:

$$[0091] \quad n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}, Q_1 \text{ 表示初始充电容量, } k_{charge} \text{ 表示充电容量}$$

衰减率;

[0092] 步骤102、根据所述充放电次数n计算n次全充全放后的理论充电量,将所述n次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

[0093] 步骤103、使用所述充电总量 Q_{charge} 减去所述放电总量 $Q_{discharge}$ 得到所述液流电池的当前的剩余容量;

[0094] 步骤104、将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

[0095] 电池充放电过程的特征之一是容量在长周期范围内按规律衰减,本实施例中以此特征为前提,并且假设电池以不同电流充放电所发生的电量变化可以换算成额定电流充放电时所发生的电量变化,进而推导出电池以额定电流全充全放条件下的充放电次数n。推导出充放电次数n后,便可以结合容量衰减规律计算出电池当前理论容量值,并最终求得SOC的值。

[0096] 本实施例中,通过对充放电电流的检测能够获得电池当前的剩余容量值,剩余容量值与理论容量值的比便是电池当前状态的SOC值。

[0097] 本实施例提供的SOC的估算方法仅需测量电流既可以得到较精确的SOC的值,不需要测试电压或内阻等参数,所以硬件实现成本低、算法简单且估算结果的准确性高。

[0098] 实施例2

[0099] 如图2所示,本实施例提供了一种液流电池的SOC的估算方法,所述液流电池为全钒液流电池,所述估算方法包括以下步骤:

[0100] 步骤201、根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述液流电池的全充全放的充放电次数n,具体公式如下:

$$[0101] \quad n = \frac{-2*Q_1 + \sqrt{4*Q_1^2 + 8*k_{charge}*Q_{charge}}}{2*k_{charge}}, Q_1 \text{ 表示初始充电容量, } k_{charge} \text{ 表示充电容量}$$

衰减率;

[0102] 步骤202、根据所述充放电次数n计算n次全充全放后的理论充电量,将所述n次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

[0103] 步骤203、根据所述充电总量 Q_{charge} 、所述液流电池的放电总量 $Q_{discharge}$ 以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC。

[0104] 其中步骤203采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0105] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] * [1 + \beta * \psi_2(T)] - Q_{discharge}}{Q_1' + n * k'_{discharge} + \gamma * \Delta Q' * \psi_3(T)} + \eta,$$

[0106] Q_1' 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数,CE为额定状态下的电流效率, $\Delta Q'$ 表示放电容量随温度的变化率, α 为电流影响因子修正系数, β 为温度影响因子修正系数, γ 为容量变化修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数, $\psi_2(T)$ 表示温度高低对电流效率影响的因子函数, $\psi_3(T)$ 表示温度高低对电池容量变

化的影响因子函数。

[0107] 本实施例中, λ 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, η 的取值范围为 $[-0.1, 0.1]$, α 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, β 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$, γ 的取值范围为 $[0.9, 1.1]$ 。

[0108] $\psi_1(I)$ 的取值见下表:

$\psi_1(I)$		平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值		
		(0, 0.75)	[0.75, 1.25]	(1.25, 3)
[0109] 平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额定电流的比值	(0, 0.75)	-0.004	-0.002	0
	[0.75, 1.25]	-0.002	0	0.002
	(1.25, 3)	0	0.002	0.004

[0110] $\psi_2(T)$ 的取值见下表:

$\psi_2(T)$ (温度单位: K)		充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值		
		(0, 1]	(1, 1.03)	[1.03, 1.23)
[0111] 放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值	(0, 1]	0	-0.01	-0.015
	(1, 1.03)	-0.01	-0.015	-0.02
	[1.03, 1.23)	-0.015	-0.02	-0.025

[0112] $\psi_3(T)$ 的取值见下表:

温度区间	$\psi_3(T)$
(40°C, 60°C)	1
[30°C, 40°C]	0.1
[20°C, 30°C)	-1
[10°C, 20°C)	-2.3
[0°C, 10°C)	-4.9
[-10°C, 0°C)	-8.4

[0115] 其中,

[0116] 所述平均充电电流 $I_{charge}^o = \frac{Q_{charge}}{t}$,

[0117] 所述平均放电电流 $I_{discharge}^o = \frac{Q_{discharge}}{t}$,

[0118] 所述充电过程平均温度 $T_{charge}^o = \frac{\int_0^t T_{charge} \cdot dt}{t}$, T_{charge} 表示充电温度,

