



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102195101 A

(43) 申请公布日 2011.09.21

(21) 申请号 201010219571.6

H01M 10/48(2006.01)

(22) 申请日 2010.06.21

(66) 本国优先权数据

201020127932.X 2010.03.05 CN

(71) 申请人 陕西铭越信息科技有限公司

地址 710075 陕西省西安市长安区杜陵东路
59号金羚大厦10层

(72) 发明人 成崇华

(51) Int. Cl.

H01M 10/42(2006.01)

H01M 10/50(2006.01)

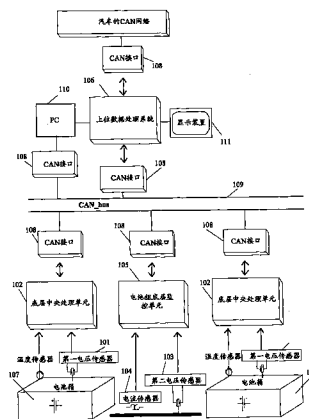
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 8 页

(54) 发明名称

动力电池组管理系统以及方法

(57) 摘要

本发明涉及电气设计领域,公开了一种动力电池组管理系统以及方法。系统通过电池SOC估计算法、热管理技术及安全管理等新技术的研究与实施,其中包括安全管理子系统、热管理子系统、优化子系统等。安全管理子系统用于监测各电池单体的荷电状态,根据各电池单体的荷电状态确定各电池单体是否处于放电终止状态,如果是则终止电池放电;热管理子系统,用于探测各电池单体表面的温度,根据各电池单体表面的温度历史信息,确定各电池单体内部的温度上限,确定由所有电池单体构成的电池箱的温度分布信息,根据温度分布信息控制电池组的工作温度,使得工作温度处在设定的温度范围内;优化子系统,分别与安全管理子系统、热管理子系统电连接,用于控制热管理子系统、安全管理子系统的工作。本技术将安全管理及热管理等技术应用到动力电池的管理领域,有利于更好地解决动力电池组的安全性、延长寿命、提高使用效率、达到充分发挥电池潜能并保障安全使用的目标。



1. 一种动力电池组管理系统,其特征是,包括:

安全管理子系统,用于监测各电池单体的荷电状态,根据所述各电池单体的荷电状态确定所述各电池单体是否处于放电终止状态,如果是则终止所述电池放电;

热管理子系统,用于探测所述各电池单体表面的温度,根据所述各电池单体表面的温度历史信息,确定所述各电池单体内部的温度上限,确定由所有所述电池单体构成的电池箱的温度分布信息,根据所述温度分布信息控制所述电池组的工作温度,使得所述工作温度处在设定的温度范围内;

优化子系统,分别与所述安全管理子系统、热管理子系统电连接,用于控制所述热管理子系统、安全管理子系统的工作。

2. 根据权利要求1所述的动力电池组管理系统,其特征是。

3. 根据权利要求1所述的动力电池组管理系统,其特征是,所述热管理子系统包括:温度传感器,设置在用于容置所述各电池单体的电池箱内,用于探测所述各电池单体表面的温度;

存储模块,与所述温度传感器电连接,用于存储所述各电池单体表面的温度历史信息;

单体内部温度上限确定模块,与所述温度传感器、以及存储模块分别电连接,用于根据所述各电池单体的当前的温度、以及温度历史信息,确定所述各电池单体内部的温度上限;

温度分布分析模块,与所述单体内部温度上限确定模块电连接,用于根据所述各电池单体内部的温度上限,确定由所有所述电池单体构成的电池箱的温度分布信息;

温度控制模块,与所述温度分布分析模块电连接,用于根据所述温度分布信息控制所述各电池箱的散热设备的工作,使所述各电池单体分别工作温度处在设定的温度范围内;

散热设备,设置在所述各电池箱内。

4. 根据权利要求3所述的动力电池组管理系统,其特征是,所述散热设备为风机。

5. 根据权利要求3所述的动力电池组管理系统,其特征是,所述温度控制模块还电连接有一显示装置,

所述显示装置用于显示所述温度控制模块上的控制信息、以及各电池箱内的温度分布信息。

6. 根据权利要求1所述的动力电池组管理系统,其特征是,所述优化子系统采用嵌入式系统开发而成。

7. 一种动力电池组管理方法,其特征是,包括:

初始化确定各电池单体的荷电状态的初始值 SOC_0 、预测误差协方差阵初值 P_0 、量测噪声方差 Q 、滤波放大倍数 α ;

对于 $k = 1, 2, \dots$ 等各个采样时刻,获取第 k 采样时刻各电池单体的负载电压信号 v_k , 电流信号 I_k ;

令 $x_k = SOC_k$, 根据各电池单体的荷电状态方程:

$$x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

确定所述各电池单体的荷电状态,其中所述 k 为自然数,
按照公式:

$y(k) = f(I_k, x_k) + v_k = K_0 - RI_k - k_1/x_k - K_2 x_k + K_3 \ln(x_k) + k_4 \ln(1-x_k) + v_k$, 确定所述各电池单体的负载电压量 $y(k)$, 其中, v_k 为量测噪声, 所述 v_k 的方差为 Q ,

令量测阵 C_k : $C_k = \frac{\partial f(I_k, x_k)}{\partial x_k} = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_3 - K_4 / (1-x_k)$, 根据卡尔曼滤波方程:

$$x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}, \quad \text{预测所述各电池单体的荷电状态;}$$

计算所述量测阵: $C_k = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_3 - K_4 / (1-x_k)$;

确定滤波增益: $K_k = P_{k/k-1} C_k^T [C_k P_{k/k-1} C_k^T + Q]^{-1}$;

确定预测均方差: $P_{k/k-1} = P_{k-1/k-1}$;

确定估计均方差: $P_{k/k} = (I - K_k C_k) P_{k/k-1}$;

确定所述各电池单体的荷电状态的估计值: $x_{k/k} = x_{k/k-1} + a K_k [y_k - f(I_k, x_{k/k-1})]$;

根据所述各电池单体的荷电状态的估计值,使所述各电池单体截止放电。

8. 根据权利要求 7 所述的动力电池组管理方法,其特征是,
根据所述各电池单体的荷电状态的估计值,使所述各电池单体截止放电,包括以下步骤:

- 1) 初始化:给定各电池单体的固定终止电压阈值 V_0 ;
给定负载电压信号经小波变换后极值点的阈值 WT_{valve} ;
- 2) 根据所述各电池单体的荷电状态的估计值,获取各电池单体的负载电压信号 $V(t)$;
- 3) 判断 $V(t)$ 是否低于阈值 V_0 ,当 $V(t) < V_0$ 时则执行步骤 4), 否则返回步骤 2);

4) 对 $V(t)$ 按下式进行小波变换: $WTx(a, t) = \frac{1}{a} \{x(t) \Psi(\frac{t-i}{a})\}$;

其中 R 是积分域,为开始进行小波分析的起始时刻至当前采样时刻之间的区域;

上式简写为: $WT_a x(t) = x(t) * \Psi_a(t)$, 其中 $x(t) = V(t)$ a 为尺度因子, $a = 2^j$, j 为自然数,其范围为 $2 \sim 5$, $\Psi_a(t) = \frac{1}{a} \frac{d\theta_a(t)}{dr}$, $\theta_a(t) = \frac{1}{a} \theta(\frac{t}{a})$, $\theta(t)$ 为高斯低通函数,

$$\theta(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{t^2}{2})$$

5) 获取变换信号的极值点: WT_{max}

6) 判断 WT_{max} 是否超过阈值 WT_{valve} , WT_{valve} 取值范围为外 $2 \sim 0$ 之任意,当 $WT_{max} > WT_{valve}$

时,则所述电池单体终止放电,否则返回步骤 2)。

动力电池组管理系统以及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电气设计领域,尤其涉及一种动力电池组管理系统以及方法。

背景技术

[0002] 随着能源问题的突显,电动汽车成为一种新的环保型动力工具。而动力电池组是电动汽车的一个关键零部件,其性能的好坏直接影响着整车的动力性及经济性。电池管理系统是动力电池和整车之间的联系桥梁,配置电池管理系统能够提高动力电池的性能和可靠性。

[0003] 电池管理技术是电动汽车动力电池使用过程中必不可少的技术保障,对确保电池使用安全、充分发挥现有电池的性能、延长寿命、提高使用效率,从而满足电动汽车安全高效工作并对推动电动汽车产业化进程具有重要意义。电池管理系统处理电动汽车蓄电池的测量、预测、状态显示和全面管理等问题。

[0004] 电池管理系统是能量管理系统的一个重要子系统,它处理电动汽车蓄电池的测量、预测、状态显示和全面管理等问题。电池管理技术是电动汽车动力电池使用过程中必不可少的技术保障,对确保电池使用安全、充分发挥现有电池的性能、延长寿命、提高使用效率,从而满足电动汽车安全高效工作并对推动电动汽车产业化进程具有重要意义。电池管理技术是一项平台技术,凡是使用动力电池组的领域,如军事领域、航空领域等,都有电池组管理技术的应用空间。所以电池组管理技术的应用空间非常广阔,经济效益与社会作用非常显著。

[0005] 在电池管理系统中,电池的剩余电量(用荷电状态 SOC 表征, SOC :State of Charge)估计是关键技术之一。由于电池 SOC 受环境温度、自放电、循环工作次数、电池组不一致性等因素的影响,准确估计的难度很大,故应用现有技术进行 SOC 估计的精确度不高,不能对系统进行有效的管理。