[0119] 所述放电过程平均温度 $T_{discharge}^o = \frac{\int_0^t T_{discharge} \cdot dt}{t}$, $T_{discharge}$ 表示放电温度。

[0120] 本实施例中, 剩余容量值与电流效率有关, 而电流效率又和温度、电流大小有关, 通过本实施例中的各种参数使得最终得到全钒液流电池的SOC更加准确。

[0121] 本实施例通过算法获得相当于额定电流全充全放条件下电池的充放电次数n, 并最终求得SOC值, 算法简单且估算结果的准确性高。

[0122] 本实施例提供的液流电池的SOC的估算方法不涉及正负极电解液电位信号采集以及电池内阻信号采集, 所采集的信号仅包含电流I、温度T, 上述两个变量均可通过适当的技术获得准确的值, 从而降低了后续数据处理的不准确性, 不需要测试电压或内阻等参数, 所以硬件实现成本低、算法简单且估算结果的准确性高。

[0123] 实施例3

[0124] 如图3所示, 本实施例提供了一种液流电池的SOC的估算系统, 包括充放电次数估算模块1、理论容量计算模块2和SOC计算模块3;

[0125] 所述充放电次数估算模块1, 用于根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述液流电池的全充全放的充放电次数n;

[0126] 所述理论容量计算模块2, 用于根据所述充放电次数n计算n次全充全放后的理论充电量, 将所述n次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

[0127] 所述SOC计算模块3, 用于根据所述充电总量 Q_{charge} 、所述液流电池的放电总量 $Q_{discharge}$ 以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC。

[0128] 本实施例中, 所述SOC计算模块3包括剩余容量计算模块301和比值计算模块302;

[0129] 所述剩余容量计算模块301, 用于使用所述充电总量 Q_{charge} 减去所述放电总量 $Q_{discharge}$ 得到所述液流电池的当前的剩余容量;

[0130] 所述比值计算模块302, 用于将所述当前的剩余容量与所述当前的理论容量的比值作为所述液流电池的SOC。

[0131] 电池充放电过程的特征之一是容量在长周期范围内按规律衰减, 本实施例中以此特征为前提, 并且假设电池以不同电流充放电所发生的电量变化可以换算成额定电流充放电时所发生的电量变化, 进而推导出电池以额定电流全充全放条件下的充放电次数n。推导出充放电次数n后, 便可以结合容量衰减规律计算出电池当前理论容量值, 并最终求得SOC的值。

[0132] 本实施例中, 通过对充放电电流的检测能够获得电池当前的剩余容量值, 剩余容量值与理论容量值的比便是电池当前状态的SOC值。

[0133] 本实施例提供的SOC的估算系统仅需测量电流既可以得到较精确的SOC的值, 不需要测试电压或内阻等参数, 所以硬件实现成本低、算法简单且估算结果的准确性高。

[0134] 实施例4

[0135] 如图4所示, 本实施例提供了一种全钒液流电池的SOC的估算系统, 包括充放电次数估算模块1'、理论容量计算模块2'和SOC计算模块3';

[0136] 所述充放电次数估算模块1', 用于根据所述液流电池的充电总量 Q_{charge} 估算所述

液流电池的全充全放的充放电次数n;

[0137] 所述理论容量计算模块2',用于根据所述充放电次数n计算n次全充全放后的理论充电量,将所述n次全充全放后的理论充电量作为所述液流电池的当前的理论容量;

[0138] 所述SOC计算模块3',用于根据所述充电总量 Q_{charge} 、所述液流电池的放电总量 $Q_{discharge}$ 以及所述当前的理论容量计算所述液流电池的SOC。

[0139] 所述SOC计算模块3'用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0140] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] - Q_{discharge}}{q'_1 + n * k'_{discharge}} + \eta,$$

[0141] q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数,CE为额定状态下的电流效率, α 为电流影响因子修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数。

[0142] 较佳地,所述SOC计算模块用于采用如下公式计算所述液流电池的SOC:

$$[0143] \quad SOC = \lambda \frac{Q_{charge} * CE * [1 + \alpha * \psi_1(I)] * [1 + \beta * \psi_2(T)] - Q_{discharge}}{q'_1 + n * k'_{discharge} + \gamma * \Delta q' * \psi_3(T)} + \eta,$$