发明内容

[0006] 本发明第一目的在于提供一种动力电池组管理系统,其对汽车电池组的管理更加有效、可靠。

[0007] 本发明第二目的在于提供一种动力电池组管理方法,其对汽车电池组的管理更加有效、可靠。

[0008] 本发明实施例提供的一种动力电池组管理系统,包括:安全管理子系统,用于监测各电池单体的荷电状态,根据所述各电池单体的荷电状态确定所述各电池单体是否处于放电终止状态,如果是则终止所述电池放电;

[0009] 热管理子系统,用于探测所述各电池单体表面的温度,根据所述各电池单体表面的温度历史信息,确定所述各电池单体内部的温度上限,确定由所有所述电池单体构成的电池箱的温度分布信息,根据所述温度分布信息控制所述电池组的工作温度,使得所述工作温度处在设定的温度范围内;

[0010] 优化子系统,分别与所述安全管理子系统、热管理子系统电连接,用于控制所述热管理子系统、安全管理子系统的工作。

[0011] 可选地,所述安全管理子系统包括:

[0012] 初始化模块,用于初始化确定所述各电池单体的荷电状态初始值 SOC_0 、预测误差协方差阵初值 P_0 、量测噪声方差 Q 、滤波放大倍数 α ;

[0013] 采样模块,用于对于 $k = 1, 2, \dots$ 各个采样时刻,获取尼采样时刻各电池单体的负载电压信号 v_k , 电流信号 I_k ;

[0014] 电池的荷电状态估算模块,分别与所述初始化模块、采样模块电连接,用于确定所述各电池单体的荷电状态:

[0015] 电池的荷电状态方程:令 $x_k = SOC_k$, 其中所述 k 为自然数,

$$[0016] \quad x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

[0017] 按照以下公式确定所述各电池单体的负载电压量 $y(k)$:

[0018] $y(k) = f(I_k, x_k) + v_k = K_0 - RI_k - k_1/x_k - K_2 x_k + K_3 \ln(x_k) + K_4 \ln(1-x_k) + v_k$, 其中, v_k 为量测噪声, 所述 v_k 的方差为 Q ,

[0019] 令量测阵 $C_k = \frac{\partial f(I_k, x_k)}{\partial x_k} = K_1/(x_k)^2 - K_2 + K_3/x_k - K_4/(1-x_k)$, 则所述各电池单体的荷电状态预测的卡尔曼滤波方程为:

$$[0020] \quad \text{所述各电池单体的荷电状态预测:} \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_{k+1} = \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

[0021] 计算所述量测阵: $C_k = K_1/(x_k)^2 - K_2 + K_3/x_k - K_4/(1-x_k)$,

[0022] 确定滤波增益: $K_k = P_{k/k-1} C_k^T [C_k P_{k/k-1} C_k^T + Q]^{-1}$,

[0023] 确定预测均方差: $P_{k/k-1} = P_{k-1/k-1}$,

[0024] 确定估计均方差: $P_{k/k} = (I - K_k C_k) P_{k/k-1}$,

[0025] 得到所述各电池单体的荷电状态的估计值: $x_{k/k} = x_{k/k-1} + a K_k [y_k - f(I_k, x_{k/k-1})]$;

[0026] 放电截至模块,与所述各电池单体的荷电状态估算模块电连接,用于根据所述各电池单体的荷电状态的估计值使所述电池截止放电。

[0027] 可选地,所述热管理子系统包括:温度传感器,设置在用于容置所述各电池单体的电池箱内,用于探测所述各电池单体表面的温度;

[0028] 存储模块,与所述温度传感器电连接,用于存储所述各电池单体表面的温度历史信息;

[0029] 单体内部温度上限确定模块,与所述温度传感器、以及存储模块分别电连接,用于根据所述各电池单体的当前的温度、以及温度历史信息,确定所述各电池单体内部的温度上限;

[0030] 温度分布分析模块,与所述单体内部温度上限确定模块电连接,用于根据所述各

电池单体内部的温度上限,确定由所有所述电池单体构成的电池箱的温度分布信息;

[0031] 温度控制模块,与所述温度分布分析模块电连接,用于根据所述温度分布信息控制所述各电池箱的散热设备的工作,使所述各电池单体分别工作温度处在设定的温度范围内;

[0032] 散热设备,设置在所述各电池箱内。

[0033] 可选地,所述散热设备为风机。

[0034] 可选地,所述温度控制模块还电连接有一显示装置,

[0035] 所述显示装置用于显示所述温度控制模块上的控制信息、以及各电池箱内的温分布信息。

[0036] 可选地,所述优化子系统采用嵌入式系统开发而成。

[0037] 本发明实施例提供的一种动力电池组管理方法,包括:

[0038] 初始化确定各电池单体的荷电状态的初始值 SOC0、预测误差协方差阵初值 P_0 、量测噪声方差 Q 、滤波放大倍数 α ;

[0039] 对于 $k = 1, 2, \dots$ 等各个采样时刻,获取第 k 个采样时刻各电池单体的负载电压信号 v_k , 电流信号 I_k ;

[0040] 令 $x_k = SOC_k$, 根据各电池单体的荷电状态方程:

$$[0041] \quad x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

[0042] 确定所述各电池单体的荷电状态,其中所述 k 为自然数,

[0043] 按照公式:

[0044] $y(k) = f(I_k, x_k) + v_k = K_0 - RI_k - k_1/x_k - K_2 x_k + K_3 \ln(x_k) + K_4 \ln(1-x_k) + v_k$, 确定所述各电池单体的负载电压量 $y(k)$, 其中, v_k 为量测噪声,所述 v_k 的方差为 Q ,

[0045] 令量测阵 C_k : $C_k = \frac{\partial f(I_k, x_k)}{\partial x_k} = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_k - K_4 / (1-x_k)$, 根据卡尔曼滤波方程:

$$[0046] \quad x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}, \quad \text{预测所述各电池单体的荷电状态;}$$

[0047] 计算所述量测阵: $C_k = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_k - K_4 / (1-x_k)$;

[0048] 确定滤波增益: $K_k = P_{k/k-1} C_k^T [C_k P_{k/k-1} C_k^T + Q]^{-1}$;

[0049] 确定预测均方差: $P_{k/k-1} = P_{k-1/k-1}$;

[0050] 确定估计均方差: $P_{k/k} = (I - K_k C_k) P_{k/k-1}$;

[0051] 确定所述各电池单体的荷电状态的估计值: $x_{k/k} = x_{k/k-1} + \alpha K_k [y_k - f(I_k, x_{k/k-1})]$;

[0052] 根据所述各电池单体的荷电状态的估计值,使所述各电池单体截止放电。

[0053] 可选地,根据所述各电池单体的荷电状态的估计值,使所述各电池单体截止放电,

包括以下步骤：

[0054] 1) 初始化：给定各电池单体的固定终止电压阈值 V_0 ；

[0055] 给定负载电压信号经小波变换后极值点的阈值 WT_{valve} ；

[0056] 2) 根据所述各电池单体的荷电状态的估计值，获取各电池单体的负载电压信号 $V(t)$ ；

[0057] 3) 判断 $V(t)$ 是否低于阈值 V_0 ，当 $V(t) < V_0$ 时则执行步骤 4)，否则返回步骤 2)；

[0058] 4) 对 $V(t)$ 按下式进行小波变换： $WTx(a,t) = \frac{1}{a} \{x(t) \Psi(\frac{t-i}{a}) dt$ ；

[0059] 其中 R 是积分域，为开始进行小波分析的起始时刻至当前采样时刻之间的区域；

[0060] 上式简写为： $WT_a x(t) = x(t) * \Psi_a(t)$ ，其中 $x(t) = V(t)$ a 为尺度因子， $a = 2^j$ ，

j 为自然数，其范围为 $2 \sim 5$ ， $\Psi_a(t) = \frac{1}{a} \frac{d\theta_a(t)}{dr}$ ， $\theta_a(t) = \frac{1}{a} \theta(\frac{t}{a})$ ， $\theta(t)$ 为高斯低通函数，

$$\theta(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{t^2}{2})$$

[0061] 5) 获取变换信号的极值点： WT_{max}

[0062] 6) 判断 WT_{max} 是否超过阈值 WT_{valve} ， WT_{valve} 取值范围为外 $2 \sim 0$ 之任意，当 $WT_{max} > WT_{valve}$ 时，则所述电池单体终止放电，否则返回步骤 2)。由上可见，本技术方案通过电池 SOC 估计算法，根据各电池单体的荷电状态对各电池单体的放电进行控制，防止放电过度，同时通过电池单体表面温度和历史信息而估计电池内部最高温度，分析电池箱内温度场的分布特点，有利于优化电池箱内传感器的数量和布置位置，并且控制动力电池的散热设备的工作，以使各电池单体分别工作温度处在设定的适宜温度范围内。通过优化模块，将热管理技术及安全管理技术优化技术结合起来，有利于更好地解决动力电池组的安全性能、延长寿命、提高使用效率、达到充分发挥电池潜能并保障安全使用的目标。

附图说明

[0063] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，并不构成对本发明的不当限定，在附图中：

[0064] 图 1 为本发明实施例 1 提供了一种动力电池组管理系统结构示意图；

[0065] 图 2 为本发明实施例 1 提供的安全管理子系统 0 的结构示意图；

[0066] 图 3 为本发明实施例 1 提供的动力电池组管理系统中的一种动力电池组热管理子系统 1 的结构示意图；

[0067] 图 4 为本发明实施例 1 提供了一种动力电池组管理系统在动力汽车中的实施结构示意图；

[0068] 图 5 为发明实施例 1 提供的动力电池组管理系统中的一种动力电池组热管理子系统 1 中的电池组风冷串行散热设置的结构示意图；

[0069] 图 6 为发明实施例 1 提供的动力电池组管理系统中的一种动力电池组热管理子系统 1 中的电池组风冷并行散热设置的结构示意图；

[0070] 图 7 为发明实施例 1 提供了一种基于改进的扩展卡尔曼滤波的蓄电动汽车电池 SOC 的估计方法流程示意图；

[0071] 图 8 为发明实施例 1 提供的一种基于改进的扩展卡尔曼滤波的蓄电动汽车电池 SOC 的估计方法实施过程中所得的电流信号 $I(t)$ 波形示意图；

[0072] 图 9 为发明实施例 1 提供的一种基于改进的扩展卡尔曼滤波的蓄电动汽车电池 SOC 的估计方法实施过程中所得的电压信号 $V(t)$ 波形示意图；

[0073] 图 10 为发明实施例 1 提供的一种基于改进的扩展卡尔曼滤波的蓄电动汽车电池 SOC 的估计方法实施过程中 SOC 存在初始误差时中所得 SOC 估计结果波形示意图；

[0074] 图 11 为发明实施例 1 提供的一种基于改进的扩展卡尔曼滤波的蓄电动汽车电池 SOC 的估计方法中实施过程假设存在的自然放电 SOC 估计结果波形示意图；

[0075] 图 12 为发明实施例 1 提供的一种基于小波变换的电动车电池放电终止状态的判定方法流程示意图；

[0076] 图 13 为发明实施例 1 提供的一种基于小波变换的电动车电池放电终止状态的判定方法实施过程中在放电电流为 80A 时候放电电压信号 $V(t)$ 波形示意图；

[0077] 图 14 为发明实施例 1 提供的一种基于小波变换的电动车电池放电终止状态的判定方法实施过程中放电电流为 80A 时候放电电压信号 $V(t)$ 的小波变换结果（尺度 $a = 8$ ）波形示意图；

[0078] 图 15 为图 13 所示方法在实施过程中的电池管理系统框架图；

[0079] 图 16 为发明实施例 1 提供的一种热管理技术设计流程示意图。

具体实施方式

[0080] 下面将结合附图以及具体实施例来详细说明本发明，在此本发明的示意性实施例以及说明用来解释本发明，但并不作为对本发明的限定。

[0081] 实施例 1：

[0082] 图 1 为本实施例提供的一种动力电池组管理系统的结构示意图，参见图示，该系统包括：安全管理子系统 0、热管理子系统 1、优化子系统 2。其工作原理如下：

[0083] 用于监测电池的电压电流是否超过限制，如果是则终止所述电池放电，从而防止电池过放电。为了充分利用电池能量又要防止电池组中任一电池过放电，对电池放电终止状态的判断必须适时而准确。因此防止电池过放电是核心技术，而放电终止状态的判定方法则是该研究的关键。

[0084] 热管理子系统 1 用于控制所述电池组的工作温度，使得所述工作温度处在设定的温度范围内。电池组要充分发挥良好的性能，其工作温度必须限定在一个比较小的范围。对于大功率放电和高温条件下使用的电池，电池的热管理尤为必要。热管理系统的研究主要由电池热模型、电池组热管理系统设计和电池散热性能改进三方面组成。

[0085] 优化子系统 2，分别与安全管理子系统 0、热管理子系统 1 电连接，用于对管理系统软硬件进行优化，控制热管理子系统 1、安全管理子系统 0 的工作，提高安全管理子系统 0 的工作、以及热管理子系统 1 的工作提供良好的协调、互相促进。比如但不限于提高：模块电压、电流测量的准确性、实时性，为电池的 SOC 估计算法和相关性能研究提供精确的测试环境；采用在应用编程技术，提高系统的可维护性，便于系统的工程化和产业化。

[0086] 由上可见，本系统结合安全管理子系统 0、以及热管理子系统 1，将安全管理及热管理等技术应用到动力电池的管理领域，有利于更好地解决动力电池组的安全性能、延长

寿命、提高使用效率、达到充分发挥电池潜能并保障安全使用的目标。

[0087] 图 2 为本实施例提供的一种动力电池组管理系统中的安全管理子系统 0 的结构示意图,参见图示,该系统包括:初始化模块 000、采样模块 001、电池的荷电状态估算模块 003、放电截至模块 004。其中,

[0088] 初始化模块 000、采样模块 001 分别与电池的荷电状态估算模块 003 电连接,作为各电池单体的荷电状态估算模块 003 估算的参量输入,放电截至模块 004 与电池的荷电状态估算模块 003 连接。其工作原理如下:

[0089] 初始化模块 000 初始化确定各电池单体的荷电状态 (SOC) 的初始值 SOC_0 、预测误差协方差阵初值 P_0 、量测噪声方差 Q 、滤波放大倍数 α 。采样模块 001 对于 $k = 1, 2, \dots$ 各个采样时刻,获取尼采样时刻电池的负载电压信号 v_k , 电流信号 I_k 。电池的荷电状态估算模块 003 用于确定各电池单体的荷电状态的估计值。放电截至模块 004 用于根据各电池单体的荷电状态的估计值使各电池单体截止放电。

[0090] 电池的荷电状态估算模块 003 确定可以采用以下的方法估算各电池单体的荷电状态值:

[0091] 电池的荷电状态方程:令 $x_k = SOC_k$, 其中所述 k 为自然数,

$$[0092] \quad x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

[0093] 按照以下公式确定各电池单体的负载电压量 $y(k)$:

[0094] $y(k) = f(I_k, x_k) + v_k = K_0 - RI_k - k_1/x_k - K_2 x_k + K_3 \ln(x_k) + K_4 \ln(1-x_k) + v_k$, 其中, v_k 为量测噪声, 所述 v_k 的方差为 Q ,

[0095] 令量测阵 $C_k = \frac{\partial f(I_k, x_k)}{\partial x_k} = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_k - K_4 / (1-x_k)$ 则各电池单的荷电

状态预测的卡尔曼滤波方程为:

$$[0096] \quad \text{各电池单体的荷电状态预测: } x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

[0097] 计算所述量测阵: $C_k = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_k - K_4 / (1-x_k)$,

[0098] 确定滤波增益: $K_k = P_{k/k-1} C_k^T [C_k P_{k/k-1} C_k^T + Q]^{-1}$,

[0099] 确定预测均方差: $P_{k/k-1} = P_{k-1/k-1}$,

[0100] 确定估计均方差: $P_{k/k} = (I - K_k C_k) P_{k/k-1}$,

[0101] 得到各电池单体的荷电状态的估计值: $x_{k/k} = x_{k/k-1} + \alpha K_k [y_k - f(I_k, x_{k/k-1})]$ 。

[0102] 图 3 为本实施例提供的一种热管理子系统 1 的结构示意图,可见,本热管理子系统 1 主要包括以下部件:温度传感器 301、存储模块 302、单体内部温度上限确定模块 303、温度分布分析模块 304、温度控制模块 305、散热设备 306。连接关系如下:

[0103] 温度传感器 301 设置在用于容置各电池单体的电池箱内,存储模块 302 与温度传

感器 301 电连接, 单体内部温度上限确定模块 303 与温度传感器 301、以及存储模块 302 分别电连接, 温度分布分析模块 304 与单体内部温度上限确定模块 303 电连接, 温度控制模块 305 与温度分布分析模块 304 电连接。其工作原理如下:

[0104] 设置在电池箱内的温度传感器 301 探测各电池单体表面的温度, 并将温度存储在存储模块 302 中, 故在存储模块 302 中存储有各电池单体表面的温度历史信息, 单体内部温度上限确定模块 303 根据的当前的温度、以及存储模块 302 中存储的各电池单体表面的温度历史信息确定各电池单体内部的温度上限 (即最高温度值), 温度分布分析模块 304 根据所述各电池单体内部的温度上限, 确定由所有电池单体构成的电池箱的温度分布信息, 温度控制模块 305 根据温度分布信息控制所述各电池箱的散热设备 306 的工作, 使各电池单体分别工作温度处在设定的温度范围内。其中该散热设备 306 可以但不限于为风机。

[0105] 温度控制模块 305 根据温度分布信息控制所述各电池箱的散热设备 306 的工作主要是:

[0106] A: 电池低温状态下, 电池温度的准确测量和监控;

[0107] B: 电池组温度过高时的有效散风和通风;

[0108] C: 低温条件下的快速加热, 电池组能够正常工作;

[0109] D: 有害气体产生时的有效通风;

[0110] E: 保证电池组温度场的均匀分布。

[0111] 在本实施例中, 考虑到温度传感器有可能失效, 各电池单体相对应的温度传感器的数量又不能太少, 至少为两个。

[0112] 为了便于用户的监控, 还可以在温度控制模块 305 上连接一显示装置 307, 显示装置 307 可以用于显示温度控制模块 305 上的控制信息、以及各电池箱内的温分布, 以便于用户监控, 提高用户的使用感受。

[0113] 另外, 人们在进行动力电池组设计时还可以根据所有电池单体构成的电池箱的温度分布信息优化电池箱内传感器的数量和布置位置, 从而将电池管理系统的热管理功能、以及管理系统优化技术结合起来, 使得在设计时使得动力电池的温度分布更加均匀, 进一步有利于确保动力电池组的工作、以及安全使用。