[0144] q'_1 表示初始放电容量, $k'_{discharge}$ 表示放电容量衰减率, λ 和 η 为修正系数,CE为额定状态下的电流效率, $\Delta q'$ 表示放电容量随温度的变化率, α 为电流影响因子修正系数, β 为温度影响因子修正系数, γ 为容量变化修正系数, $\psi_1(I)$ 表示电流大小对电流效率影响的因子函数, $\psi_2(T)$ 表示温度高低对电流效率影响的因子函数, $\psi_3(T)$ 表示温度高低对电池容量变化的影响因子函数。

[0145] 本实施例中, λ 的取值范围为[0.9,1.1], η 的取值范围为[-0.1,0.1], α 的取值范围为[0.9,1.1], β 的取值范围为[0.9,1.1], γ 的取值范围为[0.9,1.1]。

[0146] $\psi_1(I)$ 的取值见下表:

$\psi_1(I)$		平均充电电流 I_{charge}^o 与额定电流的比值		
		(0, 0.75)	[0.75, 1.25]	(1.25, 3)
[0147] 平均放电电流 $I_{discharge}^o$ 与额 定电流的比值	(0, 0.75)	-0.004	-0.002	0
	[0.75, 1.25]	-0.002	0	0.002
	(1.25, 3)	0	0.002	0.004

[0148] $\psi_2(T)$ 的取值见下表:

[0149]	$\psi_2(T)$ (温度单位: K)		充电过程平均温度 T_{charge}^o 与标准温度的比值		
			(0, 1]	(1, 1.03)	[1.03, 1.23)
[0149]	放电过程平均温度 $T_{discharge}^o$ 与标准温度的比值	(0, 1]	0	-0.01	-0.015
		(1, 1.03)	-0.01	-0.015	-0.02
		[1.03, 1.23)	-0.015	-0.02	-0.025

[0150] $\psi_3(T)$ 的取值见下表:

[0151]	温度区间	$\psi_3(T)$
	(40°C, 60°C)	1
	[30°C, 40°C]	0.1
	[20°C, 30°C)	-1
	[10°C, 20°C)	-2.3
	[0°C, 10°C)	-4.9
	[-10°C, 0°C)	-8.4

[0152] 其中,

[0153] 所述平均充电电流 $I_{charge}^o = \frac{Q_{charge}}{t}$,

[0154] 所述平均放电电流 $I_{discharge}^o = \frac{Q_{discharge}}{t}$,

[0155] 所述充电过程平均温度 $T_{charge}^o = \frac{\int_0^t T_{charge} \cdot dt}{t}$, T_{charge} 表示充电温度,

[0156] 所述放电过程平均温度 $T_{discharge}^o = \frac{\int_0^t T_{discharge} \cdot dt}{t}$, $T_{discharge}$ 表示放电温度。

[0157] 本实施例中, 剩余容量值与电流效率有关, 而电流效率又和温度、电流大小有关, 通过本实施例中的各种参数使得最终得到全钒液流电池的SOC更加准确。

[0158] 本实施例通过算法获得相当于额定电流全充全放条件下电池的充放电次数n, 并最终求得SOC值, 算法简单且估算结果的准确性高。

[0159] 本实施例提供的液流电池的SOC的估算系统不涉及正负极电解液电位信号采集以及电池内阻信号采集, 所采集的信号仅包含电流I、温度T, 上述两个变量均可通过适当的技术获得准确的值, 从而降低了后续数据处理的不准确性, 不需要测试电压或内阻等参数, 所以硬件实现成本低、算法简单且估算结果的准确性高。

[0160] 下面继续通过具体的例子, 进一步说明本发明的技术方案和技术效果。

[0161] 搭建20W (瓦)*2h (小时) 钒电池系统, 包含钒电池电堆、电解液、管路系统、电流信号采集装置、温度信号采集装置、SOC计算模块等构件。

[0162] 根据基础实验数据设置边界条件如下:

[0163] 初始充电容量 $q_1 = 32.7Ah$ (安培小时);

- [0164] 充电容量衰减率 $k_{\text{charge}}=0.0732\text{Ah}$;
- [0165] 初始放电容量 $q'_1=31.5\text{Ah}$;
- [0166] 放电容量衰减率 $k'_{\text{discharge}}=0.0731\text{Ah}$;
- [0167] $\Delta q'=0.23\text{Ah}$
- [0168] 根据经验选择个修正参数值如下:
- [0169] $\lambda=1$;
- [0170] $\eta=-0.02$;
- [0171] $\alpha=1.001$;
- [0172] $\beta=1$;
- [0173] $\gamma=1.001$ 。

[0174] 图5和图6分别是温度变化曲线和电流变化曲线。根据本发明提供的液流电池的SOC的估算方法对不同时刻的SOC值进行计算,并将计算值与实测值进行比较,结果显示如下表所示,误差范围在 $[-5\%,+5\%]$ 内。

[0175]

类别	时间5时刻	时间10时刻	时间20时刻
SOC实测值	78%	19%	17%
SOC估算值	79%	16%	13%
误差	1%	-3%	-4%

[0176] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这仅是举例说明,本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围。

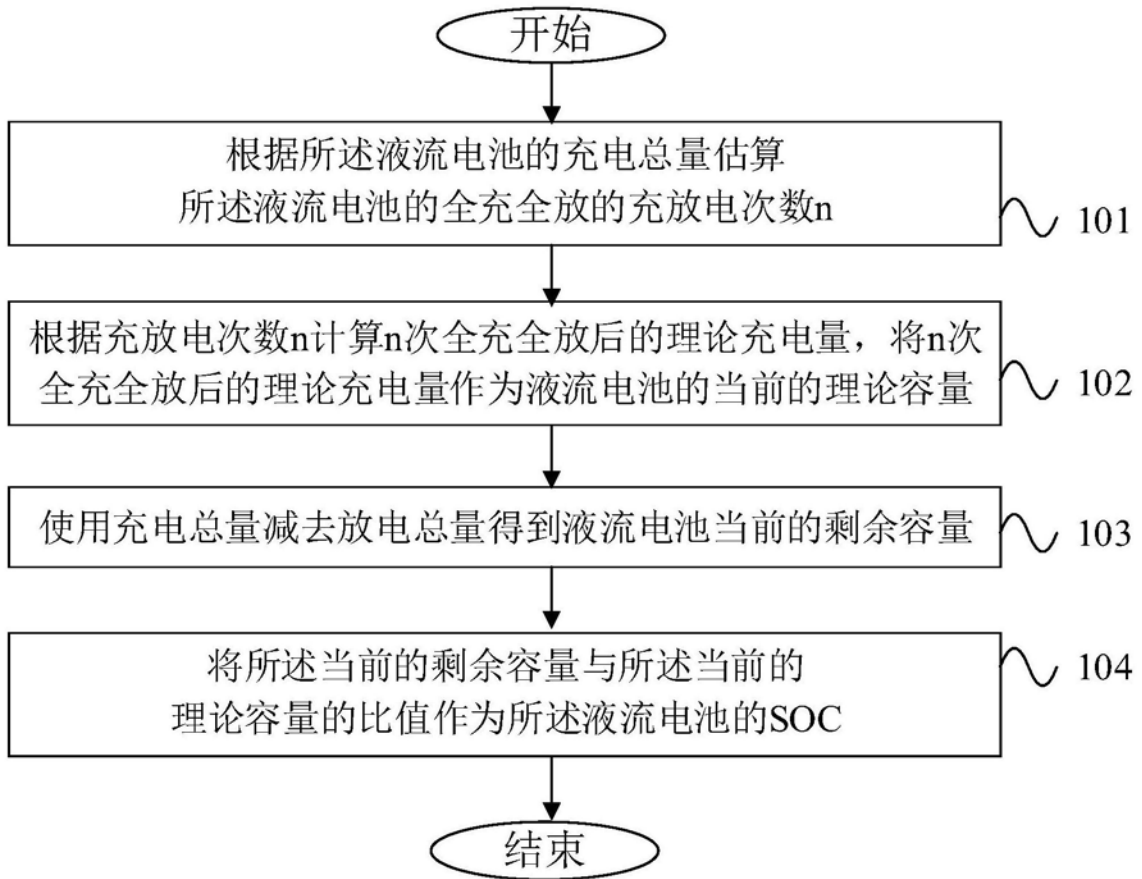


图1