[0114] 图 4 为本实施例提供的一种动力电池组管理系统在动力汽车中的实施结构示意图。

[0115] 参见图 4 所示, 整个动力电池组管理系统为三层金字塔式结构, 即数据采集子板、数据采集母板和 CPU 中央处理单元通过相互独立的 CPU 分层、分块控制, 采用二级 CAN 现场总线技术实现相互间的信息通讯以及与整车总控系统的信息通讯。系统通过构建分布式结构, 底层采用低端微处理器而上位机选用高端的 16 位微处理器、或 DSP 来解决, 从而保证系统计算能力, 以规避免系统潜在的问题。

[0116] 本动力电池组管理系统的开发优选基于潜入式系统, 潜入式系统分析了 SOC 值估算的策略, 给出了电压采集、以及及温度控制等数据。

[0117] 由上可见, 在动力汽车中按照图 4 所示方式将本动力电池组管理系统安装在动力汽车中, 在实现时, 整个系统呈三层金字塔式结构, 最底层为探测元件, 中间层为各底层中央处理单元 102、以及电池组底层监控单元 105, 中间层通过 CAN-Bus109 与顶层的上位数据处理设备 106 连接。在电池组的热控制上实现分层、分块控制的方式, 实现模块化、单元化

控制,使得电池组的热管理有序不乱,确保热管理的有效性、以及维护的便利性。

[0118] 另外,在本实施例中,采用二级 CAN 现场总线技术实现中间层的各底层中央处理单元 102、以及电池组底层监控单元 105 与上位数据处理设备 106 的相互间的信息通讯以及与整车总控系统的信息通讯,确保了其信息高速传输,并且使得信息传输具有高抗干扰性。

[0119] 另外,为了便于用户的监控,还可以在上位数据处理设备 106 上连接一显示装置 111,显示装置 111 可以用于显示上位数据处理设备 106 上的控制信息、以及各电池组的温度情况、以及电压输出情况。便于用户监控,提高用户的使用感受。

[0120] 进一步地,为了提高本系统的可操作性、以及人机交互性能,还可以在上位数据处理设备 106 上连接一 PC110,该 PC110 可以通过 RS232 接口与上位数据处理设备 106 连接,该 PC110 用于供用户设置、监控所述上位数据处理设备 106 的工作。提高本系统的人机交互性,便于用户管理。

[0121] 在本实施例中,该散热设备 306 可以为现有的各种散热设备 306,比如空冷、液冷及相变材料冷却 3 种方式。空气冷却是最简单方式,只需让空气流过电池表面。液体冷却分为直接接触和非直接接触两种方式。矿物油可作为直接接触传热介质,水或者防冻液可作为典型的非直接接触传热介质。液冷必须通过水套等换热设施才能对电池进行冷却,这在一定程度上降低了换热效率。电池壁面和流体介质之间的换热率与流体流动的形态、流速、流体密度和流体热传导率等因素相关。

[0122] 空冷方式的主要优点有:(1) 结构简单,重量相对较小;(2) 没有发生漏液的可能;(3) 有害气体产生时能有效通风;(4) 成本较低。缺点在于其与电池壁面之间换热系数低,冷却、加热速度慢。

[0123] 液冷方式的主要优点有:(1) 与电池壁面之间换热系数高,冷却、加热速度快;(2) 体积较小。主要缺点有:存在漏液的可能;重量相对较大;维修和保养复杂;需要水套、换热器等部件,结构相对复杂。

[0124] 并联式混合动力电动车的电池组作为辅助的功率部件,运行条件不是十分恶劣,采用空冷方式就可能达到使用要求;对于纯电动汽车和串联式混合动力汽车,电池组作为主要的功率部件,生热量很大,要想获得比较好的热管理效果,可以考虑采用液冷的方式。

[0125] 电池箱 107 内不同电池模块之间的温度差异,会加剧电池内阻和容量的不一致性,如果长时间积累,会造成部分电池过充电或者过放电,进而影响电池的寿命与性能,并造成安全隐患。电池箱 107 内电池模块的温度差异与电池组布置有很大关系,一般情况下,中间位置的电池容易积累热量,边缘的电池散热条件要好些。所以在进行电池组结构布置和散热设计时,要尽量保证电池组散热的均匀性。

[0126] 以空冷散热为例来,通风方式一般有串行和并行两种,如图 5 和图 6 所示。

[0127] 图 5 所示串行通风方式下,冷空气从左侧吹入从右侧吹出。空气在流动过程中不断地被加热,所以图中右侧的冷却效果比左侧要差,电池箱 107 内电池组温度从左到右依次升高,存在温度不均匀的缺陷。

[0128] 图 6 所示,所述风机的进风口设置在并排设置的各电池的一端部,风机的出风口设置在所述并排设置的各电池的另一端部,进风口为楔形的进气通道 401,进气通道 401 沿进风方向逐步变窄;出风口为楔形的排气通道 402,所述处排气通道 402 沿出风方向逐步变宽,该楔形的进气通道 401、排气通道 402 使得不同电池模块间缝隙上下的压力差基本保持

一致,确保了吹过不同电池模采用图 5 所示的并行通风方式使得空气流量在电池模块间更均匀地分布。

[0129] 在电池管理系统中,电池的剩余电量(用荷电状态 SOC 表征, SOC :State of Charge)估计是关键技术之一。由于电池 SOC 受环境温度、自放电、循环工作次数、电池组不一致性等因素的影响,准确估计的难度很大。

[0130] 目前所研制的先进的电池组管理系统是通过电池 SOC 估计算法、热管理技术及安全管理等新技术的研究与实施,对于电池老化带来的参数变化,研究双滤波算法,在估计 SOC 的同时对电池容量进行估计,并结合电压变化进行电池的健康状况预报方法研究。本发明人提出基于小波变换以及 SOC 技术相结合的电池放电终止状态判定与管理系统优化技术,对于不同使用环境及不同种类的电池可以自适应地判定放电终止状态,提高放电安全性又充分发挥电池能量,不健康电池早期预报技术。

[0131] 本发明人通过实践结合电池热模型研究,提出通过电池单体表面温度和历史信息而估计电池内部最高温度的算法,分析电池箱内温度场的分布特点,优化电池箱内传感器的数量和布置位置,从而将电池管理系统的热管理功能及管理系统优化技术结合起来。

[0132] 1、1 本系统设定了安全管理功能:

[0133] 安全管理的功能包括监测电池的电压电流是否超过限制,防止电池过放电等。为了充分利用电池能量又要防止电池组中任一电池过放电,对电池放电终止状态的判断必须适时而准确。

[0134] 目前动力电池使用的判断放电终止状态的方法主要有:固定终止电压法、放电曲线斜率法和容量累积法。

[0135] 其中,固定终止电压法虽然简单,但在不同放电电流下放电终止电压不同,没有一个统一的标准,而实际动力电池的放电电流是随机变化的,没有一定规律。如果设定统一的放电终止电压,为防止电池在任何工况下过放电,这一电压必定趋于保守(偏高),会影响电池能量的充分利用。

[0136] 放电曲线斜率法是恒流放电试验时使用最多的一种方法。从电池放电曲线上可以看到在电池放电后期,明显存在一个放电曲线的斜率突变点(俗称为“拐点”),在该拐点以后电池所能放出的容量很少,且这对于电池的放电及未来的使用也很不经济,可以把此拐点定为电池放电的终止点。现在一般将拐点定为其斜率等于电压-时间曲线平台期斜率 10 倍处的点。电池在小电流放电时,其电压下降的平台期的斜率很小,放电曲线中斜率为平台期 10 倍的地方显然与实际的放电终止点相距很远。而大电流放电时,其电压下降的平台期的斜率较大,放电曲线中斜率为平台期 10 倍的地方,电压下降得非常迅速,已经超过了实际放电的终止值。同时放电曲线斜率的计算受测量噪声的影响很大。

[0137] 容量累积法即记录电池充入及放出的电量,当在一个充放电循环中,两者相等,认为电池放电终止。这一方法除需不断记录电池的充放电历史数据外,还要对容量进行放电电流、电池老化、自放电等修正,过程复杂,一般很少使用。

[0138] 本发明人提出了一种基于小波变换的电池放电终止状态的判定方法,对于不同使用环境、以及不同种类的电池可以自适应地判定放电终止状态,具有自适应性,可以在保证安全性的基础上充分发挥电池效能,从而使得得到的 SOC 为一项综合指标,有利于进一步提高该方法的可靠性,可以将该方法和 SOC 相结合进行放电终止状态判定。

[0139] 1、2 热管理等技术

[0140] 电池组要充分发挥良好的性能,其工作温度必须限定在一个比较小的范围。对于大功率放电和高温条件下使用的电池,电池的热管理尤为必要。热管理子系统 1 的研究主要由电池热模型、电池组热管理子系统 1 设计和电池散热性能改进三方面组成。其中电池热模型是研究核心,为热管理子系统 1 设计和电池散热性能改进提供理论依据。关于电池热模型,国外研究机构已经进行了较多研究,国内的研究工作处于起步阶段。1979 年,美国 Argonne 国家实验室第一次建立了二维热模型;86 年将电池划分为内核和外壳两个区域三维热模型进行研究;德州大学在考虑电池内部材料在导热方面各向异性的条件下及动态工况下建立了锂电池的二维热模型。关于热模型的研究日趋完善,为本项目进行热管理子系统 1 的设计奠定基础。但还存在将电池划分为内核和外壳两个区域,没有考虑内部其他零件如集流体等的存在;大多数模型都采用 Bernardi 生热速率,由于电池种类和型号的差异,需要研究 Bernardi 生热速率的适用性等。因此需要结合热模型研究,对电池箱内部流场和电池生热传热特性分析,研究通过电池组内电池单体表面温度和历史信息估计电池组内部最高温度的方法,掌握电池箱内温度场的分布特点,优化电池箱内温度传感器的数量和布置位置,提高电池管理系统的管理水平。

[0141] 本发明的电池组热管理子系统 1 是从使用者角度出发,用来确保电池组工作在适宜温度范围的整套系统,包括电池箱、传热介质、监测设备等部件。电池组热管理子系统 1 的特点及主要功能:

[0142] a、电池低温状态下,电池温度的准确测量和监控;

[0143] b、电池组温度过高时的有效散风和通风;

[0144] c、低温条件下的快速加热,电池组能够正常工作;d、有害气体产生时的有效通风;

[0145] e、保证电池组温度场的均匀分布。

[0146] 采用系统化的设计方法设计性能良好的电池组热管理子系统 1,本系统的设计,在前期的研究基础上总结多次系统化设计的成果,综合考虑温度对电池性能和使用寿命的影响以确定电池最优工作温度范围、电池热场计算温度预测、传热介质的选择、热管理子系统 1 散热结果设计、风机与测温点的选择等关键技术。

[0147] 此外,对管理系统软硬件进行优化,提高模块电压、电流测量的准确性、实时性,为电池的 SOC 估计算法和相关性能研究提供精确的测试环境;采用在应用编程技术,提高系统的可维护性,便于系统的工程化和产业化。

[0148] 由上可见,本系统以基于神经网络模型的强跟踪卡尔曼滤波法为重点,其主要技术创新点如下:

[0149] (1)、单体特性不均匀条件下,电池组 SOC 估计及基于强跟踪卡尔曼滤波的 SOC 估计算法;

[0150] (2)、提出电池放电截至条件判定方法,提高放电安全性;

[0151] (3)、电池系统生热分析与管理系统优化技术。

[0152] 本系统的产品化设计:包括产品的工程化设计、标准接口设计、光机电转换集成电路板及功率稳定补偿电路反馈集成电路设计等。使得本系统具备如下特点:

[0153] (1) 通讯及控制互连;

- [0154] (2) 嵌入式 μ C/OS 及驱动开发；
 [0155] (3) 实时定位 (RTLS) 算法利用卡尔曼滤波进行电池组的 SOC 估计；
 [0156] (4) 数据存储系统采用嵌入式数据库和 JAVAApplet 技术相结合的方法；
 [0157] (5) 小型化。
 [0158] (6) 低功耗设计等。

[0159] 本系统基于电池单体的研究结果,基于单体特性不均匀条件下电池组 SOC 估计及基于强跟踪卡尔曼滤波的 SOC 估计算法,利用卡尔曼滤波器实现 SOC 的最小均方差估算,实现了对电池荷电状态的估算,并对初始值的误差有很强的修正作用,对噪声有很强的抑制作用,可以提高 SOC 算法的可靠性,使得估计算法具有较强的突变状态跟踪能力,提供电池健康状态预报,适用于电流变化剧烈的实际工况,从而满足电动汽车工作时对电池安全性和充分发挥电池使用效能的要求,对推动电动汽车产业化进程具有重要意义。

[0160] 为了进一步便于公众对本发明的系统有进一步的连接,以下说明本系统的蓄电池荷电状态 (SOC) 的估计技术及实现方法:

[0161] 从充分发挥电池的能力和安全性两个角度来讲, SOC 的准确估计是实现电池高效管理的关键因素;同时 SOC 的估计精度也是进行能量策略研究的基础,是电动汽车的关键技术之一。本方法基于安时计量法的电池行电状态方程,以及电池负载电压的量测方程所构成的电池的状态空间方程,再用改进的扩展卡尔曼滤波方程计算来获得电池的荷电状态。图 7 是基于改进的扩展卡尔曼滤波的蓄电动汽车电池 SOC 的估计方法流程图,参见图 7 所示,该方法包括以下步骤:

- [0162] 步骤 501:初始化:给定电池的 SOC 的初始值 SOC_0 (即下述的 x_0);
 [0163] 给定预测误差协方差阵初值 P_0 ;
 [0164] 给定量测噪声方差 Q ;
 [0165] 给定滤波放大倍数 α ;
 [0166] 对于 $k = 1, 2, \dots$, 等各个采样时刻,分别进行如下计算:
 [0167] 步骤 502:获取尼采样时刻电池的负载电压信号 v_k , 电流信号 I_k ;
 [0168] 步骤 503:确定电池模型:电池模型由如下的荷电状态方程和负载电压量测方程组成:

[0169] 电池的荷电状态方程:令 $x_k = SOC_k$

$$[0170] \quad x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

[0171] 电池的负载电压量测方程:

$$[0172] \quad y(k) = f(I_k, x_k) + v_k = K_0 - RI_k - k_1/x_k - K_2 x_k + K_3 \ln(x_k) + K_4 \ln(1-x_k) + v_k$$

[0173] 其中, v_k 为量测噪声,其方差为 Q .

[0174] 令量测阵 $C_k = \frac{\partial f(I_k, x_k)}{\partial x_k} = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_3 - K_4 / (1-x_k)$ 则卡尔曼滤波方程

为状态预测:

$$[0175] \quad x_{k+1} = \begin{cases} x_k + |I_k|^n * \Delta t / C, I_k < 0 \\ x_k + \eta * I_k \Delta t / C, I_k > 0 \end{cases}$$

[0176] 计算得到量测阵： $C_k = K_1 / (x_k)^2 - K_2 + K_3 / x_3 - K_4 / (1 - x_k)$ ；

[0177] 滤波增益： $K_k = P_{k/k-1} C_k^T [C_k P_{k/k-1} C_k^T + Q]^{-1}$

[0178] 预测均方差： $P_{k/k-1} = P_{k-1/k-1}$ ；

[0179] 估计均方差： $P_{k/k} = (I - K_k C_k) P_{k/k-1}$ ；

[0180] 状态估计： $x_{k/k} = x_{k/k-1} + a K_k [y_k - f(I_k, x_{k/k-1})]$ ；

[0181] 对于 $k = 1, 2, \dots$ ，等各个采样时刻，循环 2 ~ 3 的计算过程即可获得每个时刻电池的 SOC 估计值。

[0182] 其中，在实施过程中实验测量所得的电流信号 $I(t)$ 、电压信号 $V(t)$ SOC 存在初始误差时中所得 SOC 估计结果、假设存在的自然放电 SOC 估计结果的波形示意图分别如图 8-11 所示。

[0183] 通过以上的实验证明，本发明所提出的方法具有很强的自适应性，对于不同使用环境及不同种类的电池该方法可以比较准确地估算出电池的 SOC，重要的是对于初值误差并不敏感，可以部分地纠正放电带来的误差。达到了预期的目的。

[0184] (3) 安全管理技术（基于小波变换的电池放电终止状态的判定方法）。

[0185] 参见图 12，安全管理技术是电池放电截至条件判定方法研究，提高放电安全性，结合 SOC 技术，研究基于小波变换和 SOC 技术相融合的电池放电终止状态判定方法。对于电池老化带来的参数变化，研究双滤波算法，在估计 SOC 的同时对电池容量进行估计，并结合电压变化进行电池的健康状况预报方法研究。提出基于小波变换和 SOC 技术相融合的电池放电终止状态判定方法，对于不同使用环境及不同种类的电池可以自适应地判定放电终止状态，提高放电安全性又充分发挥电池能量。、不健康电池早期预报技术

[0186] 基于小波变换的电动车电池放电终止状态的判定方法涉及电动汽车智能信息处理技术领域。它综合利用固定终止电压法和放电曲线斜率法进行放电终止判断，当负荷电压低于固定终止电压时启动小波分析模块，利用小波变换对电池的负载电压信息进行分析，用语提取经过平滑后电压信号的斜率突变点，当出现斜率突变点时便终止放电。本方法具有很强适应性，对于不同使用环境及不同类型的电池，都可自适应的判断放电终止状态，同时能够有效的克服测量噪音的影响。

[0187] 参见图 12，基于小波变换的电动车电池放电终止状态的判定方法含有由电池管理系统中的中央处理器控制运行的以下步骤：

[0188] 步骤 601：初始化：给定电池的固定终止电压阈值 V_0 ；

[0189] 给定负载电压信号经小波变换后极值点的阈值 WT_{valve} ；

[0190] 步骤 602：获取电池单体的负载电压信号 $V(t)$ ；

[0191] 步骤 603：判断电池单体的负载电压信号 $V(t)$ 是否低于设定的阈值 V_0 ，当 $V(t) < V_0$ 时则进行小波变换，否则继续步骤 602；

[0192] 步骤 604：对 $V(t)$ 按下式进行小波变换： $WTx(a, t) = \frac{1}{a} \{x(t) \Psi(\frac{t-i}{a}) dt\}$ ，

[0193] 其中 R 是积分域,为开始进行小波分析的起始时刻至当前采样时刻之间的区域;

[0194] 上式简写为: $WT_a x(t) = x(t) * \Psi_a(t)$;

[0195] $x(t) = V(t)a$ 为尺度因子, $a = 2^j$, j 为自然数,其范围为 $2 \sim 5$;

[0196] 其中:

$$[0197] \quad \Psi_a(t) = \frac{1}{a} \frac{d\theta_a(t)}{dr};$$

$$[0198] \quad \theta_a(t) = \frac{1}{a} \theta\left(\frac{t}{a}\right).$$

[0199] 其中, $\theta(t)$ 为高斯低通函数, $\theta(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)$ 。