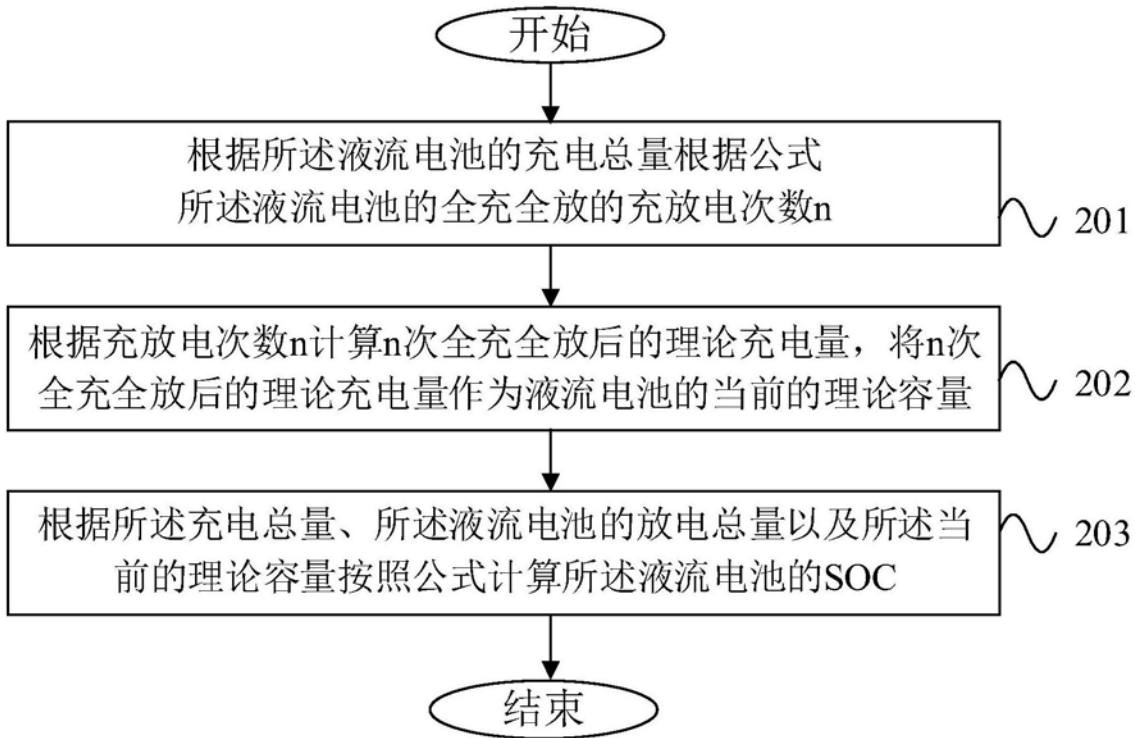


图2

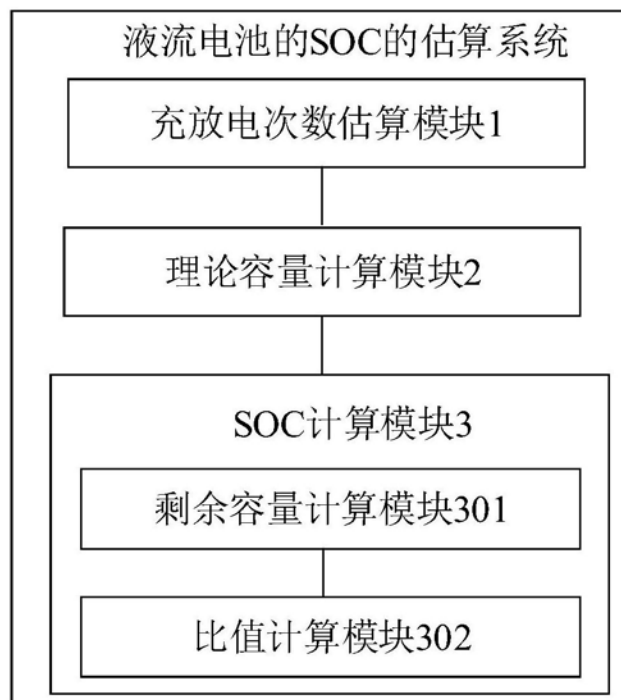


图3



图4

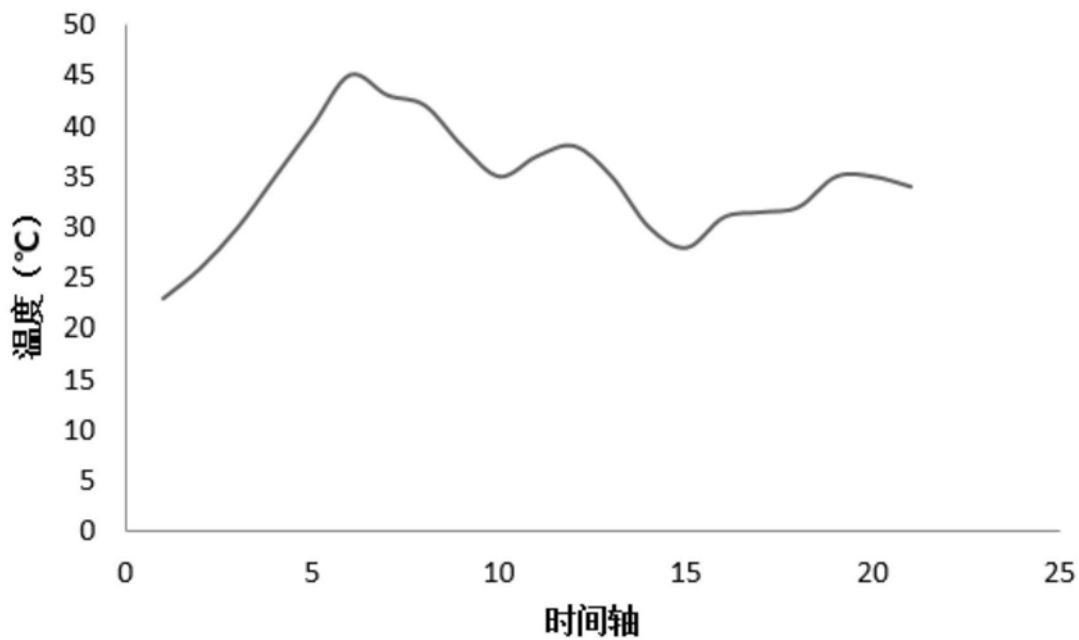


图5

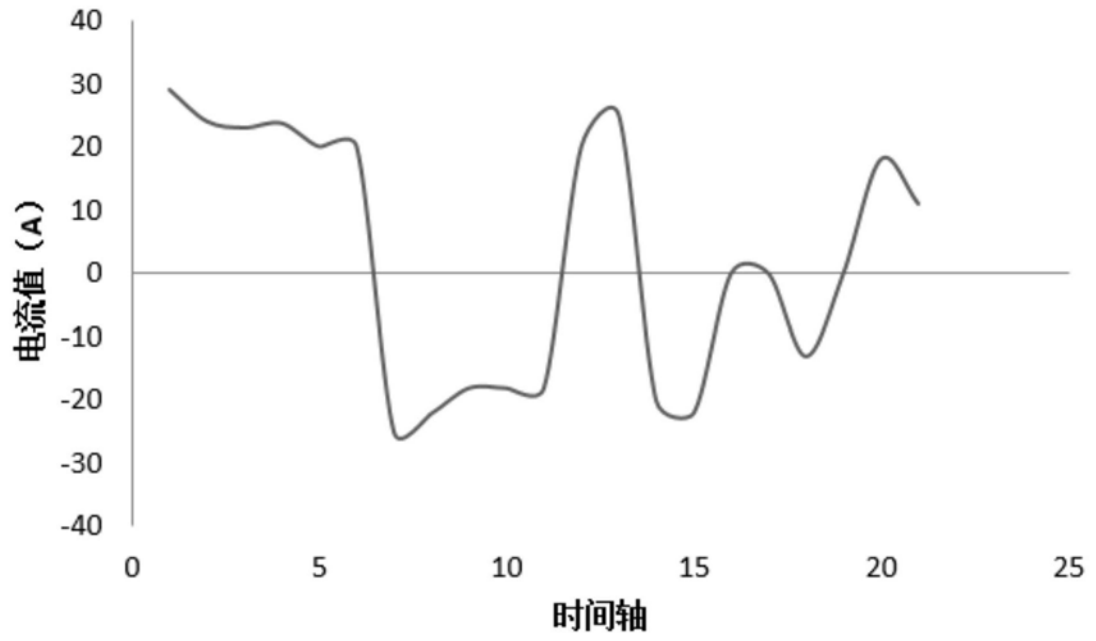


图6