[0200] 步骤 605:获取变换信号的极值点: WT_{max} 。

[0201] 步骤 606:判断极值点 WT_{max} 是否超过设定的极值点阈值 WT_{valve} , WT_{valve} 范围为外 $2 \sim 0$ 之任意,当 $WT_{max} > WT_{valve}$ 如时则执行步骤 607:电池终止放电,否则继续步骤 602。

[0202] 步骤 607:电池终止放电。

[0203] 图 13、14 分别为上述基于小波变换的电动车电池放电终止状态的判定方法在实施过程中的在放电电流为 80A 时候放电电压信号 $V(t)$ 、放电电压信号 $V(t)$ 的小波变换结果(尺度 $a = 8$) 波形示意图。

[0204] 图 15 为图 12 所示方法在实施过程中的电池管理系统框架图。

[0205] 安全管理的功能包括监测电池的电压电流是否超过限制,防止电池过放电等。为了充分利用电池能量又要防止电池组中任一电池过放电,对电池放电终止状态的判断适时而准确。

[0206] 由上可见,采用本实施例的基于小波变换的电池放电终止状态判定方法,对于不同使用环境及不同种类的电池可以自适应地判定放电终止状态,在保证放电安全性的基础上充分发挥电池能量。

[0207] (4) 热管理的功能和设计流程:

[0208] 图 16 是本动力电池组管理系统中的热管理技术设计流程图。本电池组热管理子系统 1 从使用者角度出发,用来确保电池组工作在适宜温度范围的整套系统,包括电池箱、传热介质、监测设备等部件。电池组热管理子系统 1 的特点及主要功能:

[0209] a、电池低温状态下,电池温度的准确测量和监控;

[0210] b、电池组温度过高时的有效散风和通风;

[0211] c、低温条件下的快速加热,电池组能够正常工作;

[0212] d、有害气体产生时的有效通风;

[0213] e、保证电池组温度场的均匀分布。

[0214] 电池组热管理子系统 1 的功能,设计性能良好的电池组热管理子系统 1,是需要采用系统化的设计方法,本系统的设计,在前期的研究基础上总结多次系统化设计的成果,综合考虑温度对电池性能和使用寿命的影响以确定电池最优工作温度范围、电池热场计算温度预测、传热介质的选择、热管理子系统 1 散热结果设计、风机与测温点的选择等关键技术。

[0215] 综上,基于单体特性不均匀条件下电池组 SOC 估计及基于强跟踪卡尔曼滤波的

SOC 估计算法,利用卡尔曼滤波器实现 SOC 的最小均方差估算,实现了对电池荷电状态的估算,并对初始值的误差有很强的修正作用,对噪声有很强的抑制作用,可以提高 SOC 算法的可靠性,使得估计算法具有较强的突变状态跟踪能力,提供电池健康状态预报,适用于电流变化剧烈的实际工况,从而满足电动汽车工作时对电池安全性和充分发挥电池使用效能的要求,对推动电动汽车产业化进程具有重要意义。

[0216] 以上对本发明实施例所提供的技术方案进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明实施例的原理以及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只适用于帮助理解本发明实施例的原理;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明实施例,在具体实施方式以及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

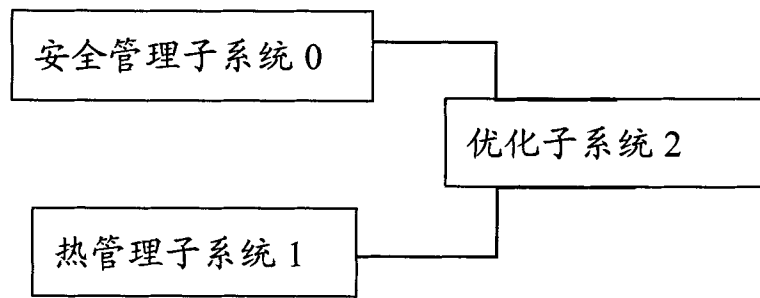


图 1

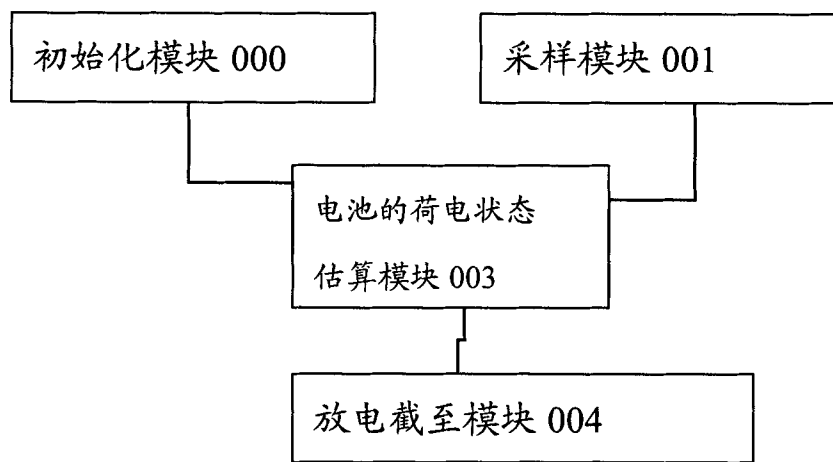


图 2

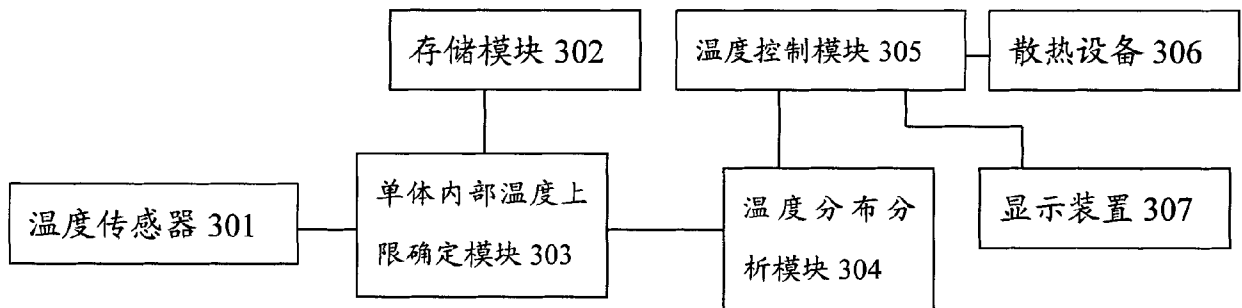


图 3

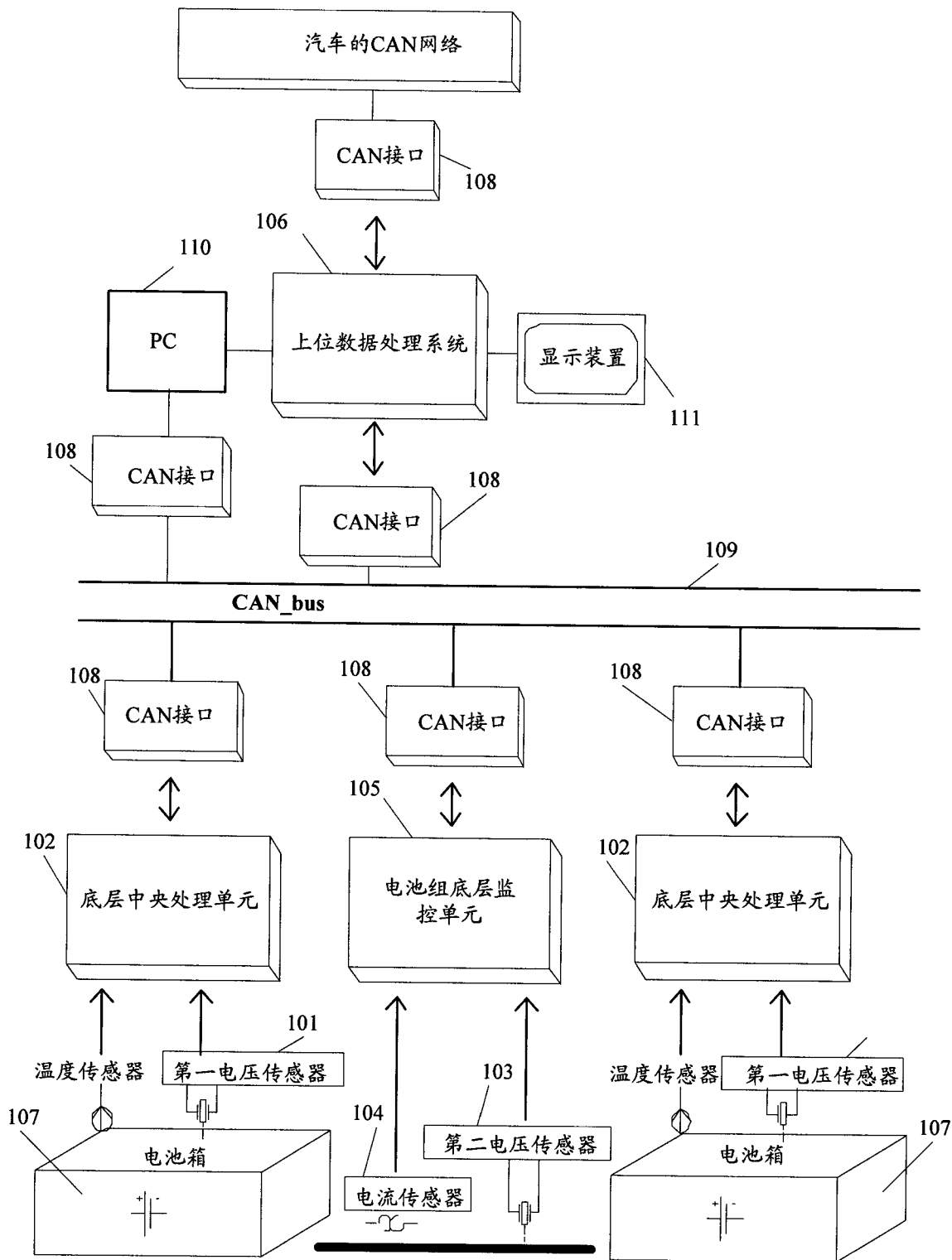


图 4

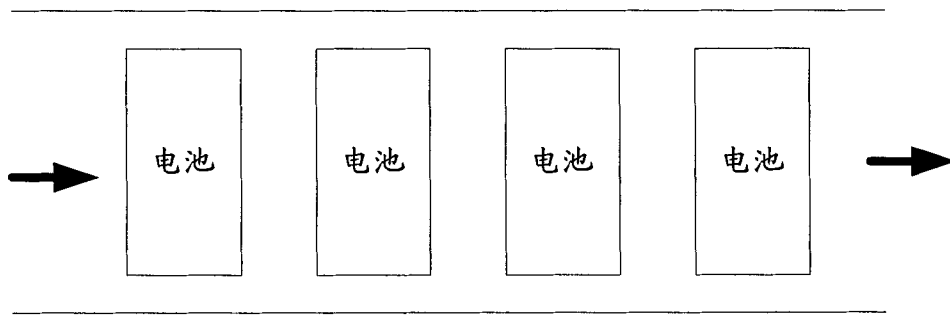


图 5

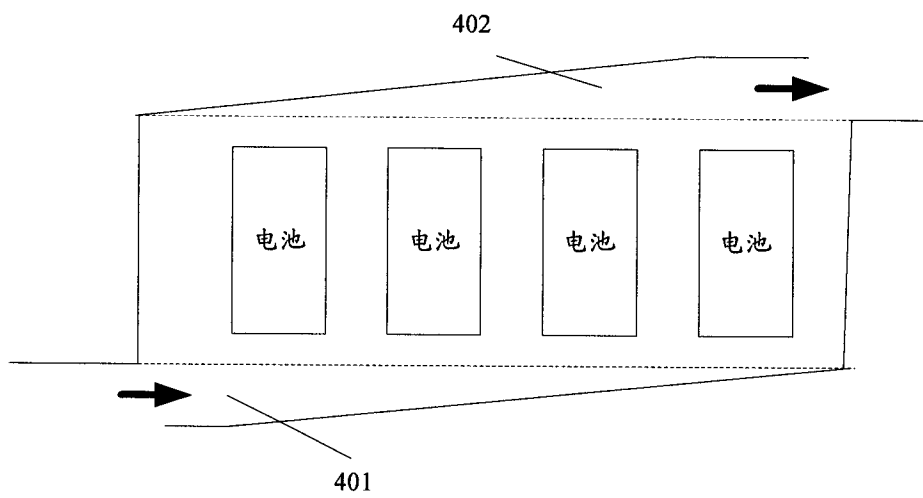


图 6

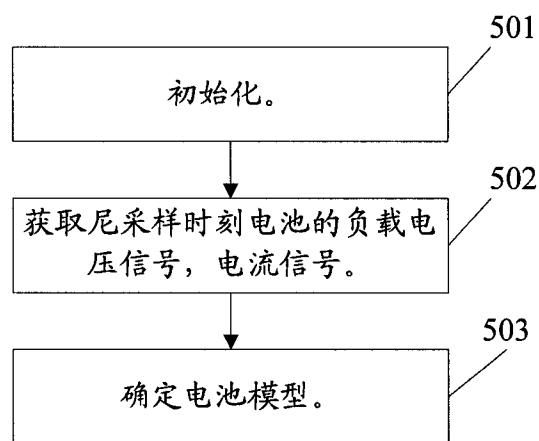


图 7

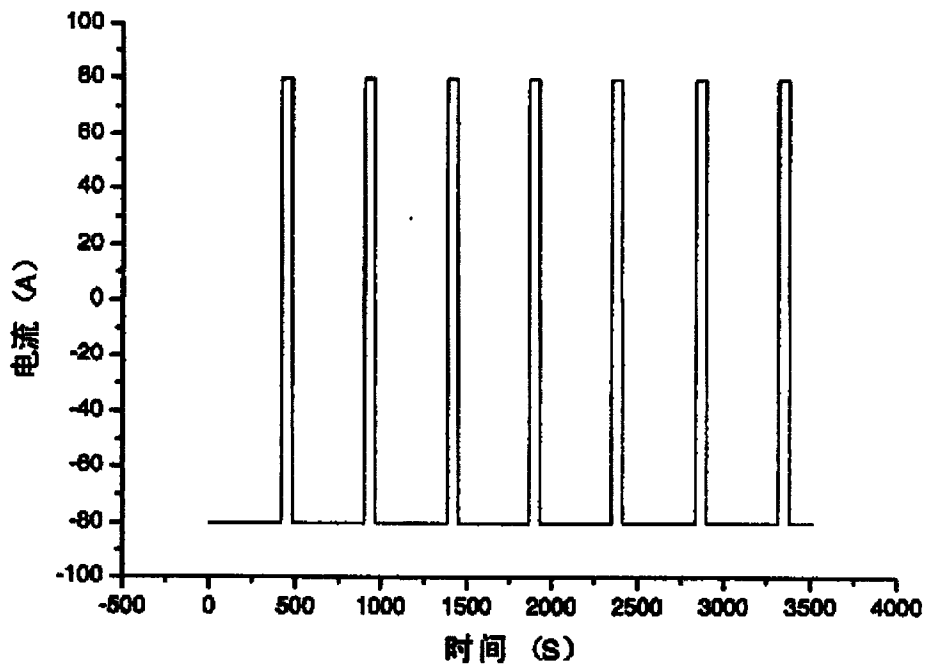


图 8

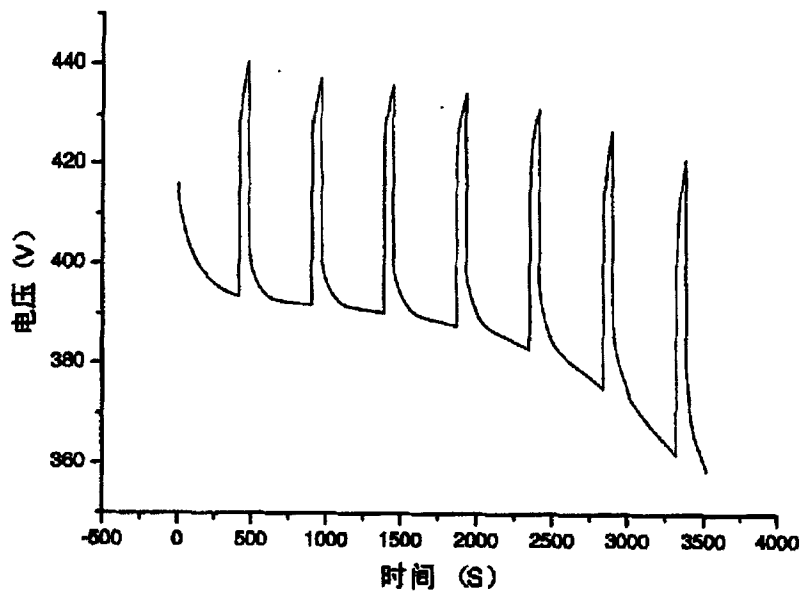


图 9

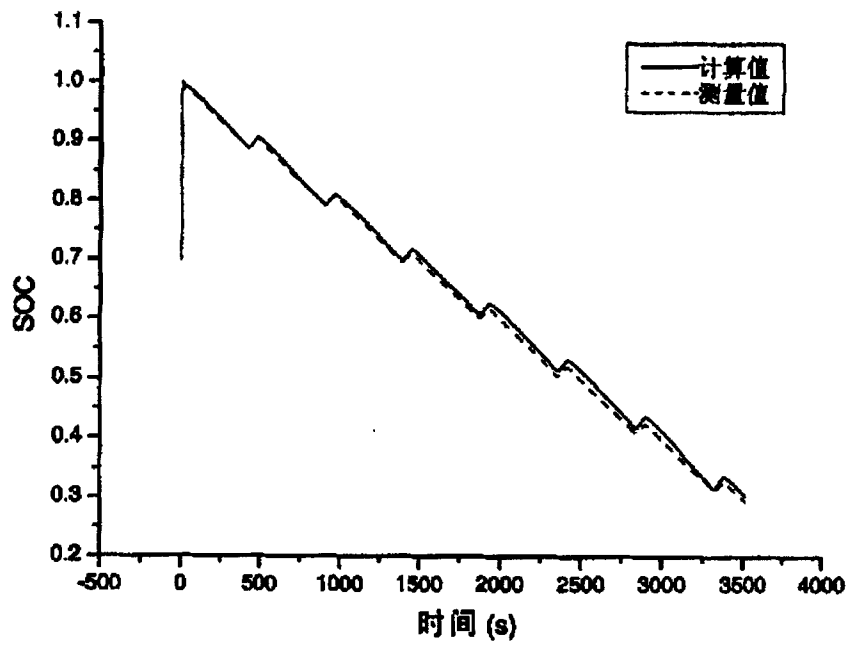


图 10

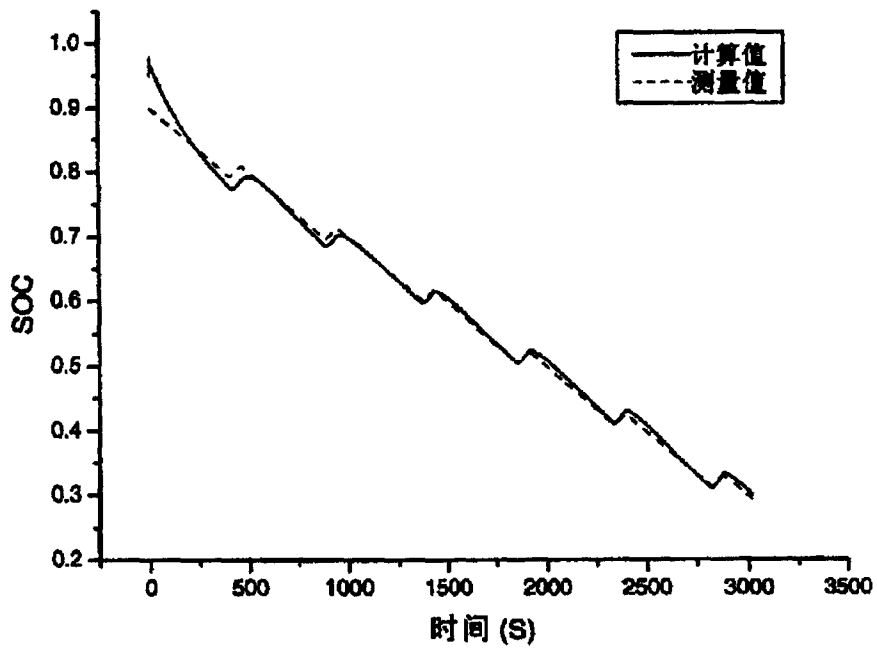


图 11

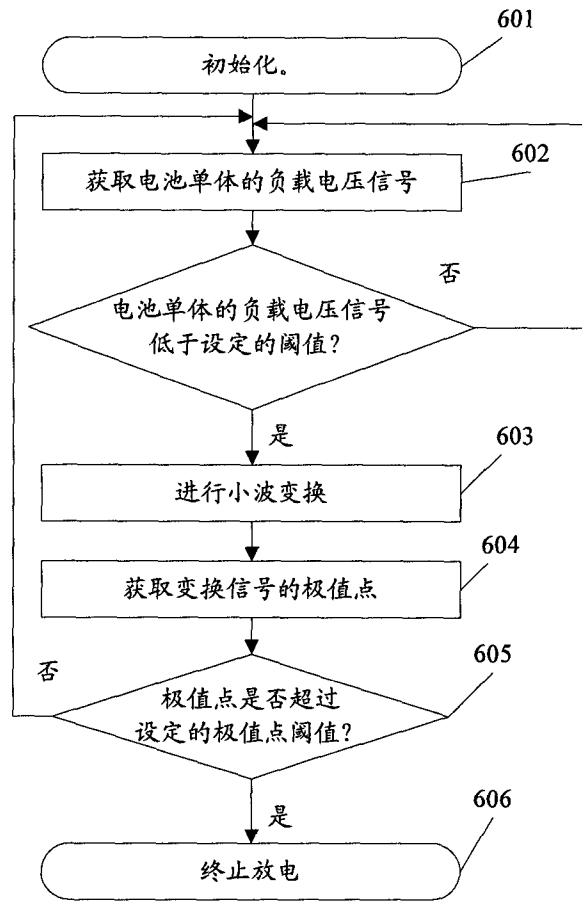


图 12

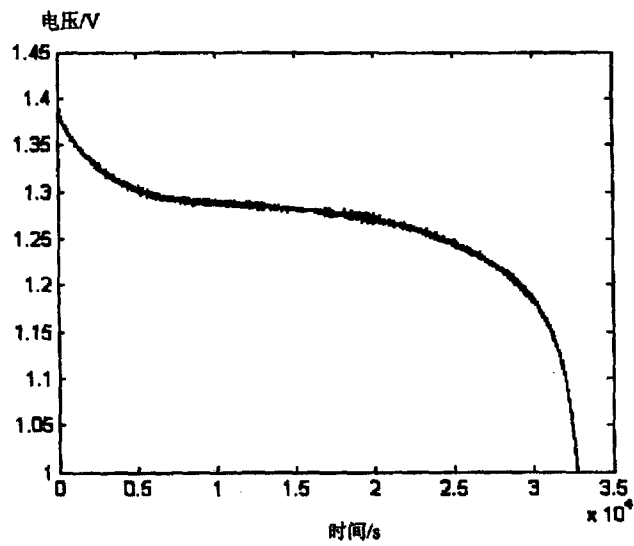


图 13

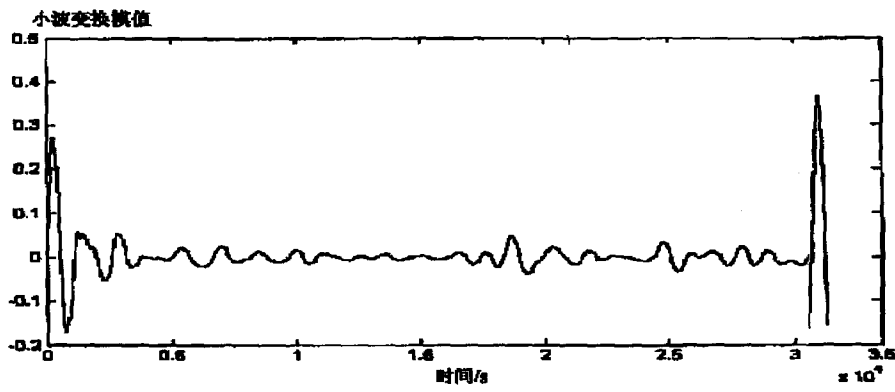


图 14

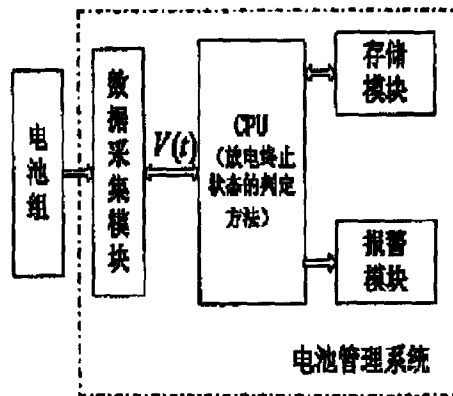


图 15

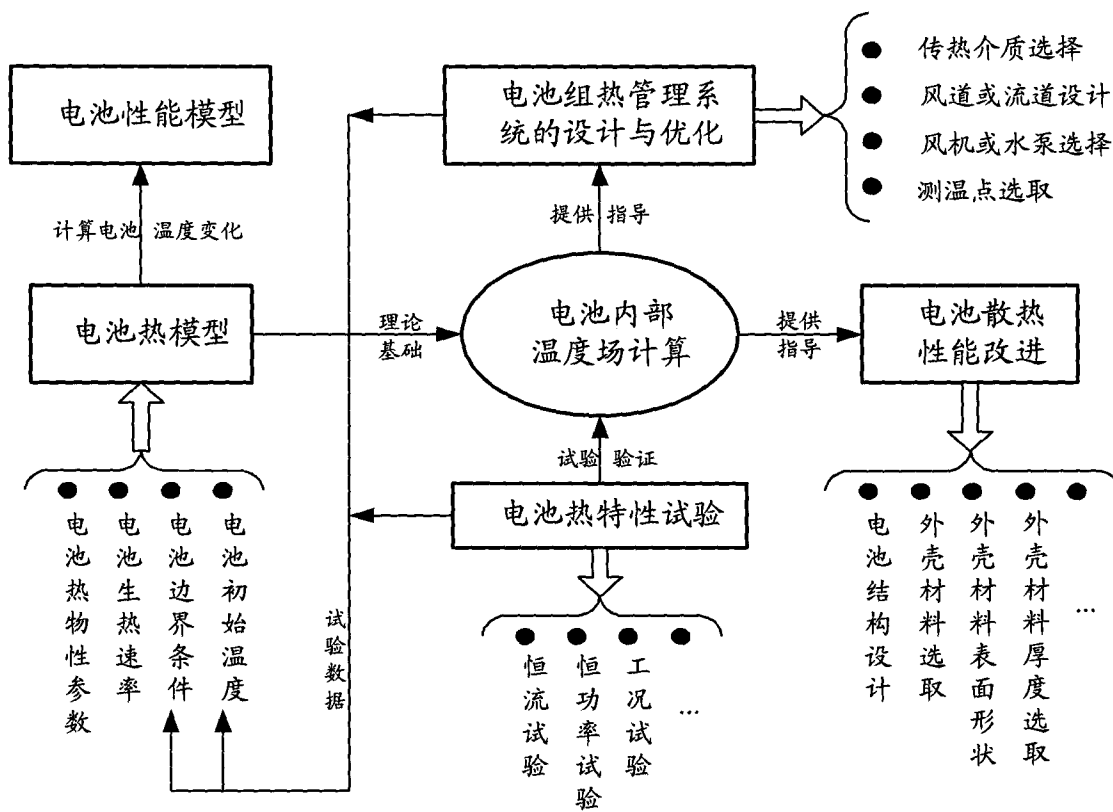


图 16